

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)

Инструменты MLOps

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 автоматизации жизненного цикла моделей машинного обучения, включая управление экспериментами, построение пайплайнов, контейнеризацию, оркестрацию и мониторинг ML-систем с использованием современных инструментов MLOps.

Задачами освоения дисциплины являются:

Формирование теоретических знаний о принципах MLOps, его отличиях от DevOps, архитектуре и жизненном цикле ML-моделей.

Освоение практических навыков контейнеризации ML-окружений с использованием Docker и оркестрации контейнеров с Kubernetes .

Приобретение умений организовывать воспроизводимые эксперименты и управлять версиями данных с использованием DVC .

Формирование компетенций по трекингу экспериментов и управлению моделями с помощью MLflow .

Освоение инструментов автоматизации пайплайнов с использованием Apache Airflow или Kubeflow .

Приобретение навыков настройки CI/CD для ML-проектов и мониторинга производительности моделей в продакшене.

7. Формирование компетенций по оценке и управлению рисками в ML-проектах, а также по управлению технологическими решениями в продуктовом контексте.

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:

Основные понятия и принципы MLOps, архитектуру жизненного цикла ML-моделей, модель зрелости MLOps, ключевые отличия от DevOps и традиционной разработки ПО.

Современный стек инструментов MLOps, их функциональные возможности и сценарии применения: инструменты контейнеризации и оркестрации, управления экспериментами, пайплайнами и мониторинга.

Принципы автоматизации ML-пайплайнов, CI/CD для машинного обучения, подходы к обеспечению воспроизводимости экспериментов и управления версиями данных и моделей.

Основы оценки и управления рисками в ИТ-проектах, методы сбора и анализа релевантной аналитической информации для анализа рисков.

Уметь:

Создавать воспроизводимые ML-окружения с использованием Docker, настраивать оркестрацию контейнеров с Kubernetes и автоматизировать развёртывание моделей.

Использовать MLflow для трекинга экспериментов, управления моделями и организации сервинга моделей через MLflow Model Serving.

Строить end-to-end ML-пайплайны с использованием Apache Airflow или Kubeflow, настраивать CI/CD для автоматизации обучения и развёртывания моделей.

Осуществлять мониторинг, анализ и оценку рисков в ML-проектах, а также оценивать сложность реализации функциональности с учетом архитектурных ограничений.

Владеть:

Навыками работы с инструментами контейнеризации и оркестрации для развёртывания ML-приложений в production-средах.

Навыками управления версиями данных и экспериментов, обеспечения воспроизводимости результатов с использованием систем версионирования.

Навыками мониторинга производительности моделей в продакшене и настройки observability ML-систем.

Навыками управления технологическими решениями в продуктивном контексте и коммуникации технических компромиссов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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 №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	32	32

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 60 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 и управление рисками. Рассматриваемые вопросы: - Определение MLOps. Роль MLOps в жизненном цикле машинного обучения. - Отличия MLOps от DevOps. - Жизненный цикл ML-моделей: сбор данных, обучение, оценка, развертывание, мониторинг. - Модель зрелости MLOps: от ручного уровня до полностью автоматизированного. - Проблемы и вызовы MLOps: воспроизводимость, масштабируемость, мониторинг. - Основы оценки и управления рисками в ML-проектах.
2	Тема 2. Стек инструментов MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Обзор экосистемы MLOps-инструментов. - Инструменты для управления экспериментами и версионирования: MLflow, DVC.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Инструменты для автоматизации пайплайнов: Airflow, Kubeflow, Prefect. - Инструменты для контейнеризации и оркестрации: Docker, Kubernetes. - Инструменты для мониторинга и observability: Prometheus, Grafana.
3	Тема 3. Управление окружениями и контейнеризация. Рассматриваемые вопросы: - Проблемы воспроизводимости ML-окружений. - Принципы работы Docker и контейнеризации приложений. - Создание Docker-образов для ML-проектов. - Docker Compose для многосервисных окружений. - Оркестрация контейнеров с Kubernetes: архитектура, основные компоненты.
4	Тема 4. Управление экспериментами с MLflow. Рассматриваемые вопросы: - Назначение и архитектура MLflow. - MLflow Tracking: логирование параметров, метрик и артефактов. - MLflow Model Registry: управление версиями моделей, переход между стадиями. - MLflow Projects: стандартизация структуры проектов. - MLflow Model Serving: развертывание моделей.
5	Тема 5. Версионирование данных и воспроизводимость экспериментов. Рассматриваемые вопросы: - Управление версиями данных (Data Version Control). - Инструмент DVC: архитектура и основные команды. - Интеграция DVC с Git для управления данными и кодом. - Обеспечение воспроизводимости экспериментов. - Хранение данных в объектных хранилищах (S3, GCS).
6	Тема 6. Автоматизация ML-пайплайнов. Рассматриваемые вопросы: - Концепция ML-пайплайнов. - Apache Airflow: архитектура, DAG, XCom, операторы. - Kubeflow Pipelines: контейнерные пайплайны, интеграция с Kubernetes. - Паттерны проектирования пайплайнов: параллельное выполнение, обработка ошибок. - Построение end-to-end пайплайна: от подготовки данных до развертывания модели.
7	Тема 7. CI/CD для машинного обучения. Рассматриваемые вопросы: - Особенности CI/CD для ML-проектов. - Автоматизация тестирования данных и моделей. - Настройка CI/CD с использованием GitHub Actions или GitLab CI. - Стратегии развертывания моделей: blue-green, canary deployment. - A/B-тестирование моделей.
8	Тема 8. Мониторинг, управление рисками и безопасность ML-систем. Рассматриваемые вопросы: - Мониторинг производительности моделей в продакшене. - Детектирование дрейфа данных (Data Drift) и дрейфа концепции (Concept Drift). - Логирование, трейсинг, сбор метрик. - Инструменты мониторинга: Prometheus, Grafana. - Безопасность и управление рисками в ML-системах (MLSecOps, Data Privacy). - Управление соответствием требованиям (Compliance) и ответственный AI.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Тема 1. Установка и настройка среды для MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Установка Docker, Minikube (или Kind), kubectl. - Установка Python, настройка виртуального окружения. - Установка MLflow, DVC, Airflow. - Проверка работоспособности инструментов.
2	Тема 2. Знакомство с Docker. Рассматриваемые вопросы: - Базовые команды Docker. - Создание Dockerfile для ML-проекта. - Сборка и запуск образа. - Монтирование томов для работы с данными.
3	Тема 3. Знакомство с Docker Compose. Рассматриваемые вопросы: - Настройка многосервисного окружения. - Запуск MLflow Tracking Server в контейнере. - Оркестрация нескольких сервисов. - Работа с переменными окружения.
4	Тема 4. Введение в MLflow. Рассматриваемые вопросы: - Настройка MLflow Tracking. - Логирование параметров и метрик. - Сохранение артефактов (моделей, графиков). - Использование MLflow UI для просмотра экспериментов.
5	Тема 5. MLflow Model Registry. Рассматриваемые вопросы: - Регистрация модели в Model Registry. - Управление версиями модели. - Изменение стадий модели. - Загрузка модели из Registry для инференса.
6	Тема 6. MLflow Model Serving. Рассматриваемые вопросы: - Развертывание модели с помощью MLflow Model Serving. - Создание REST API для модели. - Отправка запросов к сервису. - Сравнение с другими подходами к сервингу.
7	Тема 7. Версионирование данных с DVC. Рассматриваемые вопросы: - Инициализация DVC в проекте. - Добавление данных под версионный контроль. - Настройка удалённого хранилища. - Переключение между версиями данных.
8	Тема 8. DVC и воспроизводимость экспериментов. Рассматриваемые вопросы: - Определение пайплайна с DVC. - Выполнение этапов пайплайна. - Отслеживание зависимостей между этапами. - Воспроизведение результатов.
9	Тема 9. Знакомство с Apache Airflow. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Установка и настройка Airflow. - Структура DAG-файла. - Создание простого DAG с несколькими задачами. - Запуск и мониторинг выполнения.
10	Тема 10. Построение ML-пайплайна с Airflow. Рассматриваемые вопросы: - Разработка DAG для обучения модели. - Интеграция с MLflow: логирование экспериментов из Airflow. - Обработка ошибок и повторные запуски. - Использование XCom для передачи данных между задачами.
11	Тема 11. Знакомство с Kubernetes. Рассматриваемые вопросы: - Архитектура Kubernetes. - Создание Pod, Deployment, Service. - Применение манифестов YAML. - Масштабирование приложения.
12	Тема 12. Оркестрация ML-пайплайнов с Kubeflow. Рассматриваемые вопросы: - Установка Kubeflow. - Создание компонента пайплайна. - Сборка контейнера для компонента. - Запуск пайплайна в Kubeflow.
13	Тема 13. CI/CD для ML с GitHub Actions. Рассматриваемые вопросы: - Настройка workflow в GitHub Actions. - Автоматическое тестирование кода и моделей. - Автоматическая сборка Docker-образа. - Публикация образа в реестр.
14	Тема 14. Мониторинг ML-систем с Prometheus и Grafana. Рассматриваемые вопросы: - Настройка экспорта метрик модели. - Сбор метрик с помощью Prometheus. - Визуализация метрик в Grafana. - Настройка алертов.
15	Тема 15. Детектирование дрефта данных и моделей, оценка рисков. Рассматриваемые вопросы: - Анализ распределения данных. - Выявление Data Drift. - Выявление Concept Drift. - Настройка автоматического переобучения при дрефте. - Оценка рисков при дрефте данных и моделей.
16	Тема 16. Комплексный проект. Рассматриваемые вопросы: - Формулировка задачи: построение end-to-end ML-пайплайна. - Проектирование архитектуры с использованием изученных инструментов. - Реализация пайплайна с автоматизацией CI/CD и мониторингом. - Защита проекта и презентация результатов.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа с лекционным материалом и дополнительной литературой.
2	Изучение документации по инструментам MLOps.
3	Подготовка к практическим занятиям и выполнение домашних заданий.
4	Самостоятельная установка и настройка инструментов MLOps.
5	Работа с реальными ML-проектами для применения инструментов.
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	Зайчикова, И. В. Методы анализа данных для решения прикладных задач : учебное пособие / И. В. Зайчикова, Т. Л. Мелехина, С. Н. Поздеева. — Москва : Прометей, 2025. — 210 с. — ISBN 978-5-00172-846-7	https://e.lanbook.com/book/515796
2	Потапова, К. А. Прикладная разработка систем искусственного интеллекта на языке Питон: алгоритмы кластеризации больших наборов данных : учебно-методическое пособие / К. А. Потапова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 67 с. — ISBN 978-5-7339-2801-2.	https://e.lanbook.com/book/516283

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).

MS Office (Excel, Word)

Notepad++

Браузер Chrome

Anaconda

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

Компьютер преподавателя

Компьютеры студентов

Проектор

Экран для проектора

Маркерная доска

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

заместитель директора

Б.В. Игольников

Согласовано:

Директор

Д.В. Паринов

Заместитель директора

Б.В. Игольников

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов