

---

**УТВЕРЖДЕНА**

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

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)»**

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

**Направленность (профиль) подготовки:** Машинное обучение в  
электронной коммерции

**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.....                           | 7  |
| 4. Содержание дисциплины (модуля).....              | 7  |
| 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) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Машинное обучение в электронной коммерции, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)» позволяет студентам получить практические навыки, необходимые для успешной интеграции машинного обучения в бизнес-процессы, что критически важно для достижения конкурентных преимуществ. Кроме того, оно способствует пониманию вызовов и решений, связанных с масштабированием и поддержкой ML-моделей в условиях реального времени.

### **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 Машинное обучение в электронной коммерции и входит в обязательную часть Блока 1.

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 3 семестре.

**Цель изучения дисциплины (модуля):** освоение студентами методов и практик внедрения, развертывания и поддержки моделей машинного обучения в реальных производственных системах.

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

- научиться обеспечивать повторяемость результатов экспериментов в машинном обучении через систематизацию процессов;
- освоить последовательность стадий создания и эксплуатации моделей машинного обучения в реальных условиях;
- разработать навыки организации хранения и контроля версий данных для эффективного обучения моделей;
- изучить различия в подходах к обучению и развертыванию моделей в оффлайн и онлайн режимах;
- приобрести умения по адаптации моделей машинного обучения для работы в масштабируемых системах.

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

#### **знать:**

- как обеспечить воспроизводимость в машинном обучении;
- основные этапы жизненного цикла моделей;
- как устроен процесс управления данными для обучения, включая версионирование и обеспечение качества;
- отличия между оффлайн и онлайн моделями и как планировать задачи для их обучения и внедрения;
- как подготовить модели машинного обучения к масштабированию.

#### **уметь:**

- организовывать трекинг кода и результатов экспериментов;

- работать с пайплайнами обработки данных и обучения моделей;
- деплоить модели;
- автоматизировать процесс обучения и деплоя модели;
- разрабатывать тесты для проверки качества моделей и настраивать мониторинг для контроля их работы.

***владеть:***

- навыком выстраивания MLOps процесса (внедрение и поддержка работы моделей машинного обучения в продакшне);
- навыком работы с MLOps инструментами.

## 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)                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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-2.       | Способен разрабатывать, реализовывать и сопровождать программные и алгоритмические решения на                 | ПК-2.1.               | Знает современные языки программирования, методы проектирования программных систем, архитектурные                                                                                                                                                                                                                    |

|       |                                                                                                                                |         |                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | основе машинного обучения в индустриальной среде                                                                               |         | подходы к построению сервисов машинного обучения, а также принципы обеспечения их надежности и масштабируемости                                                                                                       |
|       |                                                                                                                                | ПК-2.2. | Умеет разрабатывать алгоритмы и программные решения для задач машинного обучения, осуществлять их интеграцию в информационные системы электронной коммерции, проводить тестирование и валидацию разработанных решений |
|       |                                                                                                                                | ПК-2.3. | Имеет практический опыт участия в разработке и внедрении программных решений на основе машинного обучения в рамках проектной или профессиональной деятельности                                                        |
| ПК-3. | Способен осуществлять анализ, интерпретацию и оценку результатов применения методов машинного обучения в электронной коммерции | ПК-3.1. | Знает методы статистического анализа, принципы построения и оценки качества моделей, подходы к проведению экспериментальных исследований и проверке статистических гипотез                                            |
|       |                                                                                                                                | ПК-3.2. | Умеет проводить анализ данных и результатов моделирования, интерпретировать полученные результаты с учетом целей и показателей эффективности деятельности организации                                                 |
|       |                                                                                                                                | ПК-3.3. | Имеет практический опыт проведения аналитических исследований и подготовки обоснованных выводов и рекомендаций для принятия управленческих решений                                                                    |

### 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                                         | Машинное обучение в<br>индустрии. Базовые<br>инструменты<br>инженера машинного<br>обучения  | 3                                | 3                                         |          | 16                            | Домашние<br>задания<br>Проект                |
| 2                                         | Работа с данными в<br>машинном обучении и<br>трекинг<br>экспериментов<br>машинного обучения | 4                                | 4                                         |          | 17                            | Домашние<br>задания<br>Проект                |
| 3                                         | Подготовка моделей<br>машинного обучения<br>к деплою                                        | 4                                | 4                                         |          | 17                            | Домашние<br>задания<br>Проект                |
| 4                                         | Мониторинг                                                                                  | 4                                | 4                                         | 4        | 17                            | Проект                                       |
| 5                                         | Автоматизация<br>обучения и деплоя<br>моделей машинного<br>обучения                         | 5                                | 5                                         |          | 17                            | Домашние<br>задания<br>Проект                |
| 6                                         | Масштабирование и<br>отказоустойчивость<br>приложений<br>машинного обучения                 | 5                                | 5                                         |          | 19                            | Домашние<br>задания<br>Проект                |
| 7                                         | LLMOps                                                                                      | 5                                | 5                                         |          | 19                            | Домашние<br>задания<br>Проект                |
|                                           | Зачет с оценкой                                                                             |                                  |                                           | 4        |                               | Творческое<br>задание                        |
| Итого:                                    |                                                                                             | 30                               | 30                                        | 8        | 122                           |                                              |
| Объем дисциплины (модуля)<br>(в ак. ч.)   |                                                                                             | 190                              |                                           |          |                               |                                              |
| Объем дисциплины (модуля)<br>(в зач. ед.) |                                                                                             | 5                                |                                           |          |                               |                                              |

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

| №п/п | Наименование раздела дисциплины<br>(модуля)                                          | Содержание дисциплины (модуля) по темам |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1    | Машинное обучение в индустрии.<br>Базовые инструменты инженера<br>машинного обучения | Введение. Инструменты разработки.       |

|   |                                                                                 |                                                                                                                                                   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Работа с данными в машинном обучении и трекинг экспериментов машинного обучения | Работа с данными в машинном обучении<br>Трекинг экспериментов машинного обучения и воспроизводимость                                              |
| 3 | Подготовка моделей машинного обучения к деплою                                  | Деплой моделей машинного обучения. Часть 1.<br>Деплой моделей машинного обучения. Часть 2.                                                        |
| 4 | Мониторинг                                                                      | Мониторинг. Часть 1: стандартные инструменты<br>Мониторинг. Часть 2: специфичные инструменты                                                      |
| 5 | Автоматизация обучения и деплоя моделей машинного обучения                      | Автоматизация пайплайна обучения моделей.<br>CI/CD для машинного обучения.                                                                        |
| 6 | Масштабирование и отказоустойчивость приложений машинного обучения              | Масштабирование и отказоустойчивость приложений машинного обучения.                                                                               |
| 7 | LLMOps                                                                          | Индустриальное использование больших языковых моделей.<br>ИИ Агенты в индустрии.<br>Мониторинг и контроль использования больших языковых моделей. |

## 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. Лакшманан, В. Машинное обучение. Паттерны проектирования : практическое пособие / В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-9775-6797-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2140204>.

2. Григорьев, А. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов : практическое руководство / А. Григорьев. - Санкт-Петербург : Питер, 2023. - 496 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-4461-1978-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2123375>.

### *Дополнительная литература:*

1. Кацов, И. Машинное обучение для бизнеса и маркетинга : практическое руководство / И. Кацов. - Санкт-Петербург : Питер, 2019. - 512 с. - (Серия «IT для бизнеса»). - ISBN 978-5-4461-0926-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1783938>.

2. Гифт, Н. Прагматичный ИИ. Машинное обучение и облачные технологии : практическое руководство / Н. Гифт. - Санкт-Петербург : Питер, 2019. - 304 с. - (Серия «Для профессионалов»). - ISBN 978-5-4461-1061-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1760806>.

## 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:

Электронный документ

- 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, 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) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, проекты, творческое задание, 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 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.

*Творческое задание* — это форма учебной деятельности, где студенты самостоятельно разрабатывают оригинальные проекты, интегрируя математические методы и компьютерные технологии для решения нестандартных задач и демонстрации инновационного мышления.

Для успешного выполнения творческого задания рекомендуется глубоко исследовать тему, экспериментировать с различными подходами и документировать процесс, чтобы не только решить задачу, но и представить результаты в виде отчета или презентации, подчеркивающей креативность и практическую применимость.

*Проект* – исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов.

Для успешной подготовки к проекту: четко определите цели и задачи проекта, распределите роли и обязанности между участниками, а также установите сроки выполнения каждой части работы. Регулярно проводите встречи для обсуждения прогресса и решения возникающих вопросов.

*Бonusные 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) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)»

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 syllabus дисциплины:

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Оценка за зачет | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                    | Отлично             | Зачтено         | 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. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами. |
| 9                     | Отлично             | Зачтено         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8                     | Отлично             | Зачтено         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7                     | Хорошо              | Зачтено         | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6                     | Хорошо              | Зачтено         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Оценка за зачет | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|---------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                     |                 | 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. |
| 5                     | Удовлетворительно   | Зачтено         | 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   | Зачтено         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3                     | Не сдан             | Не зачтено      | Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.                                                                                                                                                                              |
| 2                     | Не сдан             | Не зачтено      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1                     | Не сдан             | Не зачтено      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Дисциплина (модуль) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)» оценивается следующим образом:

|                  |     |    |                                                                                                                                             |
|------------------|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Домашние задания | 60% | 1  | Набор задач по темам недели                                                                                                                 |
| Проекты          | 30% | 15 | Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов                                                                   |
| Зачет с оценкой  | 10% | 1  | Творческое задание – форма учебной деятельности, где студентам предлагается разработать оригинальный проект или решить нестандартную задачу |

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

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения (Production ML)»:**  $0,6 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,3 \times \text{среднее за проекты} + 0,1 \times \text{зачет с оценкой}$ .

## Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

### Примерные домашние задания

#### Домашнее задание 1. Пайплайн данных и трекинг экспериментов

Разверните локальное окружение для ML-разработки. Настройте систему версионирования данных (например, DVC) для датасета и систему трекинга экспериментов (например, MLflow). Обучите базовую модель, логируя параметры, метрики и артефакты. Реализуйте проверку на дрейф данных между тренировочной и валидационной выборками с расчетом метрики PSI. Предоставьте ссылку на репозиторий и скриншоты дашборда экспериментов.

#### Домашнее задание 2. Деплой, мониторинг и автоматизация (MLOps)

Упакуйте обученную модель в Docker-контейнер и разверните как REST API сервис. Настройте CI/CD пайплайн для автоматического тестирования и деплоя при изменении кода. Внедрите систему мониторинга производительности (латентность, RPS) и качества модели (дрейф признаков). Реализуйте стратегию Canary-депоя для безопасного обновления версии модели в продакшене.

#### Домашнее задание 3. LLMOps и агентные системы

Разработайте прототип RAG-системы на основе открытой большой языковой модели. Настройте векторную базу данных для хранения контекста. Реализуйте мониторинг специфичных метрик для LLM (стоимость токенов, уровень галлюцинаций, задержка генерации). Внедрите защитные механизмы (Guardrails) для предотвращения инъекции промптов и утечки чувствительных данных.

### Примерное описание задания и критерии оценивания к проектам

#### Проект: Внедрение модели классификации в API

**Описание:** Разработка и деплой модели бинарной классификации (например, спам/не спам) с предоставлением доступа через REST API.

##### Задание:

1. Выбрать датасет (например, SMS Spam Collection).
2. Обучить модель (логистическая регрессия, Random Forest и т.п.).
3. Сохранить модель (pickle или joblib).
4. Создать API с FastAPI или Flask.
5. Упаковать приложение в Docker-контейнер.
6. Настроить логирование запросов и ответов.
7. Протестировать API с помощью curl или Postman.
8. Подготовить README с инструкцией по запуску.

##### Критерии оценивания:

- Реализовано обучение и сохранение модели
- API работает, принимает JSON, возвращает предсказание
- Контейнеризация через Docker
- Есть логирование и обработка ошибок
- Документация и воспроизводимость
- Тестирование и демонстрация

#### Проект: Автоматизация ML-пайплайна с MLflow и Airflow

**Описание:** Создание автоматизированного пайплайна обучения модели с трекингом экспериментов и оркестрацией.

**Задание:**

1. Использовать MLflow для логирования: параметров, метрик, модели.
2. Написать скрипты: загрузка данных → предобработка → обучение → валидация.
3. Оркестрировать выполнение с помощью Apache Airflow (DAG).
4. Настроить запуск по расписанию (например, ежедневно).
5. Добавить проверку качества данных (на пропуски, типы).
6. Сохранить лучшую модель в реестре MLflow.
7. Подготовить отчёт о лучших экспериментах.

**Критерии оценивания:**

- Использование MLflow для трекинга и реестра
- Работающий DAG в Airflow
- Проверка данных и обработка ошибок
- Автоматизация и расписание
- Отчёт и документация

**Проект: Мониторинг дрейфа данных в ML-системе**

**Описание:**

Разработка системы обнаружения дрейфа данных после деплоя модели.

**Задание:**

1. Обучить модель на тренировочных данных.
2. Сэмплировать "продовые" данные с изменённым распределением.
3. Реализовать проверку дрейфа (с помощью Evidently, NannyML или вручную — сравнение статистик).
4. Настроить уведомление (логирование или print-сообщение при дрейфе).
5. Визуализировать распределения (до/после).
6. Интегрировать проверку в инференс-пайплайн.
7. Документировать пороги срабатывания.

**Критерии оценивания:**

- Корректная реализация детекции дрейфа
- Визуализация и интерпретация
- Интеграция в пайплайн
- Настройка уведомлений
- Документация и воспроизводимость

**Примерное описание задания и критерии оценивания к творческому заданию**

Проектирование системы на основе LLM для автоматизации клиентской поддержки

**Описание задания:** Студент разрабатывает концепцию системы, использующей большую языковую модель (например, Llama 3, GPT) для обработки обращений клиентов.

**Задание:**

1. Опишите бизнес-задачу: автоматизация ответов на частые вопросы.
2. Выберите архитектуру: RAG (Retrieval-Augmented Generation) или fine-tuning.
3. Определите источник знаний (база FAQ, документы).
4. Спроектируйте схему: пользователь → чат-бот → RAG → LLM → ответ.

5. Укажите меры контроля: фильтрация токсичности, проверка на РП, ограничение длины.
6. Опишите мониторинг: логирование, оценка качества ответов, метрики задержки.
7. Предложите способ масштабирования (например, Kubernetes).
8. Оформите в виде схемы и текстового описания (1–2 стр.).

**Критерии оценивания:**

- Чёткость и актуальность задачи
- Обоснованность выбора архитектуры
- Учёт безопасности и контроля
- Продуманность мониторинга и масштабирования
- Качество схемы и оформления

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

| № п/п | Задание                                                      | Ответ                                                                                      | Компетенция |
|-------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.    | Что такое MLflow?                                            | Инструмент для трекинга экспериментов, управления моделями и деплоя                        | ОПК-1       |
| 2.    | Для чего используется Docker в ML?                           | Для упаковки модели и зависимостей в изолированный контейнер                               | ПК-2        |
| 3.    | Что такое RAG в LLMops?                                      | Retrieval-Augmented Generation — генерация с подтягиванием контекста из внешних источников | ПК-3        |
| 4.    | Как проверить дрейф данных?                                  | Сравнением статистик распределений признаков на train и prod                               | ПК-2        |
| 5.    | Что такое CI/CD для ML?                                      | Автоматизация тестирования, обучения и деплоя моделей                                      | ОПК-1       |
| 6.    | Какой инструмент используется для оркестрации ML-пайплайнов? | Apache Airflow                                                                             | ПК-3        |
| 7.    | Что входит в этап inference?                                 | Получение предсказания модели на новых данных                                              | ПК-2        |
| 8.    | Зачем нужен мониторинг задержки модели?                      | Чтобы отслеживать производительность и пользовательский опыт                               | ПК-3        |
| 9.    | Что такое модельный реестр?                                  | Хранилище зарегистрированных и версионированных моделей                                    | ОПК-1       |
| 10.   | Как упаковать модель для деплоя?                             | Сохранить с помощью pickle, joblib или MLflow models                                       | ПК-2        |
| 11.   | Что такое Evidently AI?                                      | Инструмент для мониторинга качества и дрейфа данных в ML                                   | ПК-3        |
| 12.   | Как защитить LLM от генерации персональных данных?           | Настроить фильтрацию РП и использовать промпт-инжиниринг                                   | ПК-3        |

|     |                                               |                                                            |       |
|-----|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------|
| 13. | Что такое batch inference?                    | Обработка большого объёма данных пакетами                  | ПК-2  |
| 14. | Как проверить воспроизводимость эксперимента? | Зафиксировать версии кода, данных, зависимостей и seed     | ОПК-1 |
| 15. | Что такое feature store?                      | Централизованное хранилище признаков для ML                | ПК-3  |
| 16. | Как настроить алерт при падении модели?       | Через систему мониторинга (Prometheus + Alertmanager)      | ПК-3  |
| 17. | Что делает FastAPI в ML-системе?              | Предоставляет REST-интерфейс для доступа к модели          | ПК-2  |
| 18. | Зачем нужен .dockerignore?                    | Чтобы исключить ненужные файлы из образа и ускорить сборку | ОПК-1 |
| 19. | Что такое A/B тестирование моделей?           | Сравнение двух версий модели на реальных данных            | ПК-2  |
| 20. | Как отследить ухудшение качества модели?      | Через мониторинг метрик (точность, F1) и дрейфа данных     | ПК-3  |