

**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 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 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	<p>Введение в воспроизводимые и масштабируемые процессы машинного обучения (ML).</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в организацию сред разработки для машинного обучения;</li> <li>- воспроизводимость и масштабируемость исследований;</li> <li>- виртуальные окружения, виды и особенности;</li> <li>- бизнес-метрики, цели и приоритеты;</li> <li>- типовой ML проект, типовые ошибки.</li> </ul>
2	<p>Жизненный цикл разработки ML-решения.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в понятие MLOps, архитектура MLOps;</li> <li>- анализ требований, формирование целей;</li> <li>- сбор и подготовка данных;</li> <li>- машинное обучение и разработка моделей ИИ;</li> <li>- развертывание в различных виртуальных средах;</li> <li>- мониторинг;</li> <li>- обзор инструментов MLOps, облачные платформы.</li> </ul>
3	<p>Хранение и контроль версий.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в проблематику хранения и версионирования кода и моделей ИИ;</li> <li>- версионирование данных, обзор Data Version Control;</li> <li>- трекинг данных, восстановление данных, обеспечение воспроизводимости и масштабируемости с помощью конвейеров данных;</li> <li>- параметры, графики и метрики в DVC;</li> <li>- работа с FeatureStore;</li> <li>- обзор Github, Gitlab, Gitea для версионирования кода;</li> <li>- подход «Инфраструктура как код».</li> </ul>
4	<p>Подходы к работе с данными на каждом этапе разработки ML-решений.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в работу с данными в виде таблиц, текста, картинок, аудио и видео, особенности разметки;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обзор особенностей работы с Pandas, SQL и NoSQL, Apache Spark, Hive в автоматизированных процессах;</li> <li>- обзор инструментов для планирования и выполнения задач по обработке данных;</li> <li>- организация процессов сбора и подготовки данных для обучения в AirFlow.</li> </ul>
5	<p><b>Управление экспериментами.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в понятие эксперимента, подходы к управлению экспериментами;</li> <li>- технологии и инструменты для управления экспериментами;</li> <li>- управления экспериментами в MLFlow;</li> <li>- организация процессов разработки моделей с использованием MLFlow;</li> <li>- упаковка моделей;</li> <li>- организация репозитория и реестров моделей ИИ.</li> </ul>
6	<p><b>Валидация моделей ИИ. Интеграция моделей ИИ.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в стратегии валидации моделей;</li> <li>- обучающая, тестовая и валидационные выборки;</li> <li>- кросс-валидации, временная кросс-валидация;</li> <li>- анализ моделей ИИ, анализ метрик и выбор порогов, анализ производительности, анализ ошибок;</li> <li>- организация конвейеров для автоматического анализа модели и подбора порогов;</li> <li>- введение в распространенные модели интеграции моделей ИИ;</li> <li>- архитектурные особенности современных систем, распределенные системы;</li> <li>- монолиты, модулиты, сервисы и микросервисы;</li> <li>- платформы, языки программирования и фреймворки;</li> <li>- особенности интеграции на облачных платформах;</li> <li>- модели пакетной обработки и обработки в реальном времени и их особенности интеграции;</li> <li>- связь жизненного цикла разработки моделей ИИ с жизненным циклом разработки ПО;</li> <li>- автоматизация интеграции моделей ИИ в рамках MLOps, обзор инструментов и практик.</li> </ul>
7	<p><b>Развертывание моделей ИИ.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности современных технологий развертывания, технологии, DevOps и MLOps практики;</li> <li>- обзор технологий контейнеризации, Docker, K8s;</li> <li>- особенности развертывания интеллектуальных систем пакетной обработки, AirFlow;</li> <li>- особенности развертывания интеллектуальных систем обработки в реальном времени, Kafka;</li> <li>- обновление моделей ИИ.</li> </ul>
8	<p><b>Мониторинг.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- введение в сбор и визуализация метрик;</li> <li>- инструменты сбора и визуализации метрик Prometheus и Grafana;</li> <li>- анализ работы моделей, поиск отклонений и сдвигов в данных;</li> <li>- оповещения, процессы обработки оповещений.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

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

№ 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	<a href="https://e.lanbook.com/book/241088">https://e.lanbook.com/book/241088</a> (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	<a href="https://books.ifmo.ru/file/pdf/2625.pdf">https://books.ifmo.ru/file/pdf/2625.pdf</a> (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	<a href="https://e.lanbook.com/book/241133">https://e.lanbook.com/book/241133</a> (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	<a href="https://e.lanbook.com/book/131719">https://e.lanbook.com/book/131719</a> (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	<a href="https://e.lanbook.com/book/123710">https://e.lanbook.com/book/123710</a> (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	<a href="https://e.lanbook.com/book/105840">https://e.lanbook.com/book/105840</a> (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/) (<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