

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



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Развертывание и поддержка моделей искусственного интеллекта

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Искусственный интеллект и предиктивная аналитика в транспортных системах

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: 5665

Подписал: заведующий кафедрой Нутович Вероника
Евгеньевна

Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения данной дисциплины является получение базовых, теоретических знаний и навыков в области организации процесса непрерывной интеграции и развертывания моделей интеллектуальных систем.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых представлений и знаний о жизненном цикле проектирования, реализации, валидации, развертывании и мониторинга моделей искусственного интеллекта, основаном на лучших практиках автоматизации процессов в соответствии с методологией MLOps;
- формирование у обучающихся навыков работы с инструментами контроля версий кода, данных и моделей, организации автоматизированных процессов управления экспериментами, интеграцией, валидацией, развертывания и мониторингом моделей искусственного интеллекта.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-3 - Способен проектировать, разрабатывать, обучать, оценивать и разворачивать модели искусственного интеллекта в соответствии с DevOps, DataOps и MLOps методологиями.

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

Уметь:

- использовать системы контроля версий для версионирования кода обучения моделей, данных и признаков, конфигурации виртуальных сред;
- использовать Apache Airflow для организации воспроизводимого конвейера машинного обучения;
- использовать инструменты Prometheus и Grafana для организации мониторинга работы моделей искусственного интеллекта.
- проектировать и реализовывать компоненты интеграции моделей искусственного интеллекта используя современные архитектуры;
- использовать Docker и K8s для развертывания компонентов интеллектуальных систем.

Знать:

- особенности постановки бизнес-целей разработки ML-решений;

- этапы жизненного цикла разработки ML-решений;
- основные концепции методологии MLOps;
- основы принципы работы систем контроля версий для артефактов моделирования искусственного интеллекта;
- принципы и подходы к управлению экспериментами;
- методы и стратегии валидации моделей искусственного интеллекта;
- особенности подходов к обработке;
- подходом и методов поиска отклонений и сдвигов в данных.

Владеть:

- работы с инструментами автоматизации настройки виртуальных сред развертывания и выполнения моделей искусственного интеллекта;
- навыком организации процессов автоматического сбора и подготовки данных для обучения в AirFlow;
- навыком организации процессов разработки моделей с использованием MLFlow;
- навык организации конвейнеров для автоматического анализа модели и подбора порогов;
- навык организации процессов развертывания и обновления моделей искусственного интеллекта.

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 №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	32	32
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	16	16

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 112 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	Введение в воспроизводимые и масштабируемые процессы машинного обучения (ML). Рассматриваемые вопросы: - введение в организацию сред разработки для машинного обучения; - воспроизводимость и масштабируемость исследований; - виртуальные окружения, виды и особенности; - бизнес-метрики, цели и приоритеты; - типовой ML проект, типовые ошибки.
2	Жизненный цикл разработки ML-решения. Рассматриваемые вопросы: - введение в понятие MLOps, архитектура MLOps; - анализ требований, формирование целей; - сбор и подготовка данных; - машинное обучение и разработка моделей ИИ; - развертывание в различных виртуальных средах; - мониторинг; - обзор инструментов MLOps, облачные платформы.
3	Хранение и контроль версий. Рассматриваемые вопросы: - введение в проблематику хранения и версионирования кода и моделей ИИ; - версионирование данных, обзор Data Version Control; - трекинг данных, восстановление данных, обеспечение воспроизводимости и масштабируемости с помощью конвейеров данных; - параметры, графики и метрики в DVC; - работа с FeatureStore; - обзор Github, Gitlab, Gitea для версионирования кода; - подход «Инфраструктура как код».
4	Подходы к работе с данными на каждом этапе разработки ML-решений. Рассматриваемые вопросы: - введение в работу с данными в виде таблиц, текста, картинок, аудио и видео, особенности разметки;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- обзор особенностей работы с Pandas, SQL и NoSQL, Apache Spark, Hive в автоматизированных процессах; - обзор инструментов для планирования и выполнения задач по обработке данных; - организация процессов сбора и подготовки данных для обучения в AirFlow.
5	Управление экспериментами. Рассматриваемые вопросы: - введение в понятие эксперимента, подходы к управлению экспериментами; - технологии и инструменты для управления экспериментами; - управления экспериментами в MLFlow; - организация процессов разработки моделей с использованием MLFlow; - упаковка моделей; - организация репозитория и реестров моделей ИИ.
6	Валидация моделей ИИ. Интеграция моделей ИИ. Рассматриваемые вопросы: - введение в стратегии валидации моделей; - обучающая, тестовая и валидационные выборки; - кросс-валидации, временная кросс-валидация; - анализ моделей ИИ, анализ метрик и выбор порогов, анализ производительности, анализ ошибок; - организация конвейеров для автоматического анализа модели и подбора порогов; - введение в распространенные модели интеграции моделей ИИ; - архитектурные особенности современных систем, распределенные системы; - монолиты, модулиты, сервисы и микросервисы; - платформы, языки программирования и фреймворки; - особенности интеграции на облачных платформах; - модели пакетной обработки и обработки в реальном времени и их особенности интеграции; - связь жизненного цикла разработки моделей ИИ с жизненным циклом разработки ПО; - автоматизация интеграции моделей ИИ в рамках MLOps, обзор инструментов и практик.
7	Развертывание моделей ИИ. Рассматриваемые вопросы: - особенности современных технологий развертывания, технологии, DevOps и MLOps практики; - обзор технологий контейнеризации, Docker, K8s; - особенности развертывания интеллектуальных систем пакетной обработки, AirFlow; - особенности развертывания интеллектуальных систем обработки в реальном времени, Kafka; - обновление моделей ИИ.
8	Мониторинг. Рассматриваемые вопросы: - введение в сбор и визуализация метрик; - инструменты сбора и визуализации метрик Prometheus и Grafana; - анализ работы моделей, поиск отклонений и сдвигов в данных; - оповещения, процессы обработки оповещений.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Постановка задачи и бизнес-цели. В результате выполнения практической работы студент знакомится с постановкой целей разработки ML-решений, установкой приоритетов и формированием бизнес-целей.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
2	Версионирование кода. Версионирование данных. В результате выполнения практической работы студент получает навык работы с инструментами версионирования кода – Gitlab и Gitea, а также навык версионирования данных и признаков с помощью инструментов Data Version Control и FeatureStore.
3	Инфраструктура как код. Работа с данными. В результате выполнения практической работы студент получает навык работы с инструментами автоматизации настройки виртуальных сред развертывания и выполнения моделей ИИ, а также навык организации процессов сбора и подготовки данных для обучения в AirFlow.
4	Управление экспериментами в MLFlow. В результате выполнения практической работы студент получает навык организации процессов разработки моделей с использованием MLFlow.
5	Управление валидацией. В результате выполнения практической работы студент получает навык организации конвейнеров для автоматического анализа модели и подбора порогов.
6	Управление интеграцией. В результате выполнения практической работы студент получает навык организации процессов интеграции моделей ИИ.
7	Управление развертыванием. В результате выполнения практической работы студент получает навык организации процессов развертывания и обновления моделей ИИ.
8	Мониторинг. В результате выполнения практической работы студент получает навык сбора и визуализации метрик с помощью Prometheus и Grafana.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение рекомендованной литературы.
2	Подготовка к практическим занятиям.
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Организация процессов версионирования кода обучения моделей ИИ на платформе Gitlab.
2. Организация процессов версионирования инфраструктурного кода и конфигураций на платформе Gitea.
3. Организация процессов версионирования данных с использованием Data Version Control.
4. Организация процессов версионирования признаков с использованием FeatureStore.

5. Организация процессов сбора и подготовки данных для пакетной обработки с использованием AirFlow.
6. Организация процессов сбора и подготовки данных для обработки данных в реальном времени с использованием Kafka и Spark Stream.
7. Обзор свободно-распространяемых MLOps решений.
8. Особенности автоматизации процессов для пакетной обработки в рамках управления экспериментами в MLFlow.
9. Особенности автоматизации процессов для обработки данных в реальном времени в рамках управления экспериментами в MLFlow.
10. Docker для процессов моделирования ИИ.
11. Визуализация и анализ метрик моделей ИИ.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Хапке, Х. Разработка конвейеров машинного обучения : руководство / Х. Хапке, К. Нельсон ; перевод с английского Н. Б. Желновой. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 346 с. — ISBN 978-5-97060-886-9. — Текст : электронный	https://e.lanbook.com/book/241088 (дата обращения: 11.04.2025)
2	Баймуратов, И. Р. Методы автоматизации машинного обучения : учебное пособие / И. Р. Баймуратов. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2020. — 40 с. — Текст : электронный	https://books.ifmo.ru/file/pdf/2625.pdf (дата обращения: 11.04.2025)
3	Харенслак, Б. Apache Airflow и конвейеры обработки данных / Б. Харенслак, Р. Д. де ; перевод с английского Д. А. Беликова. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 502 с. — ISBN 978-5-97060-970-5. — Текст : электронный	https://e.lanbook.com/book/241133 (дата обращения: 11.04.2025)
4	Сейерс, Э. Х. Docker на практике / Э. Х. Сейерс, А. Милл ; перевод с английского Д. А. Беликов. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 516 с. — ISBN 978-5-97060-772-5. — Текст : электронный	https://e.lanbook.com/book/131719 (дата обращения: 11.04.2025)
5	Кочер, П. С. Микросервисы и контейнеры Docker : руководство / П. С. Кочер ; перевод с английского А. Н. Киселева. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 240 с. — ISBN 978-5-97060-739-8. — Текст : электронный	https://e.lanbook.com/book/123710 (дата обращения: 11.04.2025)

6	Пселтис, Э. Д. Поточковая обработка данных. Конвейер реального времени / Э. Д. Пселтис ; перевод с английского А. А. Слинкин. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 218 с. — ISBN 978-5-97060-606-3. — Текст : электронный	https://e.lanbook.com/book/105840 (дата обращения: 11.04.2025)
---	--	---

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

Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки РУТ(МИИТ) (<http://library.miit.ru/>)

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>)

Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>)

Открытые лекции (<https://sphere.vk.company/materials/video/#19>)

Открытые лекции (<https://ods.ai/tracks/ml-in-production-spring-22>)

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

Браузер Microsoft Internet Explorer или его аналоги

Пакет офисных программ Microsoft Office или его аналоги

Python 3.6 и выше

Anaconda

Data Version Control

FeatureStore

Apache Airflow

MLflow

GitLab

Prometheus

Grafana

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

Для практических занятий – наличие персональных компьютеров вычислительного класса.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3 семестре.

Курсовая работа в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

заведующий кафедрой, доцент, к.н.
кафедры «Цифровые технологии
управления транспортными
процессами»

В.Е. Нутович

старший преподаватель кафедры
«Цифровые технологии управления
транспортными процессами»

Е.А. Заманов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ЦТУТП

В.Е. Нутович

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова