

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)

Операционализация моделей машинного обучения (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 операционализации моделей машинного обучения, включая интеграцию инструментов MLOps в существующую инфраструктуру, развертывание систем мониторинга, сборку и интеграцию программных модулей, а также применение методологий разработки программного обеспечения для создания надежных и масштабируемых ML-систем.

Задачами освоения дисциплины являются:

Формирование теоретических знаний о методах интеграции инструментов MLOps в существующую инфраструктуру организации.

Освоение практических навыков развертывания систем мониторинга моделей машинного обучения и настройки оповещений.

Приобретение умений выполнять процедуры сборки программных модулей и компонентов в программный продукт.

Формирование компетенций по применению методологий разработки программного обеспечения и технологий программирования в MLOps.

Освоение методов и средств сборки модулей и компонентов компьютерного программного обеспечения.

Приобретение навыков настройки параметров программного продукта и запуска процедур сборки.

Дисциплина предназначена для формирования компетенций, необходимых для решения профессиональных задач, связанных с проектированием и внедрением систем автоматизации жизненного цикла машинного обучения, разработкой требований и проектированием программного обеспечения, а также интеграцией программных модулей и проверкой работоспособности программных продуктов.

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);

ППК-РЗ - Способен выполнять интеграцию программных модулей и компонентов и проверять работоспособность выпусков программного продукта.

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

Знать:

Методы интеграции инструментов MLOps в существующую инфраструктуру, методологии разработки компьютерного программного обеспечения и технологии программирования.

Методы и средства сборки модулей и компонентов компьютерного программного обеспечения, интерфейсы взаимодействия с внешней средой и внутренних модулей системы.

Методы и средства проверки работоспособности выпусков программных продуктов и процедуры развертывания компьютерного программного обеспечения.

Уметь:

Развертывать системы мониторинга моделей машинного обучения, настраивать оповещения от мониторинга и выполнять процедуры сборки программных модулей и компонентов в программный продукт.

Писать программный код процедур интеграции программных модулей, использовать выбранную среду программирования для разработки процедур интеграции и производить настройки параметров программного продукта.

Применять методы и средства сборки модулей и компонентов компьютерного программного обеспечения для разработки процедур развертывания и миграции данных.

Владеть:

Навыками интеграции инструментов MLOps в существующую инфраструктуру и настройки систем мониторинга моделей.

Навыками сборки программных модулей и компонентов в программный продукт и проверки их работоспособности.

Навыками разработки процедур интеграции программных модулей и настройки параметров программного продукта.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 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):	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 84 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 операционализацию моделей машинного обучения. Рассматриваемые вопросы: - Определение операционализации ML-моделей. - Роль MLOps в жизненном цикле машинного обучения. - Отличия MLOps от DevOps. - Модель зрелости MLOps. - Обзор экосистемы MLOps-инструментов.
2	Тема 2. Жизненный цикл ML-моделей и MLOps. Рассматриваемые вопросы: - Этапы жизненного цикла ML-моделей. - Разработка и обучение моделей. - Тестирование и валидация. - Развертывание и мониторинг. - Переобучение и обновление моделей. - Управление версиями моделей и данных.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
3	<p>Тема 3. Методологии разработки ПО в MLOps.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agile и Scrum в ML-проектах. - Waterfall и его применение. - DevOps-культура и её адаптация для ML. - Управление требованиями в ML-проектах. - Документирование ML-решений.
4	<p>Тема 4. Интеграция инструментов MLOps в инфраструктуру.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы интеграции MLOps-инструментов. - Архитектурные подходы к интеграции. - Совместимость с существующими системами. - Миграция на MLOps-платформы. - Оценка затрат и рисков интеграции.
5	<p>Тема 5. Интерфейсы взаимодействия в MLOps-системах.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Интерфейсы взаимодействия с внешней средой. - Интерфейсы взаимодействия внутренних модулей системы. - API и микросервисная архитектура. - Спецификации интерфейсов. - Документирование интерфейсов.
6	<p>Тема 6. Сборка программных модулей и компонентов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы и средства сборки модулей. - Управление зависимостями. - Системы сборки. - Непрерывная интеграция. - Автоматизация сборки.
7	<p>Тема 7. Процедуры интеграции программных модулей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка процедур интеграции. - Интеграционное тестирование. - Управление версиями компонентов. - Инструменты интеграции. - Автоматизация интеграции.
8	<p>Тема 8. Развертывание компьютерного программного обеспечения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы развертывания ПО. - Контейнеризация приложений. - Оркестрация контейнеров. - Стратегии развертывания. - Автоматизация развертывания.
9	<p>Тема 9. Мониторинг моделей машинного обучения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Задачи мониторинга ML-моделей. - Мониторинг качества предсказаний. - Детектирование дрейфа данных. - Детектирование дрейфа концепции. - Инструменты мониторинга.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
10	<p>Тема 10. Настройка систем мониторинга и оповещений.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Архитектура систем мониторинга. - Сбор и агрегация метрик. - Настройка правил оповещений. - Интеграция с пайплайнами. - Автоматизация мониторинга.
11	<p>Тема 11. CI/CD для машинного обучения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Особенности CI/CD для ML-проектов. - Автоматизация тестирования моделей. - Сборка и упаковка моделей. - Развертывание моделей в production. - Автоматизация переобучения.
12	<p>Тема 12. Проверка работоспособности выпусков программных продуктов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы и средства проверки работоспособности. - Тестирование программных продуктов. - Валидация и верификация. - Метрики качества выпусков. - Автоматизация проверки.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Тема 1. Установка и настройка MLOps-инструментов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Установка и настройка инструментов MLOps. - Настройка окружения. - Проверка работоспособности. - Знакомство с интерфейсом и функционалом.
2	<p>Тема 2. Работа с системами версионирования данных и моделей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка инструментов версионирования. - Добавление данных под версионный контроль. - Управление версиями моделей. - Интеграция с Git.
3	<p>Тема 3. Сборка программных модулей с использованием систем сборки.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка системы сборки. - Определение зависимостей. - Сборка модулей. - Проверка результатов сборки.
4	<p>Тема 4. Разработка процедур интеграции программных модулей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Определение интерфейсов. - Разработка кода интеграции.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - Тестирование интеграции. - Документирование процедур.
5	<p>Тема 5. Интеграция программных модулей в программный продукт.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Сборка программного продукта. - Интеграция модулей. - Проверка работоспособности. - Документирование процесса.
6	<p>Тема 6. Контейнеризация ML-приложений с Docker.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание Dockerfile. - Сборка образа. - Запуск контейнера. - Проверка работоспособности.
7	<p>Тема 7. Оркестрация контейнеров с Kubernetes.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание манифестов. - Развертывание приложения. - Масштабирование. - Мониторинг состояния.
8	<p>Тема 8. Настройка CI/CD-пайплайна для ML.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание пайплайна. - Определение этапов. - Настройка триггеров. - Запуск и мониторинг.
9	<p>Тема 9. Автоматическое тестирование моделей в CI/CD.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка тестов для моделей. - Интеграция тестов в пайплайн. - Настройка пороговых значений. - Анализ результатов.
10	<p>Тема 10. Развертывание систем мониторинга моделей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Установка и настройка инструментов. - Настройка сбора метрик. - Создание дашбордов. - Проверка работоспособности.
11	<p>Тема 11. Настройка сбора метрик качества моделей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Определение метрик для мониторинга. - Настройка сбора метрик. - Агрегация и хранение. - Визуализация метрик.
12	<p>Тема 12. Настройка оповещений от мониторинга.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Определение пороговых значений. - Настройка правил оповещений. - Настройка уведомлений. - Тестирование оповещений.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
13	<p>Тема 13. Детектирование дрефта данных.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка мониторинга распределений. - Выявление Data Drift. - Анализ влияния на качество. - Настройка оповещений на дрефт.
14	<p>Тема 14. Детектирование дрефта концепции.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка мониторинга качества предсказаний. - Выявление Concept Drift. - Анализ влияния на бизнес-показатели. - Настройка оповещений.
15	<p>Тема 15. Автоматизация переобучения моделей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка триггеров переобучения. - Автоматический запуск обучения. - Валидация новой модели. - Автоматическое обновление.
16	<p>Тема 16. Настройка параметров программного продукта.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Управление конфигурацией. - Настройка параметров развертывания. - Настройка производительности. - Документирование параметров.
17	<p>Тема 17. Проверка работоспособности выпусков программных продуктов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка тестовых сценариев. - Проведение тестирования. - Анализ результатов. - Документирование результатов.
18	<p>Тема 18. Интеграция MLOps-инструментов в инфраструктуру.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка взаимодействия инструментов. - Интеграция с существующими системами. - Настройка общего контура управления. - Тестирование интеграции.
19	<p>Тема 19. Работа с интерфейсами взаимодействия.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка спецификаций интерфейсов. - Реализация интерфейсов. - Тестирование взаимодействия. - Документирование интерфейсов.
20	<p>Тема 20. Управление зависимостями и сборка модулей.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Определение зависимостей. - Настройка системы сборки. - Сборка модулей. - Проверка сборки.
21	<p>Тема 21. Разработка процедур развертывания ПО.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - Разработка скриптов развертывания. - Настройка окружения. - Развертывание приложения. - Проверка работоспособности.
22	<p>Тема 22. Миграция и преобразование данных в MLOps.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка процедур миграции. - Преобразование данных. - Проверка целостности. - Документирование процедур.
23	<p>Тема 23. Создание программных интерфейсов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка API. - Реализация интерфейсов. - Тестирование API. - Документирование интерфейсов.
24	<p>Тема 24. Безопасность в MLOps-пайплайнах.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Настройка контроля доступа. - Шифрование данных. - Аудиторские следы. - Обеспечение соответствия требованиям.

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 настройка MLOps-инструментов.
5	Изучение кейсов операционализации моделей 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	Артемов, М. А. Машинное обучение : учебно-методическое пособие / М. А. Артемов, С. В.	https://e.lanbook.com/book/455024

	Золотарев, Е. С. Барановский. — Воронеж : ВГУ, 2021. — 22 с.	
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).

MS Office (Excel, Word, PowerPoint)

Apache Superset

Yandex Datalens

Metabase

PostgreSQL

Docker

Apache Airflow

Браузер Chrome / Яндекс браузер

Draw.io

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 6 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

Директор ЦС IT - программ ВИШ

О.Б. Проневич

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов