

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«24» июня 2025 г.  
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Production ML (Машинное обучение в продакшене)»**

**Направление подготовки:** 38.03.05 Бизнес-информатика

**Направленность (профиль) подготовки:** Бизнес-аналитика

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения программы:** 4 года

**Год набора:** 2025

**Москва  
2025**

## Содержание

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

## 1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Production ML (Машинное обучение в продакшене)» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по специальности 38.03.05 Бизнес-информатика, профиль Бизнес-аналитика, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 838 от 29.07.2020 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Production ML (Машинное обучение в продакшене)» 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 бакалавриата по направлению 38.03.05 Бизнес-информатика, профиль Бизнес-аналитика и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 или 4 курсе в 5 или 7 семестре на выбор. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплин (модулей): «Machine Learning (Машинное обучение)», «Основы промышленной разработки».

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

### Задачи изучения дисциплины (модуля):

— обеспечение воспроизводимости в машинном обучении через фиксацию параметров и документацию, управление жизненным циклом моделей;

— подготовка ML-моделей к масштабированию;

— внедрения и поддержки работы ML моделей в продакшене.

### 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 их лейблинг, версионирование и обеспечение качества;

— отличие между оффлайн и онлайн моделями и как планировать задачи для их обучения и внедрения;

#### **уметь:**

— подготовить ML модели к масштабированию;

— 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 внедрения и поддержки работы ML моделей в продакшене;

— 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)   |
|-------------|--|-----------------------|--|
| УК-1.       | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач   | УК-1.1.               | Знает методы поиска и анализа информации в области аналитики, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности.   |
|             |  | УК-1.2.               | Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем |
|             |  | УК-1.3.               | Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации         |
| ОПК-2.      | Способен проводить исследование и анализ рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий, выбирать рациональные решения для управления бизнесом  | ОПК-2.1.              | Знает основные тенденции и характеристики рынка информационных систем и информационно-коммуникационных технологий  |
|             |  | ОПК-2.2.              | Умеет проводить исследование и анализ рыночной информации для оценки потребностей бизнеса и выбора оптимальных решений   |
|             |  | ОПК-2.3.              | Имеет практический опыт в разработке и внедрении стратегий управления бизнесом на основе анализа рынка информационных технологий   |
| ПК-2.       | Способен использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования для решения задач профессиональной деятельности | ПК-2.1.               | Знает основные математические методы и инструментальные средства, применяемые для обработки и анализа информации   |
|             |  | ПК-2.2.               | Умеет эффективно использовать математический аппарат для систематизации данных и решения профессиональных задач  |
|             |  | ПК-2.3.               | Имеет практический опыт работы с инструментами анализа информации в рамках исследовательских проектов  |
| ПК-3.       | Способен готовить научно-технические отчеты,   | ПК-3.1.               | Знает требования и стандарты оформления научно-технических   |

|      |  |         |  |
|------|--|---------|--|
|      | презентации, научные публикации по результатам выполненных исследований  |         | отчетов, презентаций и публикаций  |
|      |  | ПК-3.2. | Умеет структурировать и представлять результаты исследований в ясной и доступной форме                             |
|      |  | ПК-3.3. | Имеет практический опыт подготовки и публикации научных материалов, отражающих результаты выполненных исследований |
| ПК-8 | Способен под руководством специалиста более высокой категории осуществлять планирование и организацию проектной деятельности на основе стандартов управления проектами | ПК-8.1. | Знает принципы и стандарты управления проектами  |
|      |  | ПК-8.2. | Умеет разрабатывать планы и организовывать проектную деятельность в соответствии с установленными стандартами      |
|      |  | ПК-8.3. | Имеет практический опыт участия в проектной работе, включая планирование и координацию задач                       |

### 3. Тематический план

| №п/п  | Наименование раздела дисциплины (модуля)         | Трудоемкость, академические часы |           |          |                        | ТКУ (текущий контроль успеваемости) |
|---|--|----------------------------------|-----------|----------|------------------------|-------------------------------------|
|   |  | <i>Очная форма</i>               |           |          |                        |                                     |
|   |  | Контактная работа                |           | Контроль | Самостоятельная работа |                                     |
| Лекции  | Семинар  |                                  |           |          |                        |                                     |
| 1   | ML в индустрии. Базовые инструменты ML инженера  | 4                                | 4         |          | 18                     | Домашние задания                    |
| 2   | Работа с данными в ML и трекинг ML экспериментов | 4                                | 4         |          | 18                     | Домашние задания                    |
| 3   | Подготовка ML моделей к деплою                   | 4                                | 4         |          | 18                     | Домашние задания                    |
| 4   | Тестирование и мониторинг                        | 4                                | 4         |          | 18                     | Домашние задания                    |
| 5   | Автоматизация обучения и деплоя ML моделей       | 4                                | 4         |          | 18                     | Домашние задания                    |
| 6   | LLMOps   | 4                                | 4         |          | 20                     | Домашние задания<br>Стресс-тест     |
| 7   | Контейнеризация ML-приложений                    | 4                                | 4         |          | 20                     | Домашние задания                    |
|   | <i>Зачет с оценкой</i>                           |                                  |           | 4        |                        | Проект                              |
| <b>Итого:</b>                                 |  | <b>28</b>                        | <b>28</b> | <b>4</b> | <b>130</b>             |                                     |
| <b>Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)</b>   |  | <b>190</b>                       |           |          |                        |                                     |
| <b>Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)</b> |  | <b>5</b>                         |           |          |                        |                                     |

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

| №п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)         | Содержание дисциплины (модуля) по темам  |
|------|--|--|
| 1    | ML в индустрии. Базовые инструменты ML инженера  | Введение. Инструменты разработки (часть 1). Инструменты разработки (часть 2)   |
| 2    | Работа с данными в ML и трекинг ML экспериментов | Работа с данными в ML. Трекинг ML-экспериментов и воспроизводимость  |
| 3    | Подготовка ML моделей к деплою                   | Деплой ML-моделей  |
| 4    | Тестирование и мониторинг                        | Тестирование и валидация кода. Мониторинг (часть 1): стандартные инструменты. Мониторинг (часть 2): ML-специфичные инструменты |
| 5    | Автоматизация обучения и деплоя ML моделей       | Использование CI/CD для ML проектов. Автоматизация пайплайна обучения моделей  |
| 6    | LLMOps   | LLMOps   |
| 7    | Контейнеризация ML-приложений                    | Контейнеризация ML-приложений  |

## 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.

### *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>.

3. 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>.

4. 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>.

### *Дополнительная литература:*

1. Дьяконов, А.Г. Машинное обучение и анализ данных / А.Г. Дьяконов. — URL: [https://github.com/Dyakov/MLDM\\_BOOK/blob/main/README.md](https://github.com/Dyakov/MLDM_BOOK/blob/main/README.md).

2. Стружкин, Н. П. Базы данных: проектирование. Практикум : учебник для вузов / Н. П. Стружкин, В. В. Годин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00739-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561215>.

## 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, 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):

|    | <b>Наименование портала<br/>(издания, курса, документа)</b>                    | <b>Ссылка</b>   |
|----|--|---|
| 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:

| <b>Наименование ПО</b>   | <b>Производство</b> | <b>Лицензионное / свободно распространяемое</b> |
|--|---------------------|---|
| <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) «Production ML (Машинное обучение в продакшене)» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, стресс-тест, проект, 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.

*Участие в семинаре (практическом занятии)* – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

*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.

*Тест* – особая форма проверки знаний. Проводится после освоения одной или нескольких тем и свидетельствует о качестве понимания основных понятий изучаемого материала. Тестовые задания составлены к ключевым понятиям, основным разделам, важным терминологическим категориям изучаемой дисциплины (модуля).

Для подготовки к тесту необходимо знать терминологический аппарат дисциплины (модуля), понимать смысл научных категорий и уметь их использовать в профессиональной лексике. Владение понятийным аппаратом, включённым в тестовые задания, позволяет преподавателю быстро проверить уровень понимания студентами важных методологических категорий.

*Проект* – исследовательская работа по курсу 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.

*Стресс-тест* — это способ проверки системы, как она ведёт себя в экстремальных условиях, которые значительно превышают обычную нагрузку или выходят за рамки обучающих сценариев.

Для подготовки к стресс-тесту начните с определения сценариев тестирования, включая крайние случаи (например, шумные данные, перегрузки или adversarial атаки), и соберите соответствующие тестовые наборы данных. Разработайте метрики оценки, такие как точность, время отклика и устойчивость к ошибкам, и настройте инфраструктуру для симуляции условий стресса, используя инструменты вроде TensorFlow Model Analysis или PyTorch. Проведите предварительные тесты на меньших масштабах, документируйте результаты и итеративно улучшайте модель, чтобы минимизировать риски перед полноценным развертыванием. Наконец, организуйте команду для анализа результатов и планирования улучшений, обеспечивая соответствие этическим и регуляторным стандартам.

*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) «Production ML (Машинное обучение в продакшене)»**

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:

| 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. 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 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              | Зачтено         |  |
| 5                     | Удовлетворительно   | Зачтено         | Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине, но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует   |
| 4                     | Удовлетворительно   | Зачтено         |  |

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Оценка за зачет | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)   |
|-----------------------|---------------------|-----------------|---|
|                       |                     |                 | 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. |
| 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) «Production ML (Машинное обучение в продакшене)» оценивается следующим образом:

| Активность       | Вес | Описание  |
|------------------|-----|---|
| Домашние задания | 60% | Набор задач по темам недели   |
| Проект           | 30% | Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов |
| Стресс-тест      | 10% | Набор заданий по теме на проверку знаний                                  |

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Production ML (Машинное обучение в продакшене)»:**  $\langle 0,6 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,3 \times \text{среднее за проекты} + 0,20 \times \text{за стресс-тест} \rangle$ .

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

**Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Примерные домашние задания**

**Домашнее задание: ML в индустрии. Задачи и инструменты ML инженера**

1. Опишите три основные области применения машинного обучения в современной индустрии и приведите по одному примеру для каждой.
2. Расскажите о ключевых ролях и обязанностях ML инженера в проекте по разработке ML-системы.
3. Составьте список из пяти популярных инструментов или библиотек, используемых ML инженерами, и кратко опишите назначение каждого.
4. Найдите и проанализируйте статью или кейс о внедрении ML в бизнес-процесс: какие задачи решались, и какую роль играл ML инженер?
5. Опишите, какие навыки и знания необходимы ML инженеру для эффективной работы с большими данными и развертыванием моделей.

**Домашнее задание: Работа с данными в ML**

1. Соберите небольшой датасет (например, с открытых источников) и опишите процесс его очистки: какие шаги вы предприняли и почему.

2. Проведите базовый анализ данных: рассчитайте основные статистики (среднее, медиану, стандартное отклонение) для выбранных числовых признаков.
3. Постройте визуализации данных (гистограммы, scatter plot, boxplot) и сделайте выводы о распределении и взаимосвязях признаков.
4. Опишите методы обработки пропущенных значений и выбросов, которые вы применили к своему датасету.
5. Подготовьте данные для обучения модели: выполните нормализацию или стандартизацию признаков и объясните выбор метода.

### **Домашнее задание: Постановка и трекинг ML экспериментов и подготовка моделей к деплою**

1. Сформулируйте гипотезу для ML эксперимента на основе выбранного датасета и опишите критерии успеха модели.
2. Опишите, как можно использовать систему трекинга экспериментов (например, MLflow или Weights & Biases) для управления экспериментами.
3. Проведите эксперимент по обучению модели с разными параметрами и зафиксируйте результаты (метрики качества). Сделайте выводы о влиянии параметров на качество.
4. Опишите основные шаги по оптимизации модели для продакшена (например, уменьшение размера, ускорение инференса).
5. Создайте простой REST API (например, с использованием Flask или FastAPI) для развертывания обученной модели и опишите процесс её вызова.

### **Примерные задания для стресс-теста**

#### **Задание для стресс-теста по теме: "Подготовка ML моделей к деплою. Деплой ML-моделей"**

**Цель задания:** разработать и провести стресс-тест для модели машинного обучения (например, простой классификатор, такой как логистическая регрессия или нейронная сеть для задачи классификации изображений), чтобы оценить ее готовность к масштабируемому деплою в продакшене. Стресс-тест должен симулировать экстремальные условия, выявить уязвимости и подготовить модель к устойчивой работе.

#### **Шаги выполнения:**

1. **Выберите модель и подготовьте данные:** Возьмите готовую модель (например, из scikit-learn или TensorFlow) и тестовый датасет (например, MNIST или CIFAR-10). Подготовьте пайплайн предобработки данных, включая нормализацию и аугментацию, и обучите модель на baseline-наборе данных.
2. **Определите сценарии стресс-теста:** Создайте набор стресс-сценариев, таких как:
  - Перегрузка: Обработка большого объема запросов (например, 10x увеличение нагрузки) с измерением latency и throughput.
  - Аномальные данные: Тестирование на зашумленных, искаженных или adversarial примерах (например, добавьте шум к изображениям или используйте FGSM-атаки).
  - Сбои инфраструктуры: Симуляция потери соединения, ограничений памяти/CPU или внезапного увеличения размера входных данных.

3. **Настройте инструменты для тестирования:** Используйте фреймворки вроде Locust для нагрузочного тестирования, TensorFlow Model Analysis (TFMA) или PyTorch для анализа метрик (точность, recall, latency). Интегрируйте модель в контейнер (Docker) для изолированного тестирования.
4. **Проведите тест и проанализируйте результаты:** Запустите стресс-тест, соберите метрики (например, время отклика, ошибки, ресурсное потребление) и сравните с baseline. Выявите слабые места (например, переобучение на аномалиях) и предложите улучшения, такие как оптимизация модели или добавление fallback-механизмов.
5. **Документируйте и предложите план деплоя:** Опишите результаты теста, риски и рекомендации по масштабированию (например, использование Kubernetes для оркестрации). Подготовьте модель к деплою с учетом стресс-теста, например, через A/B-тестирование или canary-релизы.

**Критерии оценки:** Задание считается выполненным, если стресс-тест охватывает не менее 3 сценариев, метрики измерены объективно, а выводы включают практические рекомендации по улучшению модели для продакшена. Время на выполнение: 2 пары. Рекомендуемые инструменты: Python, Docker, Kubernetes (опционально).

## Примерное описание к проекту

### Задание для проекта: "Полный цикл разработки ML модели"

#### *Описание задания*

В рамках данного проекта вам предстоит пройти полный цикл разработки ML модели, начиная с работы с данными и заканчивая деплоем и автоматизацией процессов. Проект включает в себя несколько этапов, каждый из которых будет оцениваться по определенным критериям.

#### *Этапы подготовки проекта*

##### 1. Сбор и очистка данных

- **Сбор данных:** Найдите и соберите набор данных, подходящий для вашей задачи (например, из открытых источников, таких как Kaggle, UCI Machine Learning Repository и т.д.).
- **Очистка данных:** Обработайте пропущенные значения, выбросы и дублирующиеся записи. Опишите методы, которые вы использовали.
- **Документация:** Подготовьте отчет о процессе сбора и очистки данных.

##### 2. Анализ и визуализация данных

- **Анализ данных:** Проведите разведочный анализ данных (EDA). Рассчитайте основные статистики и выявите взаимосвязи между признаками.
- **Визуализация:** Постройте графики и диаграммы для визуализации данных и их распределений (гистограммы, boxplot, scatter plot и т.д.).
- **Документация:** Создайте отчет с визуализациями и выводами.

##### 3. Постановка и трекинг ML экспериментов

- **Формулирование гипотез:** Определите гипотезы и задачи, которые вы хотите проверить с помощью модели.

- **Трекинг экспериментов:** Используйте систему трекинга (например, MLflow или Weights & Biases) для управления экспериментами и хранения результатов.
- **Документация:** Подготовьте отчет о ваших гипотезах и результатах экспериментов.

#### 4. Подготовка ML моделей к деплою

- **Оптимизация моделей:** Обучите несколько моделей и оптимизируйте их для продакшена (например, с использованием методов регуляризации или уменьшения размерности).
- **Сохранение и развертывание:** Сохраните модели в подходящих форматах (например, pickle, ONNX) и подготовьте API для их развертывания (например, с использованием Flask или FastAPI).
- **Документация:** Создайте отчет о процессе подготовки моделей.

#### 5. Автоматизация обучения и деплоя ML моделей

- **CI/CD:** Настройте CI/CD для автоматизации процессов обучения и деплоя моделей (например, с использованием GitHub Actions или Jenkins).
- **Управление версиями:** Организуйте систему управления версиями моделей и данных (например, DVC).
- **Документация:** Подготовьте финальный отчет о процессе автоматизации.

#### *Защита проекта*

- **Формат защиты:** Презентация проекта (15-20 минут) с демонстрацией работы модели и API.
- **Структура презентации:**
  - Введение и цели проекта.
  - Процесс сбора и очистки данных.
  - Результаты анализа и визуализации данных.
  - Гипотезы и результаты экспериментов.
  - Подготовка и оптимизация моделей.
  - Демонстрация API и процесса автоматизации.
  - Заключение и выводы.

#### *Критерии оценивания*

1. **Качество данных (20%):** Полнота и корректность собранных данных, качество очистки.
2. **Анализ и визуализация (20%):** Глубина анализа, качество визуализаций и выводов.
3. **Постановка экспериментов (20%):** Четкость формулировки гипотез, использование системы трекинга.
4. **Подготовка моделей (20%):** Оптимизация моделей, качество API, правильность форматов сохранения.

5. **Автоматизация процессов (20%):** Эффективность CI/CD, управление версиями, документация.

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

| № п/п | Задание   | Ответ                               | Компетенция |
|-------|---|-------------------------------------|-------------|
| 1     | Укажите основной инструмент для трекинга ML-экспериментов в курсе "Production ML".                            | MLflow / mlflow                     | УК-1        |
| 2     | Укажите метод контейнеризации ML-приложений, изучаемый в курсе "Production ML".                               | Docker / docker                     | УК-1        |
| 3     | Укажите стандартный инструмент для мониторинга ML-приложений в курсе "Production ML".                         | Prometheus / prometheus             | УК-1        |
| 4     | Укажите подход к автоматизации деплоя ML-моделей, рассматриваемый в курсе "Production ML".                    | CI/CD / CI/CD, ci/cd                | УК-1        |
| 5     | Укажите основную тенденцию в рынке инструментов для работы с данными в ML, изучаемую в курсе "Production ML". | Автоматизация / автоматизация       | ОПК-2       |
| 6     | Укажите инструмент для исследования рынка информационных систем в ML, упоминаемый в курсе "Production ML".    | Pandas / pandas                     | ОПК-2       |
| 7     | Укажите характеристику рынка LLMops, рассматриваемую в курсе "Production ML".                                 | Масштабируемость / масштабируемость | ОПК-2       |
| 8     | Укажите рациональное решение для выбора инструментов мониторинга в ML-проектах из курса "Production ML".      | Grafana / grafana                   | ОПК-2       |
| 9     | Укажите количество основных этапов в стандартном ML-пайплайне, изучаемом в курсе "Production ML".             | 5 / пять                            | ПК-2        |
| 10    | Укажите математический метод для систематизации данных в ML, рассматриваемый в курсе "Production ML".         | Кластеризация / кластеризация       | ПК-2        |
| 11    | Укажите инструментальное средство для обработки данных в ML-проектах из курса "Production ML".                | NumPy / numpy                       | ПК-2        |
| 12    | Укажите математический аппарат для анализа информации в трекинге ML-экспериментов из курса "Production ML".   | Статистика / статистика             | ПК-2        |
| 13    | Укажите формат подготовки научно-технических отчетов по результатам ML-исследований в курсе "Production ML".  | Jupyter Notebook / jupyter notebook | ПК-3        |
| 14    | Укажите стандарт оформления презентаций в ML-проектах, изучаемый в курсе "Production ML".                     | Markdown / markdown                 | ПК-3        |
| 15    | Укажите способ структурирования результатов исследований в ML, рассматриваемый в курсе "Production ML".       | Отчет / отчет                       | ПК-3        |
| 16    | Укажите инструмент для публикации научных материалов по ML в курсе "Production ML".                           | GitHub / github                     | ПК-3        |
| 17    | Укажите принцип управления проектами в ML, изучаемый в курсе "Production ML".                                 | Agile / agile                       | ПК-8        |

|    |   |                           |      |
|----|---|---------------------------|------|
| 18 | Укажите стандарт для планирования ML-проектов, рассматриваемый в курсе "Production ML".       | PMBOK / pmbok             | ПК-8 |
| 19 | Укажите инструмент для автоматизации пайплайна обучения моделей в курсе "Production ML".      | Airflow / airflow         | ПК-8 |
| 20 | Укажите этап организации проектной деятельности в деплое ML-моделей из курса "Production ML". | Координация / координация | ПК-8 |