

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Машинное обучение

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Наука о Данных

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) ассистент, к.н. Разинков Е.В. (кафедра системного анализа и информационных технологий, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), Evgenij.Razinkov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий
ОПК-3	Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- возможности алгоритмов машинного обучения;
- классы задач, решаемых с помощью алгоритмов машинного обучения.

Должен уметь:

- применять на практике алгоритмы машинного обучения;
- обосновать применение того или иного алгоритма машинного обучения для решения конкретной задачи.

Должен владеть:

- базовым инструментарием машинного обучения;

Должен демонстрировать способность и готовность:

- программно реализовывать алгоритмы машинного обучения;
- применять алгоритмы машинного обучения на практике;
- анализировать результаты обучения алгоритма, предлагать пути повышения точности алгоритма.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии (Наука о Данных)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 126 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в глубокое машинное обучение. Задачи классификации и регрессии.	2	2	0	2	18
2.	Тема 2. Многослойный перцептрон.	2	4	0	4	18
3.	Тема 3. Обучение глубокой нейронной сети.	2	4	0	4	18
4.	Тема 4. Сверточные нейронные сети.	2	2	0	2	18
5.	Тема 5. Регуляризация глубоких нейронных сетей.	2	2	0	2	18
6.	Тема 6. Архитектура сети ResNet.	2	2	0	2	16
7.	Тема 7. Архитектура сети ResNet.	2	2	0	2	16
8.	Тема 8. Рекуррентные нейронные сети.	2	2	0	2	16
9.	Тема 9. Принципы глубокого машинного обучения. Преимущества глубоких архитектур по сравнению с классическими алгоритмами машинного обучения. Причины возникновения глубокого обучения: вычислительные возможности, алгоритмические нововведения, большое количество данных.	2	2	0	18	126

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Введение в глубокое машинное обучение. Задачи классификации и регрессии.**

Принципы глубокого машинного обучения. Преимущества глубоких архитектур по сравнению с классическими алгоритмами машинного обучения. Причины возникновения глубокого обучения: вычислительные возможности, алгоритмические нововведения, большое количество данных.

Задача классификации. Постановка задачи. Целевая функция задачи классификации. Функция Softmax. Вывод целевой функции задачи классификации с помощью принципа максимального правдоподобия.

Задача регрессии. Постановка задачи. Целевая функция для задачи регрессии. Вывод целевой функции задачи регрессии с помощью принципа максимального правдоподобия.

**Тема 2. Многослойный перцептрон.**

Понятие нейрона. Веса нейрона. Вычисление активация нейрона. Функция активации ReLU (Rectified Linear Unit). Вычисление выходного значения нейрона.

Полносвязный слой нейронной сети. Понятие входного слоя, выходного слоя, скрытых слоев нейронной сети. Матрица весов полносвязного слоя. Формула вычисления активаций и выходов нейронов слоя в векторном виде.

**Тема 3. Обучение глубокой нейронной сети.**

Метод градиентного спуска. Стохастический градиентный спуск. Инициализация весов нейронной сети.

Метод обратного распространения - эффективный метод вычисления вектора градиента целевой функции по весам нейронной сети.

Вычисление градиента целевой функции задачи классификации по выходам функции Softmax. Вычисление градиента целевой функции задачи классификации по выходам нейронов выходного слоя, если известен градиент целевой функции по выходам функции Softmax. Вычисление градиента целевой функции задачи регрессии по выходам нейронов последнего слоя. Обратного распространение через полносвязные слои.

**Тема 4. Сверточные нейронные сети.**

Понятие сверточного слоя. Обратное распространение через сверточные слои. Pooling-слой. Обратное распространение через pooling-слои. Понятие поля восприятия нейрона (англ. Receptive Field). Влияние параметров сверточных слоев и pooling-слоев на поле восприятия нейрона. Вычисление поля восприятия нейрона.

Архитектура сверточной сети на примере сверточной сети VGG-16 для классификации изображений.

**Тема 5. Регуляризация глубоких нейронных сетей.**

Методы регуляризации нейронных сетей:

- Метод Weight Decay. Включение суммы квадратов весов в целевую функцию.
- Метод Dropout. Случайное отключение нейронов в процессе обучения.
- Метод Batch Normalization. Нормализация активаций нейронов.
- Метод Label Smoothing. Модификация целевых значений в задаче классификации.
- Ранняя остановка обучения.

- Дополнение данных. Незначительная модификация обучающих примеров с сохранением целевых меток классов.
- Разделение параметров.
- Использование больших значений коэффициента обучения.
- Использование небольшого количества обучающих примеров для вычисления градиента.

### **Тема 7. Архитектура сети ResNet.**

Сложность обучения глубоких нейронных сетей. Эффект деградации обучения глубоких нейронных сетей.

Архитектура Residual Network (ResNet):

- Пропускающие соединения (англ. Skip Connections)
- Структура остаточного блока
- Пропускающее соединение между блоками с разными размерностями карт характеристик.

Модификация архитектуры ResNet: Wide Residual Network. Особенности архитектуры.

### **Тема 8. Рекуррентные нейронные сети.**

Постановка задачи обработки последовательностей произвольной длины. Рекуррентные нейронные сети. Вычисление градиента по параметрам рекуррентной сети: обратное распространение через время (англ. Backpropagation-Through-Time).

Нейронные сети GRU (Gated Recurrent Unit). Структура ячейки GRU. Обратное распространение для рекуррентных сетей GRU.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Видео-лекции курса "Машинное обучение" от Yandex -

<https://yandexdataschool.ru/edu-process/courses/machine-learning>

Научный портал по математическим наукам - <http://www.mathnet.ru>

Портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>

Портал статей по применению ИТ и машинному обучению - [http://habrahabr.ru/hub/machine\\_learning/](http://habrahabr.ru/hub/machine_learning/)

Профессиональный интернет-ресурс по машинному обучению - <http://www.machinelearning.ru/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студенту рекомендуется внимательно слушать лектора, следить за тем, что написано на доске или представлено на слайдах презентации, анализировать получаемую им информацию. В случае, если материал лекции непонятен, следует задать вопрос в отведенное для вопросов время. Студенту также рекомендуется конспектировать материал лекции в тетради, что улучшает запоминание.
лабораторные работы	При выполнении лабораторных работ студенту рекомендуется внимательно анализировать поставленную задачу, уделяя особенное внимание критериям оценки точности решения задачи. Программный код должен быть объектно-ориентированным, чистым, с поясняющими комментариями. Особенное внимание следует уделить методологическим аспектам решения задачи, на корректное разделение выборки на обучающую, валидационную и тестовую. Результаты работы программы должны быть оформлены в виде таблиц и графиков.
самостоятельная работа	При ведении самостоятельной работы студенту рекомендуется внимательно подходить к изучению научных статей, обращать внимание на значимость полученного результата, на требования к обучающей выборке, на скорость работы предлагаемых алгоритмов, на результаты их сравнения с существующими. В случае, если изучаемый материал понятен не до конца, рекомендуется обращение к дополнительной литературе.
экзамен	Студенту рекомендуется внимательно анализировать вопросы в экзаменационном билете. Ответ на экзаменационный билет должен быть подробным и четким, все релевантные формулы должны быть приведены и пояснены. При ответе на вопрос студент должен проявить не столь умение запомнить материал, сколь глубокое его понимание. Рекомендуется избегать приведения в ответе материала, не относящегося к билету.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)



Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и магистерской программе "Наука о Данных".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Наука о Данных

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

#### Основная литература:

1. Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Д. Стокман. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 763 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84096>.

2. Жданов, А.А. Автономный искусственный интеллект [Электронный ресурс] : учеб. пособие - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 362 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70761>.

3. Вьюгин, В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : МЦНМО (Московский центр непрерывного математического образования), 2013. - 304 с. - Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=56397](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56397)

#### Дополнительная литература:

1. Информационные аналитические системы [Электронный ресурс] : учебник / Т. В. Алексеева, Ю. В. Амириди, В. В. Дик и др.; под ред. В. В. Дика. - М.: МФПУ Синергия, 2013. - 384 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=451186>

2. Смолин, Д.В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2007. - 264 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2325>.

3. Осипов Г. В. Методы искусственного интеллекта/Осипов Г.В. - М.: Физматлит, 2011. - 296 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=544787>

4. Введение в специальность программиста: Учебник / В.А. Гвоздева. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 208 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=398911>



Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.О.05 Машинное обучение

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Наука о Данных

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.