

Мировоззренческие основы технологии и общества
Philosophical foundations of technology and society

УДК 378.1

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-5-98-110>

EDN WAZLGB



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Концептуальный подход к цифровой трансформации образовательного процесса в вузе

А.А. Кытманов^{1, @}, Ю.Н. Горелова², Т.В. Зыкова³,
О.А. Пихтилькова¹, Е.В. Пронина¹

¹ МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, 420008 Россия

³ Сибирский федеральный университет, Красноярск, 660041 Россия

@ Автор для переписки, e-mail: kytmanov@mirea.ru

Резюме

Цели. Целью работы является разработка концептуального подхода к цифровой трансформации образовательного процесса в вузе. В основе выбранного подхода лежит детальный анализ этапов, участников и компонентов образовательного процесса в вузе с целью выработки дорожной карты по его цифровизации и созданию системы управления образовательным процессом на основе данных. Основными задачами цифровой трансформации являются: повышение удобства доступа к данным и работы с данными, относящимися к образовательному процессу, для всех групп конечных пользователей; повышение прозрачности всех составляющих образовательного процесса; высвобождение человеко-временных ресурсов за счет минимизации рутинных операций и повышения качества принимаемых решений. В основе создания системы управления образовательным процессом на основе данных лежат принципы цифровой культуры управления процессами, которые подразумевают, что собираемые в университетских системах данные упорядочены в единую структуру, согласованы между собой, непротиворечивы и хранятся в виде, удобном для разработки новых цифровых сервисов. Разработка инструментов интеллектуальной поддержки принятия решений и учебной аналитики ведется в тесном взаимодействии разработчиков, аналитиков и конечных пользователей всех уровней.

Методы. В работе использован опыт работы авторов и их коллег в российских и зарубежных вузах в качестве пользователей информационных систем и сервисов, разработчиков сервисов учебной аналитики и руководителей разного уровня. Приведены этапы цифровой трансформации организации.

Результаты. Предложен концептуальный подход к пониманию, постановке целей и планированию процессов цифровой трансформации образовательного процесса. Подробно описаны данные основных участников и составляющих образовательного процесса: обучающихся, преподавателей и образовательных программ, необходимые для управления вузом на основе данных; аргументирован их отбор.

Выводы. Разработка концептуального подхода для создания системы управления образовательным процессом на основе данных в вузе становится приоритетной задачей, от качества решения которой во многом будут зависеть развитие и конкурентоспособность университета в будущем.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, управление на основе данных, образовательный процесс, обучающийся, профессорско-преподавательский состав, образовательная программа, учебная аналитика

• Поступила: 09.02.2024 • Доработана: 18.03.2024 • Принята к опубликованию: 13.08.2024

Для цитирования: Кытманов А.А., Горелова Ю.Н., Зыкова Т.В., Пихтилькова О.А., Пронина Е.В. Концептуальный подход к цифровой трансформации образовательного процесса в вузе. *Russ. Technol. J.* 2024;12(5):98–110. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-5-98-110>

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

RESEARCH ARTICLE

A conceptual approach to digital transformation of the educational process at a higher education institution

Alexey A. Kytmanov ^{1, @}, Yuliya N. Gorelova ², Tatiana V. Zykova ³,
Olga A. Pikhililkova ¹, Elena V. Pronina ¹

¹ MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia

² Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, 420008 Russia

³ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041 Russia

@ Corresponding author, e-mail: kytmanov@mirea.ru

Abstract

Objectives. The research aims to develop a conceptual approach to the digital transformation of university educational processes. The approach is based on a detailed analysis of the stages, participants, and components of the educational process at universities in order to develop a roadmap for digitalization and the development of a data-driven educational process management system. The main objectives of digital transformation are: (1) improve convenience for all groups of end users by providing access to data and operations with data related to the educational process; (2) increase the transparency of all components of the educational process; (3) release human and time resources by minimizing routine operations and improving the quality of decisions. The development of a data-driven educational process management system is based on digital culture principles of process management, which imply that the data collected in university systems are consistent, organized into a single structure, and stored in a form convenient for the development of new digital services. The development of tools for intelligent decision support and learning analytics is executed cooperatively by developers, analysts, and end users at all levels.

Methods. The research considers the work experience of the authors and their colleagues in Russian and international universities as users of information systems and services, developers of educational analytics services, and managers at various levels, as well as the stages of university digital transformation.

Results. The proposed conceptual approach increases comprehension by setting goals and organizing the planning of digital transformation processes in education. As well as providing a detailed description of the major participants and components of the educational process, comprising students, teachers and educational programs, the article discusses data selection criteria.

Conclusions. The development of a conceptual approach for creating a data-driven educational process management system at a university is becoming a priority task, whose successful execution will underpin further university advancement and competitiveness.

Keywords: digitalization, digital transformation, data-driven management, educational process, student, teaching staff, educational program, learning analytics

• Submitted: 09.02.2024 • Revised: 18.03.2024 • Accepted: 13.08.2024

For citation: Kytmanov A.A., Gorelova Yu.N., Zykova T.V., Pikhtilkova O.A., Pronina E.V. A conceptual approach to digital transformation of the educational process at a higher education institution. *Russ. Technol. J.* 2024;12(5):98–110. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2024-12-5-98-110>

Financial disclosure: The authors have no financial or property interest in any material or method mentioned.

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация образования – важный процесс, направленный на решение задач, связанных с созданием технологий и разработкой сервисов, которые позволят оптимизировать образовательный процесс и сделать его более адекватным запросам ключевых участников: студентов, преподавателей, работодателей и выпускников [1]. В последние два десятилетия было создано и внедрено большое число информационных систем и сервисов, позволяющих собирать, хранить и обрабатывать данные об участниках и составляющих образовательного процесса [2]. Прежде всего, это системы управления обучением (learning management systems, LMS), являющиеся платформами для размещения учебно-методических материалов по реализуемым дисциплинам. В зависимости от степени проработки учебно-методических материалов и автоматизации контрольно-измерительных процедур, электронные курсы, размещенные на таких платформах, могут выполнять как роль поддержки образовательного процесса, реализуемого в очной форме, так и роль полноценных ресурсов в рамках дистанционного обучения [3]. Примерами таких систем являются как внутривузовские платформы онлайн-обучения, многие из которых разработаны на базе среды Moodle¹, так и платформы массовых открытых онлайн-курсов (MOOC), в т.ч. такие известные платформы, как Coursera², edX³ и Udacity⁴ (более подробный список можно найти на платформе Wikipedia^{5,6}). Эти платформы позволяют собирать большое число данных об обучающихся и процессе освоения ими учебного материала. Появление таких инструментов сбора информации

дало толчок новым направлениям исследований – интеллектуальному анализу образовательных данных (educational data mining) и учебной аналитике (learning analytics). Данные области зарождались и оформлялись как отдельные направления исследований в начале 2000-х гг., а ориентировочно с начала 2010-х гг. они развиваются гораздо более стремительно. В частности, исследование [4] посвящено сопоставлению этих понятий. Авторы подчеркивают, что конечной целью обоих процессов является возможность прогнозирования образовательных результатов на основании анализа данных образовательных платформ, при этом в фокусе внимания учебной аналитики находится сам процесс обучения и, соответственно, успеваемость (успешность) обучающегося при освоении курса, в то время как интеллектуальный анализ образовательных данных сосредоточен непосредственно на процессе получения информации из различных источников [5].

Ряд исследований в области учебной аналитики был связан с созданием систем прогнозирования образовательных результатов на основе анализа полученных оценок, времени, затраченного на выполнение заданий и общей успеваемости по курсу [6]. Кроме того, инструменты учебной аналитики рассматриваются также в качестве источника информации для участников образовательного процесса (преподавателей и студентов) в режиме реального времени. Они позволяют обучающимся оценивать собственный прогресс по курсу в сопоставлении с другими его участниками и планировать время на выполнение заданий [7].

Следует, однако, отметить, что потенциал таких систем ограничен, поскольку он базируется на данных активности обучающихся в электронных курсах, которые можно также дополнить данными о присутствии и активности на занятиях, проводимых в очной форме [8]. В частности, в большинстве существующих систем не учитываются индивидуальные особенности студента, такие как когнитивный стиль, мотивационная составляющая, языковой и культурный аспекты. В работе [9] автор подчеркивает, что в цифровой образовательной среде, в отличие от традиционного офлайн-обучения, стейкхолдеры образовательного процесса испытывают сложности с определением уровня вовлеченности и мотивированности студентов, поскольку отсутствует концептуальный подход к процессу моделирования,

¹ <https://moodle.org/>. Дата обращения 15.01.2024. / Accessed January 15, 2024.

² <https://www.coursera.org/>. Дата обращения 15.01.2024. / Accessed January 15, 2024.

³ <https://www.edx.org/>. Дата обращения 15.01.2024. / Accessed January 15, 2024.

⁴ <https://www.udacity.com/>. Дата обращения 15.01.2024. / Accessed January 15, 2024.

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_MOOC_providers. Дата обращения 15.01.2024. / Accessed January 15, 2024.

⁶ Роскомнадзор: иностранный владелец ресурса нарушает закон Российской Федерации. / Roskomnadzor: the foreign owner of the resource violates the law of the Russian Federation.

формирования и поддержания студенческой вовлеченности при обучении с использованием цифровых образовательных ресурсов. Кроме того, обычно такие системы работают с данными внутридисциплинарного уровня, т.е. данными рабочей активности студента в рамках изучаемой дисциплины. Вместе с тем, для создания системы поддержки принятия решений, функционирующей на уровне университета, необходимо использовать данные разных иерархических уровней [10], поскольку обобщенные данные, используемые для статистики по вузу, часто не позволяют выяснить причины проблем, возникающих в учебном процессе. Наконец, следует отметить, что, помимо обучающихся, важными субъектами и объектами образовательного процесса является профессорско-преподавательский состав, который обеспечивает обучение и контроль сформированности знаний, умений и навыков, а также образовательные программы (ОП), являющиеся по сути основными сущностями, в рамках которых выстраивается образовательный процесс [11].

В данной работе предложен концептуальный подход к пониманию, постановке целей и планированию процессов цифровой трансформации образовательного процесса для обеспечения возможности разработки инструментов интеллектуальной поддержки принятия решений. Данный подход может лечь в основу создания системы управления образовательным процессом на основе данных.

1. МЕТОДЫ

В основу полученных результатов лег опыт работы авторов и их коллег в российских и зарубежных вузах в качестве пользователей информационных систем и сервисов, разработчиков сервисов учебной аналитики и руководителей разного уровня (преподаватель – разработчик электронного курса, академический руководитель ОП, заведующий кафедрой, директор института, начальник учебно-организационного отдела, заместитель начальника учебно-методического

управления, разработчик моделей прогнозирования академической успешности обучающихся, директор департамента информационных технологий), а также изучения мирового опыта исследователей в области цифровизации образования, учебной аналитики и интеллектуального анализа образовательных данных.

В следующем разделе описаны этапы цифровой трансформации организации для более осознанной разработки дорожной карты и планирования мероприятий по цифровизации образовательного процесса. Ее основными задачами являются увеличение прозрачности всех компонентов образовательного процесса и минипроцессов в его рамках, минимизация рутинной нагрузки на участников образовательного процесса, повышение качества принимаемых на разных уровнях решений по оптимизации образовательного процесса. Одной из основных целей цифровой трансформации образовательной организации является создание системы управления образовательным процессом на основе данных как комплекса инструментов учебной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений.

2. ЭТАПЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В основе цифровой трансформации организации лежит уровень ее цифровой зрелости, который заключается в степени осознания необходимости преобразования ее основных процессов, связанных с получением данных и обменом информацией. На начальном уровне цифровой зрелости такие преобразования носят спонтанный характер и, как правило, инициируются отдельными подразделениями для оптимизации их внутренних процессов. Высокий уровень цифровой зрелости подразумевает последовательную реализацию мероприятий по согласованному преобразованию и интеграции всех ключевых процессов организации в соответствии с разработанной стратегией и планом трансформации. Цифровую трансформацию организации можно разделить на три основных этапа, представленных на рисунке.



Рисунок. Этапы цифровой трансформации организации

2.1. Организация работы с данными в цифровом виде

Основным недостатком документооборота на физических носителях является большая трудоемкость их проверки, статистической обработки, анализа, и, как следствие, принятия решений на основе извлеченной из них информации. Как правило, острой проблемой здесь является доступ к данным предыдущих календарных периодов, например, для подготовки отчетов или визуализации достижений в динамике.

На данном этапе при внедрении систем работы с электронными документами и материалами их важной особенностью является наличие инструментов экспорта данных в широко используемых форматах, а также возможностей представления данных в разных видах, создание обобщенных форм и сводных отчетов. Другими словами, одним из важных критериев удобства работы с указанными системами и сервисами является наличие инструментов, обеспечивающих гибкость работы с данными. Примером фактического отсутствия перевода материалов в цифровой вид является хранение в системе отсканированных версий ранее распечатанных документов.

2.2. Технологическая оптимизация процессов

Следующим шагом цифровой трансформации является изменение форм работы с данными и изменение организации взаимодействия между подразделениями на основе новых форм работы и инструментов с целью увеличения прозрачности процессов и высвобождения человеко-временных ресурсов. Примером перехода на данный этап является оптимизация процесса отчетности за счет автоматизации сбора данных, необходимых для конкретного вида отчетности в течение всего отчетного периода. Все результаты работы сотрудника или коллектива в отчетном периоде вносятся в соответствующую систему по мере их появления. В этом случае подготовка отчета не требует специальных усилий, а сам процесс его подготовки представляет собой автоматическое формирование сводных данных по результатам, достигнутым за определенный период. Следует отметить, что в этом случае не только экономятся человеко-временные ресурсы, но также значительно повышается прозрачность процессов, снижается вероятность предоставления неверных данных.

2.3. Переход к цифровой культуре управления процессами

На данном этапе все ключевые процессы функционирования организации представляют собой части единого целого. Все собираемые данные упорядочены

в единую структуру, согласованы между собой и органично дополняют друг друга. Информационные системы функционируют на основе базы (баз) данных, спроектированных с учетом принципов студентоцентричности, непрерывности и согласованности, предложенных и подробно описанных в [10]. Соблюдение данных принципов при проектировании и создании цифровой инфраструктуры вуза гарантирует непротиворечивость и отсутствие конфликтов в данных при работе с ними в разных системах, обеспечивает их полноту посредством хранения всех данных с временными метками, позволяющими точно восстановить образовательную историю обучающегося, а также удобство работы с ними. Информационные системы допускают подключение новых модулей и обновляются на основе поступающей от конечных пользователей обратной связи. Разработка новых модулей и сервисов ведется в тесном взаимодействии разработчиков, аналитиков и конечных пользователей всех уровней: руководителей высшего и среднего звена, сотрудников учебных отделов, представителей профессорско-преподавательского состава и обучающихся. Такая цифровая инфраструктура позволяет упростить разработку инструментов учебной аналитики и поддержки принятия решений на основе данных, с помощью которых становится возможным более эффективное выявление проблем учебного процесса и поиск путей их решения.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

В данном разделе рассмотрены основные участники и составляющие образовательного процесса (далее – субъекты или объекты образовательного процесса): обучающиеся, преподаватели и ОП. Предложена структура данных для каждого субъекта (объекта) и приведено ее подробное описание в разрезе концепции и задач управления на основе данных. Чем больше информации можно собрать, чем четче ее структурировать и детальнее описать, тем выше потенциал системы.

3.1. Данные обучающихся

Обучающийся является ключевым участником образовательного процесса. И поэтому особенно важно изначально классифицировать данные о нем таким образом, чтобы последующее их использование максимально упростило процесс извлечения данных и их анализа [12]. При построении модели обучающегося будем учитывать два вида данных: данные, которые не меняются или меняются очень медленно со временем (социально-демографические данные, пол, возраст, национальность и культурные особенности, психологические характеристики

и когнитивные особенности и др.); вторая половина – это накопленные данные о процессе и результатах обучения (накопленные цифровые следы: баллы ЕГЭ, результаты участия в олимпиадах, данные об оценках аттестата о среднем образовании, данные о его активности на образовательных платформах, результаты текущей, промежуточной и итоговой аттестаций). Такие данные формируют цифровую образовательную историю обучающегося, понятие которой было введено в работе [13].

Одной из важных задач учебной аналитики является моделирование обучающегося, в т.ч. создание его цифрового двойника. При этом очевидно, что чем больше данных о студенте и процессе его обучения можно собирать, тем точнее будет модель обучающегося. В частности, важной задачей является разработка инструментов сбора данных об использовании студентом учебных материалов из внешних источников (образовательный контент, образовательные форумы, различные справочные материалы).

При сборе данных важно соблюдать принцип их непрерывности [10], который гарантирует, что никакие изменяющиеся данные не могут быть потеряны, в частности, в процессе их обновления (перезаписи). Например, в случае, если студент сдал экзамен не с первой попытки, в базе сохраняются все даты и результаты попыток. Это дает более полную картину успеваемости, помогает своевременно выявить проблемы с обучением и в дальнейшем правильно скорректировать траекторию обучения. Или студент переходит с одного направления на другое. Тогда можно говорить об изменении его интересов или о трудностях в освоении отдельных дисциплин. Другими словами, такие показатели могут использоваться для выявления и устранения проблемных мест и последующей корректировки ОП с целью улучшения ее качества.

Условно, разделим все данные на три группы. К первой группе отнесем общие данные, которые используются в образовательном и административном процессах. Вторая группа оперирует данными, связанными с конкретной ОП, требованиями к результатам обучения. Наконец, третья группа содержит информацию об активности и успеваемости студента в рамках конкретного курса ОП.

К первому блоку отнесем *основные данные об обучающемся*:

- основные персональные данные,
- социально-демографические данные,
- данные о состоянии здоровья,
- данные о поступлении,
- академический статус обучающегося.

Основные персональные данные содержат фамилию, имя, отчество обучающегося, дату и место рождения, пол, данные основных документов (паспорт, СНИЛС, ИНН).

Социально-демографические данные содержат информацию о семейном положении, составе семьи, количестве иждивенцев и среднем доходе. Эти сведения могут быть полезны при рассмотрении возможности получения социальной стипендии и иной помощи.

Сведения о состоянии здоровья важны, как данные, на основе которых, делается заключение о необходимости инклюзивного обучения или его отсутствии. Сюда входят данные о наличии заболеваний и заключения специалистов медицинских учреждений.

Данные о поступлении традиционно включают баллы ЕГЭ или результаты предыдущей итоговой аттестации, результаты участия в олимпиадах, дающие привилегии при переходе на следующий уровень обучения. Наличие информации о портфолио дает дополнительные баллы при поступлении на некоторые направления подготовки. При поступлении в магистратуру необходима информация о дипломе бакалавра, результаты вступительных испытаний, а также публикационные данные при наличии.

Академический статус содержит сведения о текущем состоянии обучающегося: учится / закончил обучение / находится в академическом отпуске / отчислен / находится в стадии восстановления. Здесь же может быть указан статус студента в образовательном разрезе, а именно, указывается информация об освоенных курсах в рамках ОП, пройденных учебных и производственных практиках, стажировках, научном руководителе, теме дипломного проекта.

Эти данные могут быть дополнены данными о психологических характеристиках студента, его когнитивных особенностях и стилях. Учет таких характеристик обучающегося может оказаться полезным при планировании и организации его учебной и внеучебной деятельности, например, при проектировании индивидуальной образовательной траектории.

Вторая группа содержит в себе следующие блоки данных промежуточной и итоговой аттестации, а также предпрофессиональной подготовки обучающегося:

Блок данных *промежуточной и итоговой аттестации*:

- результаты промежуточной аттестации за все годы обучения;
- результаты сдачи сессий;
- количество задолженностей на текущий момент;
- данные о количестве попыток получения аттестации по дисциплине.

Блок данных *предпрофессиональной подготовки*:

- темы выполненных исследовательских работ и данные о научных руководителях;
- научные публикации;
- участие в конференциях;
- опыт профессиональной деятельности в профильных организациях;

- рецензии и отзывы на научные и выпускные квалификационные работы;
- опыт участия в командных проектах / стартапах с данными о личном вкладе;

Раздел промежуточной аттестации может дать полезную информацию о наиболее сложных курсах для обучающегося и помочь правильно подобрать образовательные материалы, учитывая его уровень подготовки, мотивации и амбиций. На основе таких данных возможно создание более продвинутых сервисов, таких как сервисы прогнозирования успешности завершения обучающимся ОП или рекомендательные системы [14], способные выстроить индивидуальную образовательную траекторию в зависимости от предпочтений, способностей и ранее накопленной информации о пользователе (цифровых следов и цифровой образовательной истории).

На основе данных предпрофессиональной подготовки можно судить о научных интересах обучающегося и его готовности к исследовательской деятельности, что немаловажно при выборе базы производственной практики, стажировок, или подборе потенциальных мест работы будущего выпускника. Данные о научном руководителе, рецензии и отзывы могут дать информацию студентам о выборе тематики исследования, актуальности и перспективе дальнейшего развития и карьеры в научно-технологической сфере.

Перейдем к описанию третьей группы данных – данных образовательного курса, включающих:

- число посещений LMS и общее время, проведенное в системе;
- число переходов в системе LMS, число кликов;
- количество просмотренных учебных видео, время их просмотра;
- участие в дискуссиях, обсуждениях на учебных форумах;
- число обращений к внешним учебным источникам, общее время, использованное на освоение учебного материала;
- успешность выполнения заданий (правильность, своевременность, самостоятельность).

Данные третьей группы характеризуют успеваемость обучающегося в рамках конкретного курса. В настоящее время большинство учебных курсов представлены в электронном виде в университетских LMS (как правило, на базе Moodle, подробный список LMS представлен на платформе Wikipedia^{7,8}). Структура курса, содержание контрольно-измерительных материалов, критерии оценивания, сроки выполнения заданий, как правило, определяются

преподавателем на основе утвержденной рабочей программы дисциплины.

Руководитель курса, используя доступ к журналу событий, журналу оценок, может получить данные об активности студента в рамках дисциплины. Также можно получить такие данные, как время изучения и число обращений к учебным материалам, время просмотра учебных видео, результаты промежуточных тестирований. В дальнейшем, используя все эти показатели, можно проследить динамику успеваемости по предмету или иные показатели.

Отметим, что данные первой группы, как правило, не изменяются или изменяются медленно с течением времени. Данные второй группы регулярно обновляются и пополняются, как правило, не реже 1 раза в семестр. Данные третьей группы обновляются и пополняются наиболее часто: как правило, еженедельно.

3.2. Данные профессорско-преподавательского состава

Следующим ключевым субъектом образовательного процесса является преподаватель. Квалификация, опыт и педагогическое мастерство преподавателя во многом определяют эффективность донесения знаний обучающимся, а, следовательно, и эффективность учебного процесса. Отметим, что учебный курс по дисциплине учебного плана есть результат ее авторской интерпретации, от которой зависят факторы мотивации и вовлеченности студентов, приобретаемые ими знания, умения и навыки, и, как следствие, успешность освоения дисциплины [15]. В отличие от данных обучающихся, являющихся основным фокусом внимания исследователей в области учебной аналитики, исследованию данных преподавателей посвящено гораздо меньшее число работ. Однако в последнее время интерес к этой теме возрастает (см., например, [16]).

Отметим еще один важный момент. Преподаватели регулярно проходят аттестацию, например, в рамках трудоустройства или избрания по конкурсу. Для этой процедуры соискатель готовит список своих достижений за определенный период по утвержденной форме в организации, в которой он планирует (продолжать) работать. Однако представляемые таким образом данные могут содержать неточности, в их оформлении могут быть ошибки, а главное, эти данные, как правило, используются одновременно и не хранятся для дальнейшего использования. К тому же работа по подготовке таких отчетов требует времени, являясь при этом рутинной. С другой стороны, правильно организованный сбор данных о достижениях преподавателя в разных сферах позволит получать такие отчеты автоматически без временных и трудовых затрат и при этом существенно снизит риски представления неточной или ошибочной

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_learning_management_systems. Дата обращения 15.01.2024. / Accessed January 15, 2024.

⁸ Роскомнадзор: иностранный владелец ресурса нарушает закон Российской Федерации. / Roskomnadzor: the foreign owner of the resource violates the law of the Russian Federation.

информации. С точки зрения руководителя, цифровой сервис по работе с данными преподавателей может предоставить возможности мониторинга достижений не только отдельного сотрудника, но и генерации сводных отчетов по коллективам (работники кафедры, института, члены научного коллектива) или группам (аспиранты 3-го года, кандидаты наук в возрасте до 35 лет и пр.), а также динамики достижений сотрудника или коллектива за определенный период.

Для удобства оценки, мониторинга и своевременной корректировки образовательного процесса в разрезе преподавателя, по аналогии со студентами, предлагается рассмотреть данные о преподавателе, как многомерные, структурированные, динамически обновляемые данные о профессиональной компетентности, коммуникативных навыках, а также цифровой компетентности и цифровой культуре, включающие группу личных данных и группы показателей. Каждый показатель предлагается рассматривать со стороны информации, которую можно получить в текущем моменте – статичные данные и динамичные данные, изменяющиеся с течением времени под воздействием каких-то внешних факторов, опыта и выданных рекомендаций.

Первый блок данных содержит *основные сведения личного и профессионального плана*:

- основные персональные данные (фамилию, имя, отчество, дата и место рождения, пол, данные основных документов);
- социально-демографические данные (семейное положение, состав семьи, средний доход);
- данные о состоянии здоровья (применительно к трудовым обязанностям);
- данные об образовании, ученых степенях и званиях;
- данные о предыдущих местах работы и занимаемых должностях;
- данные о родном языке и владении иностранными языками;
- данные об опыте преподавания дисциплин;
- данные профилей в наукометрических базах данных и профессионально-ориентированных социальных сетях.

Этот блок содержит стандартный набор данных, не меняющихся или меняющихся медленно с течением времени. Он позволяет сформировать представление об основных этапах трудовой биографии, например, при приеме на работу.

Следующие блоки описывают компетентность работника как действующего ученого, наставника или практика.

Блок данных *учебно-методической компетентности* содержит:

- данные о преподаваемых курсах (в привязке к учебным годам и семестрам, с указанием вида занятий и формы проведения);

- данные о количестве студентов на преподаваемых курсах;
 - данные о разработанных учебно-методических материалах и электронных курсах;
 - данные о внешних ресурсах, используемых в преподавательской практике;
 - разработанный информационный контент, используемый в преподавательской деятельности;
 - данные о пройденных курсах повышения квалификации / переподготовки / профессиональной подготовки;
 - данные студенческой оценки преподавателя (при наличии);
 - посещаемость студентами занятий по дисциплине в течение семестра;
 - успеваемость студентов по дисциплине в сессию.
- Блок данных *научно-исследовательской компетентности* включает:

- данные о публикациях и результатах интеллектуальной деятельности;
 - данные об участии в проектах, поддержанных грантами или выполняемых в рамках хоздоговорных работ, в качестве руководителя или исполнителя;
 - данные о членстве в диссертационных советах, редакционных коллегиях научных журналов;
 - данные о выполнении работ в качестве эксперта.
- Блок данных *наставнической компетентности* содержит:

- данные о научном руководстве выпускными квалификационными работами студентов/магистрантов;
 - данные о научном руководстве аспирантами / научном консультировании докторантов;
 - данные о публикациях студентов/аспирантов, подготовленных в соавторстве с сотрудником;
 - данные о выпускных квалификационных работах / кандидатских / докторских диссертациях, защищенных под руководством сотрудника;
 - данные о студентах/аспирантах, занявших призовые места в конкурсах / соревнованиях / на конференциях (с указанием уровня мероприятия).
- Блок данных *практической компетентности* включает:

- данные об опыте работы в организациях / на предприятиях по профилю подготовки, на котором ведется преподавание (с указанием мест работы, занимаемых должностей, основных выполняемых обязанностей);
- данные о разработанных задачах, возникающих в практической деятельности, адаптированных под учебный процесс (кейсы);
- данные о разработанных задачах практической направленности для соревнований/хакатонов;
- данные об опыте экспертной работы в профессиональной сфере.

Кроме указанных блоков уместно также ввести дополнительный блок данных, где сотрудник мог бы указать иную информацию, свидетельствующую о его профессиональной квалификации, например, сведения о полученных наградах, выигранных конкурсах, участии в работе межвузовских и международных коллективов, консорциумов, организации мероприятий, выступлениях с научно-популярными лекциями, опыте подготовки и проведения тренингов, деловых игр и т.д. Эти данные впоследствии также могут быть классифицированы в отдельные блоки для упрощения работы с ними.

Эти блоки могут быть дополнены блоком коммуникативных и иных гибких навыков, к которому можно отнести умение донести материал с учетом уровня подготовки аудитории (адаптивность), управление мотивацией аудитории, навыки формирования критического и творческого мышления обучаемых, умение выстраивать продуктивные межличностные отношения внутри коллектива. Однако следует учитывать, что измерение таких навыков представляет собой отдельную задачу. Об уровне коммуникативной компетентности могут свидетельствовать, например, результаты студенческой оценки преподавателя, число соавторов в публикациях, активность участия в коллективных проектах.

Наконец, важным блоком, нуждающимся в подробном рассмотрении в рамках отдельной работы, являются данные цифровой компетентности и цифровой культуры преподавателя. В данном блоке необходимо учитывать не только уровень владения различными цифровыми инструментами и сервисами, используемыми в образовательной и научно-исследовательской деятельности, но и уровень принятия различных аспектов изменений, которые несет с собой процесс цифровизации, а также готовность содействовать их успешному внедрению. Развитие цифровой культуры профессорско-преподавательского состава как неотъемлемой части корпоративной культуры является, на наш взгляд, важной задачей, стоящей перед руководством вуза в части управления изменениями.

Важно отметить, что система сбора и хранения данных должна обеспечивать возможность автоматического их получения там, где это возможно, по мере их появления. Примером является получение данных из наукометрических систем об опубликованных статьях. Там, где автоматическое получение данных невозможно, система должна обеспечивать по возможности их стандартизированный ввод с подтверждающими документами или ссылками.

3.3. Данные ОП

Одной из важнейших составляющих образовательного процесса является ОП, качество которой напрямую влияет на ее востребованность среди абитуриентов и студентов. Недостаточно высокие

показатели учебного процесса (низкая успеваемость, высокий процент обучающихся, сменивших ОП на другую в процессе обучения, низкие показатели трудоустройства по специальности) могут свидетельствовать не только о недостаточном уровне подготовки самих обучающихся, но и о том, что имеются проблемы в самой программе. Наиболее остро проблемы низкого интереса к программе ощущаются в период приемной кампании и выражаются в низком конкурсе на программу, следствием которого является прием на бюджетные места абитуриентов с более низкими результатами вступительных испытаний и, как правило, менее мотивированных, что, в свою очередь, влечет дальнейшие проблемы с их обучением по программе. Среди причин низкой востребованности ОП могут быть как внешние причины (моральное устаревание, т.е. недостаточное соответствие меняющимся запросам рынка труда), так и внутренние (несоответствие содержания и структуры программы заявленным образовательным результатам). Несмотря на то, что образовательное сообщество, включая самих разработчиков ОП, признает сам факт возможного наличия таких проблем, в настоящее время отсутствует методология, которая бы четко описывала алгоритм анализа и оценки ОП, выявления их слабых мест для корректировки.

В связи с этим важной задачей является определение комплекса внутренних показателей ОП, характеризующих особенности ее структуры и содержания, а также внешних показателей ОП, на основе которых можно судить о ее качестве и востребованности. С каждым показателем затем необходимо связать набор данных, на основе которого он будет вычисляться.

Основными *внутренними характеристиками* ОП можно считать:

- направление подготовки, включая уровень образования, форму обучения;
- требования ФГОС или собственного образовательного стандарта образовательной организации, в т.ч. образовательные результаты, сформулированные в виде компетенций;
- профессиональные стандарты, к деятельности по которым готовит ОП, в т.ч. формируемые профессиональные компетенции;
- структуру ОП, определяемую ее учебным планом и включающую набор дисциплин и практик, их трудоемкости и календарный график освоения;
- коллектив разработчиков ОП;
- кадровый состав, реализующий ОП;
- материально-техническое обеспечение ОП;
- иные характеристики, такие как вовлеченность в учебный процесс представителей работодателей, наличие адаптированных для учебного процесса реальных задач (кейсов), география мест прохождения практик и пр.

Данные характеристики определяют дизайн, структуру и наполнение ОП, оказывают прямое влияние ее качество. Однако, чтобы оценить качество ОП, необходимо оценивать внешние показатели, независимые от ее внутреннего наполнения, которые могут свидетельствовать об удовлетворенности программой ее основных внешних стейкхолдеров: выпускников, их работодателей, различные административные структуры регионального и федерального уровней.

Среди основных *внешних показателей*, характеризующих качество ОП отметим следующие:

- распределение баллов ЕГЭ абитуриентов, поступивших на ОП, в т.ч. их средний и проходной баллы;
- доля поступивших на ОП, имеющих достижения (победители и призеры олимпиад и соревнований различных уровней);
- показатели, связанные с итогами промежуточной аттестации: распределение оценок по дисциплинам в сессию, динамика доли обучающихся, имеющих определенное количество задолженностей и пр.;
- показатели, связанные с движением контингента: динамика отчислений, уходов в академический отпуск, переходов на другие ОП или в другие вузы, динамика восстановлений, перехода на ОП с других ОП вуза, из других вузов и пр.;
- доля обучающихся (в разрезе года обучения), имеющих достижения в научной деятельности (выступления на научных конференциях, публикации, результаты интеллектуальной деятельности);
- доля обучающихся (в разрезе года обучения), имеющих достижения в профессиональной деятельности, отмеченные потенциальными работодателями по результатам прохождения практик, участия в решении проектных задач и кейсов и пр.;
- доля трудоустройства выпускников в организации по профилю освоенного направления подготовки;
- результаты опросов обучающихся об их удовлетворенности составляющими учебного процесса по ОП;
- результаты опросов выпускников об их удовлетворенности обучением на ОП, возможностями трудоустройства, конкурентоспособностью на рынке труда и пр.;
- результаты опросов работодателей об их удовлетворенности квалификацией выпускников, взаимодействием с вузом, командой разработчиков, преподавателями, реализующими ОП.

Следует отметить, что отдельного внимания здесь требует разработка методики работы с перечисленными показателями, поскольку их абсолютные значения сами по себе не несут большой смысловой нагрузки в смысле определения качества ОП.

Гораздо более информативным может быть применение следующих подходов:

- рассмотрение данных показателей в динамике от года к году в течение определенного периода;
- относительные значения показателей в сравнении с аналогичными показателями других ОП в рамках одной или смежных укрупненных групп специальностей и направлений вуза;
- относительные значения показателей в сравнении с аналогичными показателями ОП по данному направлению в других вузах, начиная от ближайших региональных конкурентов и вплоть до всех вузов страны, реализующих ОП по данному направлению.

Разработка методов анализа и оценки качества ОП, выявления ее слабых и сильных сторон является отдельным и слабо изученным направлением исследований. Само определение качества ОП является отдельной важной задачей. Предлагается определять качество ОП с точки зрения достижения заявленных в ней образовательных результатов, сформулированных в виде компетенций, которыми должен владеть выпускник, успешно освоивший ОП. Однако вопросы измерения сформированности компетенций, квалификации выпускника являются нетривиальными и не имеющими простых однозначных ответов.

Следует также понимать, что ОП представляет из себя не статичный комплект документов, а скорее динамично изменяющуюся сущность, связывающую обучающихся, профессорско-преподавательский состав, административный персонал, представителей работодателей и другие заинтересованные стороны в рамках учебного процесса. Будучи ключевой составляющей образовательного процесса, ОП представляет собой важный объект исследований в концепции управления образовательным процессом на основе данных. В условиях динамично меняющегося рынка труда задача создания инструментов анализа ОП, управления портфелем ОП и его оптимизации является весьма актуальной.

4. ДИСКУССИЯ

Цифровизация процессов в вузах в настоящее время осуществляется в основном путем создания специализированных систем и сервисов, функционирующих в рамках определенных областей и направленных на решение ограниченного круга задач [17]. Одним из главных недостатков данного подхода является то, что в таких сервисах обычно не закладываются протоколы взаимодействия друг с другом. Работа таких систем часто основана на данных, хранящихся в специально предназначенных для этих систем базах данных. Это приводит к проблемам, описанным в [10],

а именно, к дублированию и избыточности данных, отсутствию единых стандартов хранения и, как следствие, к конфликтам при обмене данными между различными информационными системами. Отсутствие возможности работать с данными системами как с элементами единого целого является препятствием для решения задач более высокого уровня, например, выявления причин уменьшения процента сохранности контингента на ОП или увеличения оттока студентов с данной ОП на другие. Использование концепции единой информационной платформы (ядра), в котором заложены принципы сбора, хранения и обработки данных для всех университетских информационных систем, являющихся подключаемыми к ядру модулями, поможет решить перечисленные проблемы. Кроме того, поэтапное последовательное подключение к ядру новых модулей, модифицированных по запросам конечных пользователей, позволит значительно увеличить прозрачность всех протекающих внутри вуза процессов, уменьшить трудовые и временные затраты, а также значительно повысить скорость и качество принимаемых решений.

Следует отметить, что описанные в работе основные блоки данных обучающихся, профессорско-преподавательского состава и ОП имеют множество связей друг с другом. Например, результаты промежуточной аттестации студента по дисциплине зависят не только от самого студента, его мотивированности, уровня подготовки и работы в течение семестра. Они зависят и от квалификации преподавателей, проводивших занятия по данной дисциплине, и уровня их требований, методов, форм, средств обучения, от структуры дисциплины (в частности, ее общей трудоемкости, а также распределения трудоемкости между контактной и самостоятельной работой), задаваемой ее рабочей программой. Кроме того, если материал курса опирается на знания, приобретенные на других дисциплинах ОП, то важную роль играет и ее структура, задаваемая учебным планом. На практике встречаются случаи, когда инструментарий, которым студенты овладевают в одной дисциплине, используется в другой, при этом дисциплины читаются параллельно в одном семестре, что создает для обучающихся вполне понятные трудности. Задача же управления образовательным процессом на основе данных заключается, в частности, в том, чтобы максимально упростить процесс доступа к самым разнообразным данным, относящимся к учебному процессу, а также разработать инструменты аналитики и визуализации данных для того, чтобы облегчить выявление проблемных мест учебного процесса с целью его дальнейшей оптимизации.

Следующий важный момент состоит в том, что разработка, модификация и техническое сопровождение такой системы должны осуществляться

в течение всего ее жизненного цикла. Как разработка, так и последующая доработка или модификация отдельных модулей должны происходить в тесном контакте с конечными пользователями на основе систематического сбора обратной связи. Наличие команды, включающей представителей разработчиков, персонала техподдержки, высшего руководства, представителей всех групп конечных пользователей и заинтересованных сторон, может сделать процесс эволюции такой системы более эффективным. Кроме того, сам процесс сбора обратной связи и последующее внесение в систему соответствующих изменений должен быть регулярным и оперативным, в противном случае положительный эффект от процесса будет существенно снижен, что в свою очередь может негативно сказаться на эффективности всей системы. В связи с этим вариант использования проприетарного программного обеспечения, созданного сторонними разработчиками, потенциально имеет для организации меньшую практическую пользу, нежели вариант собственной разработки коллективом штатных разработчиков.

Наконец, отметим еще один аспект, имеющий ключевое влияние на успешное функционирование и развитие системы управления образовательным процессом на основе данных. Он заключается в принятии данной системы всеми группами конечных пользователей и их мотивации к совершенствованию данной системы и развитию ее функционала. Тот факт, что внедрение такой системы можеткратно повысить прозрачность многих аспектов работы сотрудника, может вызвать как минимум неоднозначное отношение как к самой системе, так и к решениям, принимаемым на основе полученных из нее данных. Здесь очень важным моментом является трактовка получаемых данных и показателей. С учетом вышесказанного, выстраивание системы принятия решений в отношении участников образовательного процесса в контексте их поощрения за достижения и поддержки в плане устранения проблемных мест и реализации потенциальных точек роста будет являться важной составляющей успешного внедрения и дальнейшего развития такой системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен концептуальный подход к цифровизации образовательного процесса вуза, описаны ее основные этапы, приведены блоки данных основных участников и составляющих образовательного процесса: обучающихся, преподавателей и ОП. Отмечены некоторые особенности и проблемы разработки и внедрения информационных систем и сервисов для построения системы управления образовательным процессом на основе данных.

В последующих работах планируется детально исследовать каждый компонент предложенного концептуального подхода, проанализировав особенности сбора и анализа показателей по обучающимся, профессорско-преподавательскому составу и ОП.

Авторы убеждены, что цифровизация образовательного процесса является обязательной стадией развития университета, без реализации которой невозможно выйти на качественно новый уровень осуществления образовательной деятельности. Постоянно растущий рынок образовательных услуг, в т.ч. в сфере дополнительного образования, ставит вузы в позицию догоняющего по сравнению с образовательными онлайн-платформами, которые значительно преуспели в применении цифровых инструментов учебной аналитики. Следовательно, разработка концептуального подхода для создания цифровой системы управления учебным процессом в вузе становится приоритетной задачей, от качества решения которой во многом будут зависеть развитие и конкурентоспособность университета в будущем.

Вклад авторов

А.А. Кытманов – создание концепции и методологии исследования, подготовка первоначального

варианта рукописи, обзор литературы, редактирование текста рукописи, общее руководство.

Ю.Н. Горелова – формальный анализ, подготовка первоначального варианта рукописи, обзор литературы, редактирование текста рукописи.

Т.В. Зыкова – разработка методологии, формальный анализ.

О.А. Пихтилькова – формальный анализ, подготовка первоначального варианта рукописи.

Е.В. Пронина – формальный анализ, подготовка первоначального варианта рукописи.

Все авторы прочитали и согласовали публикуемый вариант рукописи.

Authors' contributions

A.A. Kytmanov – conceptualization, methodology, writing (original draft preparation, review, and editing), supervision.

Yu.N. Gorelova – formal analysis, writing (original draft preparation, review, and editing).

T.V. Zykova – methodology, formal analysis.

O.A. Pikhilkova – formal analysis, writing (original draft preparation).

E.V. Pronina – formal analysis, writing (original draft preparation).

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Selwyn N., Gašević D. The datafication of higher education: discussing the promises and problems. *Teach. High. Educ.* 2020;25(4):527–540. <https://doi.org/10.1080/13562517.2019.1689388>
- Williamson B., Bayne S., Shay S. The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. *Teach. High. Educ.* 2020;25(4):351–365. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1748811>
- Taamneh A., Alsaad A., Elrehail H., Al-Okaily M., Lutfi A., Sergio R.P. University lecturers acceptance of moodle platform in the context of the COVID-19 pandemic. *Global Knowledge, Memory and Communication.* 2023;72(6/7):666–684. <http://doi.org/10.1108/GKMC-05-2021-0087>
- Lemay D.J., Baek C., Doleck T. Comparison of learning analytics and educational data mining: A topic modeling approach. *Computers and Education: Artificial Intelligence.* 2021;2(1):100016. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100016>
- Papamitsiou Z., Economides A.A. Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence. *J. Educ. Technol. Soc.* 2014;17(4):49–64. URL: <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.49>
- Arnold K.E., Pistilli M.D. Course Signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK'12)*. 2012. P. 267–270. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2330601.2330666>
- Teasley S.D., Kay M., Elkins S., Hammond J. User-Centered Design for a Student-Facing Dashboard Grounded in Learning Theory. In: Sahin M., Ifenthaler D. (Eds.). *Visualizations and Dashboards for Learning Analytics. Advances in Analytics for Learning and Teaching*. Cham., Switzerland: Springer; 2021. P. 191–212. https://www.doi.org/10.1007/978-3-030-81222-5_9
- Klein C., Lester J., Rangwala H., et al. Technological barriers and incentives to learning analytics adoption in higher education: insights from users. *J. Comput. High. Educ.* 2019;31:604–625. <https://doi.org/10.1007/s12528-019-09210-5>
- Talbi O., Ouared A. Goal-oriented student motivation in learning analytics: How can a requirements-driven approach help? *Educ. Inf. Technol.* 2022;27(8):12083–12121. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11091-8>
- Kustitskaya T.A., Esin R.V., Kytmanov A.A., Zykova T.V. Designing an Education Database in a Higher Education Institution for the Data-Driven Management of the Educational Process. *Educ. Sci.* 2023;13(9):947. <https://doi.org/10.3390/educsci13090947>
- Datnow A., Hubbard L. Teacher capacity for and beliefs about data-driven decision making: A literature review of international research. *J. Educ. Change.* 2016;17(1):7–28. <https://doi.org/10.1007/s10833-015-9264-2>
- Brown M. Seeing students at scale: how faculty in large lecture courses act upon learning analytics dashboard data. *Teach. High. Educ.* 2020;25(4):384–400. <https://doi.org/10.1080/13562517.2019.1698540>
- Есин Р.В., Зыкова Т.В., Кустицкая Т.А., Кытманов А.А. Цифровая образовательная история как составляющая цифрового профиля обучающегося в условиях трансформации образования. *Перспективы науки и образования.* 2022;5(59):566–584. <https://doi.org/10.32744/pse.2022.5.34>
[Esin R.V., Zykova T.V., Kustitskaya T.A., Kytmanov A.A. Digital educational history as a component of the digital student's profile in the context of education transformation. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science & Education.* 2022;5(59):566–584 (in Russ.). <https://doi.org/10.32744/pse.2022.5.34>]

14. Permana A.A.J., Pradnyana G.A. Recommendation Systems for internship place using artificial intelligence based on competence. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2019;1165:012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1165/1/012007>
15. Raffaghelli J.E., Stewart B. Centering complexity in ‘educators’ data literacy’ to support future practices in faculty development: a systematic review of the literature. *Teach. High. Educ.* 2020;25(4):435–455. <https://doi.org/10.1080/13562517.2019.1696301>
16. Lewis S., Holloway J. Datafying the teaching ‘profession’: remaking the professional teacher in the image of data. *Cambridge J. Educ.* 2019;49(1):35–51. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2018.1441373>
17. Williamson B. The hidden architecture of higher education: building a big data infrastructure for the ‘smarter university’. *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.* 2018;15:12. <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0094-1>

Об авторах

Кытманов Алексей Александрович, д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой высшей математики – 3, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: kytmanov@mirea.ru. Scopus Author ID 6602129708, SPIN-код РИНЦ 6866-6079, <https://orcid.org/0000-0003-3325-099X>

Горелова Юлия Николаевна, к.фил.н., доцент, заведующий центром магистратуры, Институт управления, экономики и финансов, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Россия, Республика Татарстан, Казань, ул. Кремлевская, д. 18, корп. 1). E-mail: JNGorelova@kpfu.ru. Scopus Author ID 56521686700, SPIN-код РИНЦ 9505-0346, <http://orcid.org/0000-0003-1114-9751>

Зыкова Татьяна Викторовна, к.ф.-м.н., доцент, кафедра прикладной математики и анализа данных, Институт космических и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (660041, Красноярск, пр. Свободный, д. 79). E-mail: tzykova@sfu-kras.ru. Scopus Author ID 57188699496, SPIN-код РИНЦ 1959-9769, <https://orcid.org/0000-0002-7332-2372>

Пихтилькова Ольга Александровна, к.ф.-м.н., доцент, кафедра высшей математики – 3, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: pihtilkova@mirea.ru. SPIN-код РИНЦ 5589-7411, <https://orcid.org/0009-0004-4632-5158>

Пронина Елена Владиславовна, к.ф.-м.н., доцент, кафедра высшей математики – 3, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: pronina@mirea.ru. SPIN-код РИНЦ 3391-3440, <https://orcid.org/0000-0002-2447-7175>

About the authors

Alexey A. Kytmanov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Head of the Department of Higher Mathematics – 3, Institute for Advanced Technologies and Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: kytmanov@mirea.ru. Scopus Author ID 6602129708, RSCI SPIN-code 6866-6079, <https://orcid.org/0000-0003-3325-099X>

Yuliya N. Gorelova, Cand. Sci. (Phil.), Head of the Master’s Center, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan (Volga Region) Federal University (18, Kremlevskaya ul., Kazan, 420008 Republic of Tatarstan, Russia). E-mail: JNGorelova@kpfu.ru. Scopus Author ID 56521686700, RSCI SPIN-code 9505-0346, <http://orcid.org/0000-0003-1114-9751>

Tatiana V. Zyкова, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assistant Professor, Department of Applied Mathematics and Data Science, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University (79, Svobodnyi pr., Krasnoyarsk, 660041 Russia). E-mail: tzykova@sfu-kras.ru. Scopus Author ID 57188699496, RSCI SPIN-code 1959-9769, <https://orcid.org/0000-0002-7332-2372>

Olga A. Pikhilьkova, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Department of Higher Mathematics – 3, Institute for Advanced Technologies and Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: pihtilkova@mirea.ru. RSCI SPIN-code 5589-7411, <https://orcid.org/0009-0004-4632-5158>

Elena V. Pronina, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assistant Professor, Department of Higher Mathematics – 3, Institute for Advanced Technologies and Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: pronina@mirea.ru. RSCI SPIN-code 3391-3440, <https://orcid.org/0000-0002-2447-7175>

Отпечатано в «МИРЭА – Российский технологический университет».

119454, РФ, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78.

Подписано в печать 27.09.2024 г.

Формат 60 × 90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. листов 13.75.

Тираж 100 экз. Заказ № 1603.

Подписку на печатную версию
Russian Technological Journal можно оформить
через ООО «Агентство «Книга-Сервис», www.akc.ru.

Подписной индекс: 79641.

Printed in MIREA – Russian Technological University.
78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russian
Federation.

Signed to print September 27, 2024.

Format 60 × 90/8. Digital print.

C.p.l. 13.75.

100 copies. Order No. 1603.

Subscription to the *Russian Technological
Journal* printed version can be made through
the *Kniga-Servis* Agency, www.akc.ru.

Subscription index: 79641.