

---

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«25» мая 2026 г.  
Протокол № 2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Прикладная математика для машинного обучения»**

**Направление подготовки:** 02.04.01 Математика и компьютерные науки

**Направленность (профиль) подготовки:** Методы исследований в  
машинном обучении

**Квалификация (степень) выпускника:** магистр

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения программы:** 2 года

**Год набора:** 2026

**Москва  
2026**

## Содержание

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1. Краткая характеристика дисциплины (модуля) ..... | 3  |
| 2. Перечень планируемых результатов обучения.....   | 5  |
| 3. Тематический план.....                           | 8  |
| 4. Содержание дисциплины (модуля).....              | 8  |
| 5. Учебно-методическое обеспечение .....            | 9  |
| 6. Материально-техническое обеспечение .....        | 9  |
| 7. Методические и оценочные материалы .....         | 11 |

## **1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)**

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Прикладная математика для машинного обучения» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Методы исследований в машинном обучении, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Прикладная математика для машинного обучения» позволяет заложить прочный математический фундамент, необходимый для понимания, разработки и критической оценки современных алгоритмов машинного обучения. Дисциплина (модуль) формирует способность формулировать прикладные задачи на строгом математическом языке, что критически важно для исследовательской и инженерной деятельности в области искусственного интеллекта.

### **Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Методы исследований в машинном обучении и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) доступна к изучению на 2 курсе в 3 семестре.

**Цель изучения дисциплины (модуля):** формирование у обучающихся глубокого понимания математических основ машинного обучения и развитие навыков применения аппарата линейной алгебры, анализа, оптимизации и теории вероятностей для постановки, анализа и обоснования алгоритмов машинного обучения.

### **Задачи изучения дисциплины (модуля):**

- изучить ключевые концепции линейной алгебры, включая матричные разложения и спектральный анализ, и их применение в анализе данных;
- освоить методы многомерного анализа и построение градиентов сложных функций с использованием графов вычислений;
- научиться исследовать функции потерь на выпуклость и решать задачи оптимизации с ограничениями с помощью условий ККТ и метода Лагранжа;
- овладеть базовыми и стохастическими алгоритмами оптимизации, используемыми при обучении моделей;
- развить навыки применения теории вероятностей для вывода функций потерь и интерпретации моделей в байесовском контексте.

### **В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:**

#### **знать:**

- ключевые концепции линейной алгебры: матричную алгебру, системы уравнений и основные матричные и спектральные разложения;
- основы многомерного анализа и оптимизации: градиент, дифференциал, граф вычислений, условия выпуклости, условия ККТ для условной оптимизации;
- базовые и продвинутое алгоритмы оптимизации: методы оптимизации первого порядка, методы оптимизации второго порядка, стохастические методы оптимизации;

- основы теории вероятностей: случайные величины, основные законы распределения, математическое ожидание, дисперсию, формула Байеса.

***уметь:***

- выполнять матрично-тензорные вычисления и применять матричные разложения для решения задач анализа данных;
- вычислять производные сложных векторно-матричных функций с помощью аппарата дифференциалов и строить прямое и обратное распространение ошибки по графу вычислений;
- исследовать функции потерь на выпуклость и решать задачи оптимизации (безусловной и условной, включая формализм Лагранжа), обоснованно выбирая численные методы;
- применять теорию вероятностей: вычислять матожидания и ковариации, а также выводить стандартные функции потерь из вероятностных предположений.

***владеть:***

- навыками «векторизации» и тензорного дифференцирования для перевода алгоритмов в эффективные матричные операции и быстрого расчета градиентов;
- навыком математической постановки задач машинного обучения: способностью формулировать прикладные задачи как задачи математической оптимизации (с ограничениями или без) и интерпретировать их в вероятностных терминах;
- навыком аналитического обоснования алгоритмов машинного обучения с опорой на фундаментальные теоремы линейной алгебры, матанализа и теории вероятностей.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

| Компетенция | Содержание компетенции                                                                                                      | Индикатор компетенции | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                          |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-6.       | Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки | УК-6.1.               | Знает основные методы самооценки и анализа своей деятельности, а также принципы управления временем и целеполагания                                                                                                                                                       |
|             |                                                                                                                             | УК-6.2.               | Умеет ставить реалистичные и достижимые цели, определять приоритеты в своей деятельности, а также разрабатывать и внедрять планы по совершенствованию своих навыков и компетенций на основе полученной самооценки                                                         |
|             |                                                                                                                             | УК-6.3.               | Имеет практический опыт применения методов самооценки в своей профессиональной деятельности, включая участие в тренингах, семинарах и проектах, направленных на развитие личной эффективности и профессионального роста                                                   |
| ОПК-1.      | Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики               | ОПК-1.1.              | Знает современные методы прикладной математики и машинного обучения, а также программные средства анализа данных, применяемые в электронной коммерции для решения задач персонализации предложений, прогнозирования спроса и оптимизации пользовательского взаимодействия |
|             |                                                                                                                             | ОПК-1.2.              | Умеет выявлять и формализовать задачи области профессиональной деятельности в виде математических постановок, выбирать и применять                                                                                                                                        |

|       |                                                                                                                         |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                         |          | соответствующие методы и алгоритмы, интерпретировать полученные результаты и представлять их в форме, понятной специалистам различного профиля                                                                                                                                                                       |
|       |                                                                                                                         | ОПК-1.3. | Имеет практический опыт решения прикладных задач в сфере профессиональной деятельности, включая работу с реальными наборами данных, построение и оценку качества моделей машинного обучения, а также участие в проектной и исследовательской деятельности, направленной на повышение эффективности цифровых платформ |
| ПК-1. | Способен определять общие формы и закономерности методов исследований в машинном обучении                               | ПК-1.1.  | Знает основные теоретические концепции и принципы, относящиеся к методам исследований в машинном обучении, а также ключевые закономерности и модели, которые помогают в анализе и интерпретации данных                                                                                                               |
|       |                                                                                                                         | ПК-1.2.  | Умеет проводить систематический анализ области разработки, выявлять и формулировать общие закономерности и тенденции, а также применять методы исследования для получения новых знаний и понимания                                                                                                                   |
|       |                                                                                                                         | ПК-1.3.  | Имеет практический опыт работы в области исследований в машинном обучении, включая участие в научных проектах, исследованиях или практических заданиях, где были выявлены и описаны общие формы и закономерности                                                                                                     |
| ПК-3. | Способен решать задачи профессиональной деятельности, формулировать результат, увидеть следствия полученного результата | ПК-3.1.  | Знает основные принципы и методы решения задач профессиональной деятельности, а также способы формулирования и                                                                                                                                                                                                       |

|       |                                                                                                        |         |                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                        |         | представления результатов, включая анализ последствий и их значимость в контексте проекта                                                                                                                                      |
|       |                                                                                                        | ПК-3.2. | Умеет применять математические и компьютерные методы для решения конкретных задач, формулировать четкие и обоснованные результаты, а также анализировать их последствия для дальнейших действий и решений                      |
|       |                                                                                                        | ПК-3.3. | Имеет практический опыт в решении профессиональных задач, включая участие в проектах, где были получены результаты и проанализированы их следствия, что способствовало принятию обоснованных решений                           |
| ПК-6. | Способен разрабатывать программное обеспечение для решения прикладных задач в сфере машинного обучения | ПК-6.1. | Знает основные языки программирования, методы разработки программного обеспечения, а также принципы проектирования и архитектуры программных систем, применяемых в сфере машинного обучения                                    |
|       |                                                                                                        | ПК-6.2. | Умеет анализировать прикладные задачи, разрабатывать алгоритмы и реализовывать их в виде программного обеспечения, используя современные инструменты и технологии, а также проводить тестирование и отладку созданных решений  |
|       |                                                                                                        | ПК-6.3. | Имеет практический опыт разработки программного обеспечения в рамках реальных проектов, включая участие в командах, где были успешно реализованы решения для конкретных прикладных задач в сфере профессиональной деятельности |

### 3. Тематический план

| №<br>п/п                               | Наименование<br>раздела дисциплины<br>(модуля) | Трудоемкость, академические часы |                                           |          |                               | ТКУ<br>(текущий<br>контроль<br>успеваемости) |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|----------|-------------------------------|----------------------------------------------|
|                                        |                                                | Очная форма                      |                                           |          |                               |                                              |
|                                        |                                                | Аудиторная работа                |                                           | Контроль | Самостояте<br>льная<br>работа |                                              |
|                                        |                                                | Лекции                           | Семинары<br>(практичес<br>кие<br>занятия) |          |                               |                                              |
| 1                                      | Линейная алгебра                               | 8                                | 8                                         |          | 35                            | Домашнее задание                             |
| 2                                      | Математический анализ                          | 15                               | 15                                        |          | 56                            | Домашнее задание                             |
| 3                                      | Теория вероятностей                            | 7                                | 7                                         |          | 35                            | Домашнее задание                             |
|                                        | Зачет с оценкой                                |                                  |                                           | 4        |                               |                                              |
| Итого:                                 |                                                | 30                               | 30                                        | 4        | 126                           |                                              |
| Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)   |                                                | 190                              |                                           |          |                               |                                              |
| Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.) |                                                | 5                                |                                           |          |                               |                                              |

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

| №п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Содержание дисциплины (модуля) по темам                                                                                                                                                                                                                          |
|------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Линейная алгебра                         | Матрицы и вектора<br>Матрицы и вектора<br>Решение системы линейных уравнений<br>Матричные разложения                                                                                                                                                             |
| 2    | Математический анализ                    | Производная и градиент<br>Выпуклый анализ<br>Дифференциал<br>Методы выпуклой оптимизации<br>Продвинутые методы выпуклой оптимизации<br>Граф вычислений<br>Тензорные вычисления с помощью дифференциалов<br>Адаптивные методы оптимизации<br>Условная оптимизация |
| 3    | Теория вероятностей                      | Основы теории вероятностей<br>Теория вероятностей в машинном обучении                                                                                                                                                                                            |

## 5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### *Основная литература:*

1. Математический анализ : учебное пособие / О.И. Воронин, В. А. Жулего, С. М. Демидов [и др.]. ; под ред. А. М. Попова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 224 с. - ISBN 978-5-9729-1720-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2171787>.

2. Канарейкин, А. И. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник / А. И. Канарейкин. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 136 с. - ISBN 978-5-9729-1976-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2171810>.

### *Дополнительная литература:*

1. Линейная алгебра : учебное пособие / О. И. Воронин, В. А. Жулего, С. М. Демидов [и др.]. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 176 с. - ISBN 978-5-9729-1556-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2094434>.

## 6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, Электронный документ

оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

| №  | Наименование портала<br>(издания, курса, документа)                            | Ссылка                                                                          |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека                          | <a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a> |
| 2. | База данных для IT-специалистов                                                | <a href="https://habr.com">https://habr.com</a>                                 |
| 3. | База данных ScienceDirect                                                      | <a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a>       |
| 4. | Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации | <a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>           |
| 5. | Федеральный портал «Российское образование»                                    | <a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>                           |
| 6. | Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"        | <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                       |
| 7. | Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов                             | <a href="http://school-collection.edu.ru/">http://school-collection.edu.ru/</a> |
| 8. | Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов                     | <a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>                         |

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

| Наименование ПО                                                  | Производство  | Лицензионное / свободно распространяемое |
|------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| <b>Операционные системы:</b>                                     |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Windows Client, Server)                       | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Браузеры:</b>                                                 |               |                                          |
| Яндекс.Браузер                                                   | отечественное | свободно распространяемое                |
| Google Chrome                                                    | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Офисные приложения:</b>                                       |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Visio, OneNote)                               | зарубежное    | лицензионное                             |
| TeXstudio                                                        | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| Adobe Acrobat Reader                                             | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Программное обеспечение для планирования и учета времени:</b> |               |                                          |
| Toggle app                                                       | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Системы управления проектами:</b>                             |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Project)                                      | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Системы управления базами данных:</b>                         |               |                                          |
| Microsoft Imagine (SQL Server)                                   | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Системы резервного копирования (backup):</b>                  |               |                                          |

|                                                                     |               |                           |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------|
| Acronis Backup Advanced for HyperV                                  | зарубежное    | лицензионное              |
| <b>Справочно-правовые системы:</b>                                  |               |                           |
| КонсультантПлюс: справочно-правовая система                         | отечественное | лицензионное              |
| <b>Средства антивирусной защиты:</b>                                |               |                           |
| Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition | отечественное | лицензионное              |
| <b>Среды разработки:</b>                                            |               |                           |
| Visual Studio Code                                                  | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Bash (Unix shell)                                                   | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Anaconda                                                            | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Robotic Operating System                                            | зарубежное    | свободно распространяемое |
| CopelliaSim                                                         | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Google Colaboratory                                                 | зарубежное    | свободно распространяемое |
| <b>Пакеты программных средств и библиотек:</b>                      |               |                           |
| AutoPsy                                                             | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Interactive Disassembler (IDA)                                      | зарубежное    | свободно распространяемое |
| <b>Системы управления библиографической информацией:</b>            |               |                           |
| Zotero                                                              | зарубежное    | свободно распространяемое |
| <b>Сервисы и службы:</b>                                            |               |                           |
| Bind                                                                | зарубежное    | свободно распространяемое |
| Docker                                                              | зарубежное    | свободно распространяемое |

## 7. Методические и оценочные материалы

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

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Прикладная математика для машинного обучения» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, коллоквиум, тест, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

*Лекция* – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

*Семинар* – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой

Электронный документ

занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

*Домашнее задание* – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал, использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

*Бонусные баллы* — это оценки, которые студенты могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Формат бонусных баллов позволяет студентам улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

*Самостоятельная работа* – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

### **Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

**Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Прикладная математика для машинного обучения»**

Оценивание уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачета с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                    | Отлично             | Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину (модуль). Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. |
| 9                     | Отлично             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 8                     | Отлично             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                     | Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7                     | Хорошо              | Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами. |
| 6                     | Хорошо              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5                     | Удовлетворительно   | Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4                     | Удовлетворительно   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3                     | Не сдан             | Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2                     | Не сдан             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1                     | Не сдан             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Дисциплина (модуль) «Прикладная математика для машинного обучения» оценивается следующим образом:

| Активность       | Вес | Количество | Описание                                                                                                               |
|------------------|-----|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Домашние задания | 90% | 15         | Набор задач по темам недели                                                                                            |
| Зачет с оценкой  | 10% | 1          | Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю) |

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Прикладная математика для машинного обучения»:**  $\langle 0,9 \times \text{Среднее за домашние задания} + 0,1 \times \text{Зачет с оценкой} \rangle$ .

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

## Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

### Примерные домашние задания

#### Домашнее задание 1. Матричные разложения и анализ данных

1. Дан набор векторов данных (матрица  $10 \times 3$ ).
2. Найдите среднее по каждому признаку и центрируйте данные.
3. Вычислите ковариационную матрицу.
4. Проведите сингулярное разложение (SVD) и выделите главные компоненты.
5. Объясните, какое количество компонент достаточно для объяснения 90% дисперсии.
6. Оформите решение с пояснением смысла SVD в контексте понижения размерности.

#### Домашнее задание 2. Вычисление градиентов с помощью дифференциалов

1. Рассмотрите функцию потерь линейной регрессии:  $L(w) = \|Xw - y\|^2$ .
2. Найдите дифференциал  $dL$  и выразите градиент  $\nabla_w L$ .
3. Повторите для логистической регрессии:  $L(w) = -\sum [y_i \log \sigma(x_i^T w)]$ .
4. Постройте граф вычислений для одного шага прямого и обратного распространения.
5. Оформите решение с пояснением связи дифференциала и градиента.

#### Домашнее задание 3. Выпуклость и оптимизация

1. Исследуйте на выпуклость функцию:  $f(x) = x^T A x + b^T x + c$ , где  $A$  — симметричная матрица.
2. При каких условиях на  $A$  функция выпукла? строго выпукла?
3. Запишите условия первого и второго порядка экстремума.
4. Решите задачу минимизации без ограничений аналитически.
5. Оформите выводы о связи спектра матрицы и свойств функции.

#### Домашнее задание 4. Условная оптимизация и множители Лагранжа

1. Решите задачу: минимизировать  $f(x) = x_1^2 + x_2^2$  при условии  $2x_1 + x_2 = 3$ .
2. Постройте функцию Лагранжа.
3. Найдите стационарные точки, проверьте условия ККТ.
4. Проинтерпретируйте решение геометрически.
5. Оформите решение с пояснением смысла множителей Лагранжа.

#### Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| № п/п | Задание                                                                                                           | Ответ                                                                  | Компетенция |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.    | Какую математическую модель применить для разложения матрицы на ортогональные компоненты при исследовании данных? | Сингулярное разложение (SVD) как математическая модель                 | ПК-3        |
| 2.    | Как интерпретировать наибольшее собственное значение ковариационной матрицы при анализе дисперсии?                | Направление наибольшей дисперсии как результат математического анализа | ПК-6        |

|     |                                                                                                                     |                                                                                  |       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 3.  | Как решить задачу снижения размерности данных с сохранением максимальной дисперсии в профессиональной деятельности? | Метод главных компонент (РСА) как решение профессиональной задачи                | ПК-3  |
| 4.  | Какой математический метод использовать для нахождения главных компонент в РСА?                                     | Собственные векторы ковариационной матрицы как математический метод              | ПК-3  |
| 5.  | Как сформулировать математическую модель ковариационной матрицы для анализа признаков?                              | Матрица парных ковариаций признаков как математическая модель                    | ПК-3  |
| 6.  | Как применить граф вычислений для анализа последовательности операций в профессиональной задаче?                    | Граф вычислений как инструмент анализа модели                                    | ОПК-1 |
| 7.  | Как решить задачу объединения данных из нескольких источников в профессиональной деятельности?                      | JOIN в SQL или слияние таблиц как решение задачи интеграции данных               | ПК-6  |
| 8.  | Какую математическую характеристику использовать для оценки разброса случайной величины?                            | Дисперсия как мера разброса относительно среднего                                | ОПК-1 |
| 9.  | Как применить принцип максимизации правдоподобия для оценки параметров модели?                                      | Поиск параметров, максимизирующих вероятность данных как метод решения           | ОПК-1 |
| 10. | Как оценить неопределённость предсказаний модели в профессиональной задаче?                                         | Бутстрап или байесовские методы как решение задачи оценки неопределённости       | ОПК-1 |
| 11. | Как организовать совместную работу над кодом для повышения личной эффективности в команде?                          | Git / система контроля версий как инструмент организации деятельности            | ПК-1  |
| 12. | Как сформулировать результат оценки качества модели классификации для отчёта?                                       | Метрика качества (accuracy, F1) как форма представления результата               | ПК-1  |
| 13. | Как спланировать согласование структуры данных в команде для эффективной работы?                                    | Создание общей документации или словаря данных как план организации деятельности | ПК-1  |
| 14. | Как применить метод агрегации данных по группам для решения профессиональной задачи?                                | GROUP BY в SQL как метод решения задачи агрегации                                | ПК-1  |

|     |                                                                                                    |                                                                               |      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 15. | Какую математическую операцию выполнить для приведения признаков к одному масштабу?                | Нормализация признаков как математическая операция предобработки              | ПК-6 |
| 16. | Как выявить выбросы в данных для обеспечения качества анализа в профессиональной деятельности?     | Анализ квартилей, z-оценок или визуализация как решение задачи очистки данных | УК-6 |
| 17. | Какую математическую визуализацию выбрать для представления распределения признака?                | Гистограмма или boxplot как метод математической визуализации                 | ПК-6 |
| 18. | Как применить метод разделения данных для оценки качества модели в профессиональной задаче?        | Случайное разбиение (train-test split) как метод решения задачи валидации     | УК-6 |
| 19. | Как определить цели и задачи проекта через документацию для планирования собственной деятельности? | Техническое задание или README как инструмент целеполагания                   | УК-6 |
| 20. | Как использовать оконную функцию в SQL для решения задачи анализа групп строк?                     | Функция вычисления значения по окну как метод решения профессиональной задачи | УК-6 |