

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по направлению подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

MLOps для разработки и мониторинга ML моделей

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): IT-сервисы и технологии обработки данных на транспорте (Российско-Китайская программа)

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ
(МИИТ)

ID подписи: 35225

Подписал: заместитель директора Игольников Борис
Владимирович

Дата: 16.10.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний и практических навыков в области MLOps для разработки и мониторинга моделей машинного обучения, включая понимание принципов CI/CD, методов интеграции инструментов MLOps в существующую инфраструктуру, систем версионирования моделей и данных, а также автоматизации переобучения, мониторинга и A/B-тестирования моделей.

Задачами освоения дисциплины являются:

Формирование теоретических знаний о принципах CI/CD применительно к моделям машинного обучения, включая тестирование, сборку и развертывание.

Освоение практических навыков настройки CI/CD-пайплайнов для ML с использованием современных инструментов.

Приобретение умений интегрировать инструменты MLOps в существующую инфраструктуру организации.

Формирование компетенций по работе с системами версионирования моделей и данных.

Освоение методов и инструментов мониторинга моделей машинного обучения в продакшене.

Приобретение навыков автоматизации переобучения моделей и A/B-тестирования развертываний.

Формирование компетенций по интеграции программных модулей и проверке работоспособности выпусков программного продукта в контексте ML-систем.

Дисциплина предназначена для формирования компетенций, необходимых для решения профессиональных задач, связанных с проектированием и внедрением систем автоматизации жизненного цикла машинного обучения.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-2 - Способен проектировать и внедрять системы автоматизации жизненного цикла машинного обучения (MLOps).

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

Принципы CI/CD применительно к моделям машинного обучения, включая тестирование, сборку и развертывание, методы интеграции инструментов MLOps в существующую инфраструктуру.

Системы версионирования моделей и данных, их архитектуру и функциональные возможности.

Методы и средства интеграции программных модулей и компонентов, а также проверки их работоспособности.

Уметь:

Настраивать CI/CD-пайплайны для машинного обучения с использованием инструментов, развертывать системы мониторинга моделей и автоматизировать переобучение моделей с A/B-тестированием развертываний.

Работать с системами версионирования моделей и данных, использовать инструменты MLOps для управления жизненным циклом моделей.

Выполнять интеграцию программных модулей и компонентов в рамках ML-пайплайна и проверять их работоспособность.

Владеть:

Навыками настройки CI/CD-пайплайнов для автоматизации тестирования, сборки и развертывания ML-моделей.

Навыками развертывания систем мониторинга моделей и настройки автоматического переобучения.

Навыками управления технологическими решениями, включая оценку сложности реализации функциональности и синхронизацию технических и продуктовых дорожных карт.

3. Объем дисциплины (модуля).**3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	96	96

В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	64	64

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 120 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Тема 1. Введение в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Определение MLOps и его роль в жизненном цикле машинного обучения. - Отличия MLOps от DevOps. - Модель зрелости MLOps. - Обзор экосистемы MLOps-инструментов. - Основные вызовы и проблемы внедрения MLOps.
2	Тема 2. Жизненный цикл ML-моделей и MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Этапы жизненного цикла ML-моделей. - Управление экспериментами. - Разработка и обучение моделей. - Тестирование и валидация. - Развертывание и мониторинг. - Переобучение и обновление моделей.
3	Тема 3. Системы версионирования моделей и данных. Рассматриваемые вопросы: - Роль версионирования в MLOps. - Инструменты версионирования данных. - Управление версиями моделей. - Восстановление из версий. - Интеграция версионирования в пайплайны.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
4	Тема 4. Принципы CI/CD для машинного обучения. Рассматриваемые вопросы: - Особенности CI/CD для ML-проектов. - Автоматизация тестирования моделей. - Сборка и упаковка моделей. - Развертывание моделей в production. - Стратегии развертывания.
5	Тема 5. Инструменты CI/CD для ML. Рассматриваемые вопросы: - Обзор инструментов CI/CD. - Настройка пайплайнов. - Интеграция с системами версионирования. - Автоматизация сборки и тестирования. - Примеры реализации CI/CD для ML.
6	Тема 6. Интеграция инструментов MLOps в существующую инфраструктуру. Рассматриваемые вопросы: - Методы интеграции MLOps-инструментов. - Архитектурные подходы к интеграции. - Совместимость с существующими системами. - Миграция на MLOps-платформы. - Оценка затрат и рисков.
7	Тема 7. Мониторинг моделей машинного обучения. Рассматриваемые вопросы: - Задачи мониторинга ML-моделей. - Мониторинг качества предсказаний. - Детектирование дрейфа данных. - Детектирование дрейфа концепции. - Инструменты мониторинга.
8	Тема 8. Настройка систем мониторинга моделей. Рассматриваемые вопросы: - Архитектура систем мониторинга. - Сбор и агрегация метрик. - Настройка алертов и уведомлений. - Интеграция с пайплайнами. - Автоматизация мониторинга.
9	Тема 9. Автоматизация переобучения моделей. Рассматриваемые вопросы: - Стратегии автоматического переобучения. - Триггеры для переобучения. - Автоматический мониторинг качества. - Паттерны автоматического переобучения. - Инструменты для автоматизации.
10	Тема 10. А/В-тестирование в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Принципы А/В-тестирования моделей. - Организация экспериментов. - Сбор и анализ результатов. - Интерпретация А/В-тестов. - Принятие решений на основе тестов.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
11	Тема 11. Оркестрация ML-пайплайнов. Рассматриваемые вопросы: - Концепция оркестрации. - Инструменты оркестрации. - Управление зависимостями. - Обработка ошибок. - Масштабирование пайплайнов.
12	Тема 12. Управление моделями и артефактами. Рассматриваемые вопросы: - Управление версиями моделей. - Регистрация моделей. - Переход между стадиями. - Хранение артефактов. - Интеграция с CI/CD.
13	Тема 13. Безопасность в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Безопасность данных и моделей. - Контроль доступа. - Аудиторские следы. - Защита от атак на модели. - Соответствие регуляторным требованиям.
14	Тема 14. Масштабирование MLOps-решений. Рассматриваемые вопросы: - Подходы к масштабированию. - Оптимизация производительности. - Управление ресурсами. - Распределённые системы. - Кейсы масштабирования.
15	Тема 15. Кейсы внедрения MLOps на транспорте. Рассматриваемые вопросы: - Анализ реальных кейсов внедрения. - Успешные практики. - Типичные ошибки. - Уроки и выводы. - Применение MLOps в транспортной отрасли.
16	Тема 16. Перспективы развития MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Тренды развития MLOps. - Новые инструменты и подходы. - Интеграция с облачными платформами. - Универсализация MLOps. - Будущее автоматизации ML.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Тема 1. Установка и настройка MLOps-инструментов. Рассматриваемые вопросы: - Установка и настройка инструментов MLOps. - Настройка окружения. - Проверка работоспособности. - Знакомство с интерфейсом и функционалом.
2	Тема 2. Работа с системами версионирования данных. Рассматриваемые вопросы: - Настройка инструментов версионирования данных. - Добавление данных под версионный контроль. - Переключение между версиями. - Интеграция с Git.
3	Тема 3. Управление версиями моделей. Рассматриваемые вопросы: - Регистрация модели. - Управление версиями модели. - Переход между стадиями. - Загрузка модели из реестра.
4	Тема 4. Настройка CI/CD-пайплайна для ML. Рассматриваемые вопросы: - Создание CI/CD-пайплайна. - Определение этапов пайплайна. - Настройка триггеров. - Запуск и мониторинг выполнения.
5	Тема 5. Автоматическое тестирование моделей в CI/CD. Рассматриваемые вопросы: - Разработка тестов для моделей. - Интеграция тестов в пайплайн. - Настройка пороговых значений. - Анализ результатов тестирования.
6	Тема 6. Автоматическая сборка и упаковка моделей. Рассматриваемые вопросы: - Сборка Docker-образов. - Упаковка модели в контейнер. - Публикация в реестр. - Проверка собранного образа.
7	Тема 7. Развертывание моделей с помощью CI/CD. Рассматриваемые вопросы: - Настройка этапа развертывания. - Развертывание в тестовую среду. - Развертывание в production. - Проверка работоспособности.
8	Тема 8. Интеграция MLOps-инструментов в инфраструктуру. Рассматриваемые вопросы: - Настройка взаимодействия инструментов. - Интеграция с существующими системами. - Настройка общего контура управления. - Тестирование интеграции.
9	Тема 9. Развертывание системы мониторинга моделей. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Установка и настройка инструментов мониторинга. - Настройка сбора метрик. - Создание дашбордов. - Проверка работоспособности.
10	Тема 10. Настройка сбора метрик качества моделей. Рассматриваемые вопросы: - Определение метрик для мониторинга. - Настройка сбора метрик. - Агрегация и хранение метрик. - Визуализация метрик.
11	Тема 11. Настройка алертов на ухудшение качества. Рассматриваемые вопросы: - Определение пороговых значений. - Настройка правил алертинга. - Настройка уведомлений. - Тестирование алертов.
12	Тема 12. Детектирование дрефта данных. Рассматриваемые вопросы: - Настройка мониторинга распределений. - Выявление Data Drift. - Анализ влияния на качество. - Настройка алертов на дрефт.
13	Тема 13. Детектирование дрефта концепции. Рассматриваемые вопросы: - Настройка мониторинга качества предсказаний. - Выявление Concept Drift. - Анализ влияния на бизнес-показатели. - Настройка алертов.
14	Тема 14. Автоматизация переобучения моделей. Рассматриваемые вопросы: - Настройка триггеров переобучения. - Автоматический запуск обучения. - Валидация новой модели. - Автоматическое обновление модели.
15	Тема 15. Настройка А/В-тестирования моделей. Рассматриваемые вопросы: - Планирование А/В-эксперимента. - Настройка развертывания двух версий. - Сбор данных эксперимента. - Анализ результатов.
16	Тема 16. Анализ результатов А/В-тестирования. Рассматриваемые вопросы: - Статистическая обработка результатов. - Визуализация результатов. - Интерпретация и выводы. - Принятие решения о развертывании.
17	Тема 17. Оркестрация пайплайнов с Airflow. Рассматриваемые вопросы: - Настройка Airflow. - Создание DAG для ML-пайплайна.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Определение задач и зависимостей. - Мониторинг выполнения.
18	Тема 18. Оркестрация пайплайнов с Kubeflow. Рассматриваемые вопросы: - Настройка Kubeflow. - Создание пайплайна. - Определение компонентов. - Запуск и мониторинг.
19	Тема 19. Управление моделями в MLflow. Рассматриваемые вопросы: - Регистрация моделей. - Управление версиями. - Переход между стадиями. - Интеграция с CI/CD.
20	Тема 20. Углублённый мониторинг: дрейф данных и концепций. Рассматриваемые вопросы: - Расширенный анализ распределений. - Автоматическое обнаружение аномалий в данных. - Настройка комплексной системы мониторинга. - Интеграция с системами оповещения.
21	Тема 21. Автоматизация А/В-тестирования в production. Рассматриваемые вопросы: - Автоматическая маршрутизация трафика. - Сбор метрик в реальном времени. - Автоматический откат при ухудшении метрик. - Анализ статистической значимости в автоматическом режиме.
22	Тема 22. Security в MLOps: защита моделей и данных. Рассматриваемые вопросы: - Управление секретами и ключами. - RBAC в системах оркестрации. - Безопасность контейнеров. - Шифрование данных и моделей. - Аудиторские следы.
23	Тема 23. MLOps для потоковых данных (Streaming). Рассматриваемые вопросы: - Обработка потоковых данных. - Использование Spark Streaming. - Онлайн-инференс на потоке. - Создание ETL-процессов для ML. - Интеграция с системами потоковой обработки.
24	Тема 24. Cost-оптимизация MLOps-инфраструктуры. Рассматриваемые вопросы: - Анализ затрат на вычислительные ресурсы. - Оптимизация использования GPU/CPU. - Автоматическое масштабирование. - Управление затратами на хранение данных.
25	Тема 25. Кейс: построение MLOps-платформы с нуля. Рассматриваемые вопросы: - Анализ требований к платформе. - Выбор архитектуры и инструментов.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Пошаговая реализация платформы. - Тестирование и валидация.
26	Тема 26. Мониторинг и оптимизация пайплайна. Рассматриваемые вопросы: - Мониторинг выполнения пайплайна. - Анализ времени выполнения. - Оптимизация этапов. - Улучшение производительности.
27	Тема 27. Безопасность и управление доступом в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Управление секретами и ключами. - RBAC в системах оркестрации. - Безопасность контейнеров. - Шифрование данных и моделей.
28	Тема 28. Управление жизненным циклом ML-моделей. Рассматриваемые вопросы: - Отслеживание экспериментов. - Управление версиями моделей. - Управление стадиями. - Автоматизация переходов.
29	Тема 29. Комплексный проект: аналитика и проектирование. Рассматриваемые вопросы: - Формулировка задачи на основе реального кейса. - Проектирование архитектуры MLOps. - Выбор инструментов. - Планирование этапов внедрения.
30	Тема 30. Комплексный проект: реализация. Рассматриваемые вопросы: - Настройка CI/CD-пайплайна. - Настройка мониторинга. - Настройка автоматического переобучения. - Тестирование работы системы.
31	Тема 31. Комплексный проект: тестирование и отладка. Рассматриваемые вопросы: - Комплексное тестирование пайплайна. - Выявление и устранение узких мест. - Проверка отказоустойчивости. - Финальная настройка системы.
32	Тема 32. Комплексный проект: защита. Рассматриваемые вопросы: - Подготовка итогового отчёта. - Подготовка презентации. - Демонстрация работы системы. - Защита проекта и обсуждение результатов.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа с лекционным материалом и дополнительной литературой.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
2	Изучение документации по инструментам MLOps.
3	Подготовка к практическим занятиям и выполнение домашних заданий.
4	Самостоятельная настройка MLOps-инструментов.
5	Изучение кейсов внедрения MLOps на транспорте.
6	Выполнение комплексного проекта.
7	Подготовка к промежуточной аттестации и текущему контролю.
8	Подготовка к промежуточной аттестации.
9	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	«Фомичева, С. Г. Методы и модели защиты от состязательных атак : учебное пособие / С. Г. Фомичева. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2024. — 126 с.» (Фомичева, С. Г. Методы и модели защиты от состязательных атак : учебное пособие / С. Г. Фомичева. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2024. — ISBN 978-5-8088-1963-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/497537 (дата обращения: 10.09.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 8.).	https://reader.lanbook.com/book/497537#8
2	Митяков, Е. С. Искусственный интеллект и машинное обучение : учебное пособие для вузов / Е. С. Митяков, А. Г. Шмелева, А. И. Ладынин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 252 с. — ISBN 978-5-507-51198-3.	https://e.lanbook.com/book/507451

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- <https://habr.com/ru> - база знаний в виде статей, обзоров

- <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система научно-технической библиотеки МИИТ
- <https://superset.apache.org/user-docs/intro/#documentation> – документация Apache Superset
- <https://www.postgresql.org/> - официальная страница PostgreSQL
- <https://yandex.cloud/ru/docs/datalens/> - официальная документация Yandex Datalens
- <https://docs.docker.com/> - официальная документация Docker
- <https://www.metabase.com/docs/latest/> - официальная документация Metabase
- <https://tableau.pro/> - официальный сайт Tableau с лучшими практиками проектирования дашбордов
- <https://revealthedata.com/blog/> - Блог о визуализации данных и BI-системах

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Python 3.x
 MLflow
 DVC (Data Version Control)
 Apache Airflow
 Kubeflow
 Инструменты CI/CD
 Prometheus
 Grafana
 Docker
 Kubernetes
 Система контроля версий Git
 Офисный пакет приложений
 Браузер

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

Компьютер преподавателя с доступом к сети Интернет
 Компьютеры студентов с установленным Python-окружением и табличным процессором

Доступ к учебной базе событийных данных и экспериментальным выборкам

Доступ к PostgreSQL и BI-системе для визуализации результатов

Доступ к облачной виртуальной машине или Docker-контейнерам для воспроизводимого анализа

Проектор и экран для проектора

Маркерная доска

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

руководитель образовательной
программы

О.Б. Проневич

Согласовано:

Директор

Д.В. Паринов

Заместитель директора

Б.В. Игольников

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов