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)

Продвинутый MLOps

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

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

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: 937226
Подписал: директор центра Проневич Ольга Борисовна
Дата: 21.10.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний и практических навыков в области продвинутых методов MLOps, включая стратегии автоматизации переобучения моделей, настройку систем мониторинга и оповещений, а также управление сложными ML-пайплайнами в корпоративной среде.

Задачами освоения дисциплины являются:

Формирование теоретических знаний о стратегиях автоматизации переобучения моделей машинного обучения.

Освоение практических навыков настройки систем мониторинга моделей и сообщений от мониторинга.

Приобретение умений проектировать и внедрять автоматизированные пайплайны переобучения.

Формирование компетенций по управлению жизненным циклом ML-моделей в продакшене.

Освоение методов масштабирования и оптимизации MLOps-решений.

Приобретение навыков работы с продвинутыми инструментами MLOps.

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):

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

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

Знать:

Стратегии автоматизации переобучения моделей машинного обучения, включая триггеры переобучения, методы валидации и автоматического обновления моделей.

Принципы построения систем мониторинга моделей и настройки оповещений для различных сценариев использования.

Уметь:

Настраивать системы мониторинга моделей машинного обучения и конфигурировать сообщения от мониторинга для различных типов событий.

Проектировать и внедрять стратегии автоматизации переобучения моделей в корпоративной среде.

Владеть:

Навыками настройки систем мониторинга и оповещений для ML-моделей в продакшене.

Навыками реализации стратегий автоматического переобучения в составе MLOps-пайплайнов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 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 №6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
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 80 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 продвинутый MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Эволюция MLOps и переход к продвинутым практикам. - Ключевые вызовы при масштабировании MLOps. - Обзор продвинутых инструментов и подходов. - Архитектура корпоративных MLOps-систем. - Тренды развития MLOps.
2	Тема 2. Стратегии автоматизации переобучения моделей. Рассматриваемые вопросы: - Определение необходимости переобучения. - Триггеры автоматического переобучения. - Стратегии переобучения. - Автоматическая валидация новых моделей. - Принятие решения о деплое новой модели.
3	Тема 3. Мониторинг моделей машинного обучения. Рассматриваемые вопросы: - Задачи мониторинга ML-моделей. - Мониторинг производительности и качества. - Детектирование дрифта данных. - Детектирование дрифта концепции. - Инструменты мониторинга.
4	Тема 4. Настройка систем оповещений. Рассматриваемые вопросы: - Принципы построения систем оповещений. - Определение пороговых значений. - Настройка правил оповещений. - Каналы доставки оповещений. - Управление инцидентами.
5	Тема 5. Автоматизация пайплайнов переобучения. Рассматриваемые вопросы: - Архитектура пайплайна переобучения. - Автоматическая подготовка данных. - Автоматическое обучение моделей. - Автоматическое тестирование. - Автоматический деплой.
6	Тема 6. CI/CD для машинного обучения. Рассматриваемые вопросы: - Особенности CI/CD для ML-проектов. - Автоматизация тестирования моделей. - Сборка и упаковка моделей. - Развертывание моделей в production. - Автоматизация переобучения.
7	Тема 7. Управление конвейерами данных. Рассматриваемые вопросы: - Оркестрация пайплайнов данных.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Обработка данных в реальном времени. - Качество данных в пайплайнах. - Автоматизация ETL/ELT. - Инструменты оркестрации.
8	Тема 8. Масштабирование MLOps-решений. Рассматриваемые вопросы: - Подходы к масштабированию. - Оптимизация производительности. - Управление ресурсами. - Распределённые системы. - Кейсы масштабирования.
9	Тема 9. Безопасность в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Безопасность данных и моделей. - Контроль доступа. - Аудиторские следы. - Защита от атак на модели. - Соответствие регуляторным требованиям.
10	Тема 10. Управление моделями на разных стадиях. Рассматриваемые вопросы: - Стадии жизненного цикла моделей. - Управление версиями моделей. - Переход между стадиями. - Автоматизация управления. - Инструменты управления.
11	Тема 11. A/B-тестирование в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Принципы A/B-тестирования моделей. - Организация экспериментов. - Сбор и анализ результатов. - Интерпретация A/B-тестов. - Принятие решений.
12	Тема 12. Многомодельные и мультиархитектурные системы. Рассматриваемые вопросы: - Управление множеством моделей. - Маршрутизация запросов. - Балансировка нагрузки. - Мониторинг множества моделей. - Кейсы многомодельных систем.
13	Тема 13. Оптимизация затрат в MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Управление вычислительными ресурсами. - Оптимизация обучения моделей. - Оптимизация инференса. - Облачные и on-premise решения. - Оценка TCO.
14	Тема 14. Интеграция с бизнес-процессами. Рассматриваемые вопросы: - Интеграция ML-систем с бизнесом. - Управление ожиданиями.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Измерение бизнес-эффекта. - MLOps и продуктовый подход. - Кейсы интеграции.
15	Тема 15. Кейсы внедрения продвинутого MLOps на транспорте. Рассматриваемые вопросы: - Анализ реальных кейсов. - Успешные практики. - Типичные ошибки. - Уроки и выводы. - Применение продвинутого MLOps в транспортной отрасли.
16	Тема 16. Будущее MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Тренды развития MLOps. - Новые инструменты и подходы. - ИИ для управления MLOps. - Универсализация MLOps. - Перспективы автоматизации ML.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Тема 1. Установка и настройка продвинутых MLOps-инструментов. Рассматриваемые вопросы: - Установка и настройка инструментов. - Настройка окружения. - Проверка работоспособности. - Знакомство с интерфейсом и функционалом.
2	Тема 2. Настройка мониторинга моделей. Рассматриваемые вопросы: - Установка и настройка инструментов мониторинга. - Настройка сбора метрик. - Создание дашбордов. - Проверка работоспособности.
3	Тема 3. Настройка оповещений от мониторинга. Рассматриваемые вопросы: - Определение пороговых значений. - Настройка правил оповещений. - Настройка каналов доставки. - Тестирование оповещений.
4	Тема 4. Детектирование дрифта данных. Рассматриваемые вопросы: - Настройка мониторинга распределений. - Выявление Data Drift. - Настройка оповещений на дрифт. - Анализ влияния на качество.
5	Тема 5. Детектирование дрифта концепции. Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Настройка мониторинга качества предсказаний. - Выявление Concept Drift. - Настройка оповещений. - Анализ влияния на бизнес-показатели.
6	Тема 6. Настройка пайплайна автоматического переобучения. Рассматриваемые вопросы: - Определение триггеров переобучения. - Настройка автоматического запуска. - Автоматическая валидация новой модели. - Автоматический деплой.
7	Тема 7. Автоматизация переобучения с использованием триггеров. Рассматриваемые вопросы: - Настройка различных типов триггеров. - Комбинирование триггеров. - Тестирование триггеров. - Мониторинг процесса переобучения.
8	Тема 8. Валидация моделей при автоматическом переобучении. Рассматриваемые вопросы: - Разработка тестов для новой модели. - Настройка пороговых значений. - Автоматическое сравнение с текущей моделью. - Принятие решения о деплое.
9	Тема 9. CI/CD для автоматического переобучения. Рассматриваемые вопросы: - Интеграция переобучения в CI/CD. - Автоматическое тестирование в пайплайне. - Автоматический деплой. - Мониторинг пайплайна.
10	Тема 10. Управление версиями моделей в продвинутом MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Регистрация моделей. - Управление версиями. - Переход между стадиями. - Интеграция с пайплайнами.
11	Тема 11. Оркестрация сложных пайплайнов. Рассматриваемые вопросы: - Создание сложных DAG. - Управление зависимостями. - Параллельное выполнение. - Обработка ошибок.
12	Тема 12. Управление качеством данных в пайплайнах. Рассматриваемые вопросы: - Включение проверок качества данных. - Автоматическая валидация. - Мониторинг качества. - Обработка аномалий.
13	Тема 13. Настройка A/B-тестирования моделей. Рассматриваемые вопросы: - Планирование A/B-эксперимента. - Настройка развертывания двух версий.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Сбор данных эксперимента. - Анализ результатов.
14	Тема 14. Комплексный MLOps-пайплайн. Рассматриваемые вопросы: - Проектирование комплексного пайплайна. - Включение всех этапов. - Интеграция инструментов. - Тестирование пайплайна.
15	Тема 15. Комплексный проект: проектирование и реализация. Рассматриваемые вопросы: - Формулировка задачи. - Проектирование архитектуры MLOps. - Выбор инструментов. - Реализация пайплайна.
16	Тема 16. Комплексный проект: защита. Рассматриваемые вопросы: - Подготовка итогового отчёта. - Подготовка презентации. - Демонстрация работы системы. - Защита проекта.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа с лекционным материалом и дополнительной литературой.
2	Изучение документации по продвинутым MLOps-инструментам.
3	Подготовка к практическим занятиям и выполнение домашних заданий.
4	Самостоятельное исследование стратегий автоматического переобучения.
5	Изучение кейсов внедрения продвинутого MLOps.
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	Потапова, К. А. Прикладная разработка систем искусственного интеллекта на языке Питон: алгоритмы кластеризации больших наборов данных : учебно-методическое пособие / К. А.	https://e.lanbook.com/book/516283

	Потапова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 67 с. — ISBN 978-5-7339-2801-2.	
2	Горшенин, А. К. Методы машинного обучения. Классические алгоритмы : учебное пособие / А. К. Горшенин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2026. — 121 с. — ISBN 978-5-7339-2955-2.	https://e.lanbook.com/book/523312
3	Потапова, К. А. Основы машинного обучения на языке Питон : учебно-методическое пособие / К. А. Потапова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2025. — 66 с. — ISBN 978-5-7339-2440-3	https://e.lanbook.com/book/493361

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
Grafana
Docker
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:

Зачет в 6 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

Директор ЦС IT - программ ВИШ О.Б. Проневич

Председатель учебно-методической комиссии Д.В. Паринов