МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

Сопровождение моделей машинного обучения

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Вычислительной и прикладной математики**

Учебный план 09.03.04_25_00_ ИИ.plx
09.03.04 Программная инженерия

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**7 (4.1)**		Итого	
Недель	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24
Лабораторные	24	24	24	24
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	48,25	48,25	48,25	48,25
Контактная работа	48,25	48,25	48,25	48,25
Сам. работа	51	51	51	51
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):
д.т.н, профессор, Демидова Лилия Анатольевна

Рабочая программа дисциплины
Сопровождение моделей машинного обучения

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 920)

составлена на основании учебного плана:
09.03.04 Программная инженерия
утвержденного учёным советом вуза от 30.01.2026 протокол № 7.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от 01.09.2025 г. № 1
Срок действия программы: 20252029 уч.г.
Зав. кафедрой Овечкин Геннадий Владимирович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2027 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2028 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2029 г. № __

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Вычислительной и прикладной математики

Протокол от __ _____ 2030 г. № __

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью дисциплины является формирование компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, а также компетенций, определенных в соответствии с компетентостно-ролевой моделью, разработанной ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» в рамках проекта ТОП-ИИ, в результате освоения которых обучающийся сможет проводить настройку существующих моделей искусственного интеллекта, дообучение моделей искусственного интеллекта, использование ранее созданных программных библиотек и фреймворков для решения прикладных задач.
1.2	В рамках дисциплины студенты приобретают базовые знания и умения в сфере сопровождения моделей машинного обучения, а также получают практические навыки в разработке программных средств, решающих интеллектуальные задачи, как на традиционных языках программирования, так и на языке систем искусственного интеллекта, таком как Python, и в сопровождении моделей машинного обучения с применением современных инструментов и платформ для MLOps.
1.3	Основные задачи освоения учебной дисциплины:
1.4	1. получение знаний в сфере сопровождения моделей машинного обучения, знакомство с различными научными направлениями в этой сфере; формирование представлений о различных инструментах сопровождения моделей машинного обучения и оценке качества моделей, разработанных с применением инструментов сопровождения моделей машинного обучения;
1.5	2. изучение моделей, разработанных с применением инструментов сопровождения моделей машинного обучения, и методов повышения их качества;
1.6	3. изучение аспектов развертывания и эксплуатации модели машинного обучения, жизненного цикла модели машинного обучения, мониторинга и диагностики моделей машинного обучения, автоматизации процессов; инструментов и платформ для MLOps;
1.7	4. систематизация и закрепление практических навыков и умений по решению интеллектуальных задач с использованием инструментов сопровождения моделей машинного обучения на языке Python.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.02
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Математическая статистика для систем искусственного интеллекта
2.1.2	Основы систем искусственного интеллекта
2.1.3	Компьютерная математика
2.1.4	Программирование
2.1.5	Введение в машинное обучение
2.1.6	Автоматизированное машинное обучение
2.1.7	Управление проектами в сфере ИИ (смежная дисциплина)
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Преддипломная практика
2.2.2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-19: Способен управлять процессом жизненного цикла ИИ-продукта (LC-4)

ПК-19.1. Осуществляет запуск и ведение проекта в области ИИ, в том числе планирование и контроль задач, оценку ресурсов (LC-4.1)

Знать
принципы контролирования реализации системы искусственного интеллекта в соответствии с её разработанной архитектурой
Уметь
применять принципы контролирования реализации системы искусственного интеллекта
Владеть
навыками контролирования реализации системы искусственного интеллекта

ПК-19.2. Контролирует реализацию проекта в соответствии с разработанной архитектурой проекта (LC-4.3)

Знать
принципы запуска и ведения проекта по разработке системы искусственного интеллекта
Уметь
осуществлять планирование и контроль задач, оценку ресурсов при запуске и ведении проекта по разработке системы искусственного интеллекта
Владеть
навыками запуска и ведения проекта по разработке системы искусственного интеллекта

ПК-20: Способен использовать различные технологии разработки программного обеспечения, включая современные
ПК-20.3. Организует внедрение и сопровождение разработанного программного обеспечения
Знать методы и инструменты внедрения и сопровождения разработанного программного обеспечения в области ИИ **Уметь** выполнять внедрение и сопровождение разработанного программного обеспечения в области ИИ **Владеть** методами и инструментами внедрения и сопровождения разработанного программного обеспечения в области ИИ

ПК-26: Способен проводить анализ бизнес-проблем с оценкой перспективности применения ИИ для их решения, осуществлять постановку задачи, формулировать требования к системе ИИ (LC-1)
ПК-26.1. Формализует бизнес-цели и вырабатывает под них стратегии внедрения ИИ (LC-1.1)
Знать принципы формализации бизнес-цели заказчика по внедрению искусственного интеллекта **Уметь** выявлять заинтересованные стороны во внедрении искусственного интеллекта **Владеть** принципами формулировки требований сторон, заинтересованных во внедрении искусственного интеллекта с использованием интервью, анкетирования и наблюдения
ПК-26.2. Выбирает оптимальные технологии под конкретные требования проекта внедрения ИИ (LC-1.2)
Знать принципы анализа окружения места внедрения искусственного интеллекта, рассматривая под окружением места внедрения пользовательское окружение, конфигурацию оборудования, программное окружение, операционную среду **Уметь** выявлять функциональные и нефункциональные требования (ограничения, производительность, атрибуты качества, защищенность, документирование, развертывание) к разрабатываемой или внедряемой системе искусственного интеллекта **Владеть** навыками анализа окружения места внедрения искусственного интеллекта и формулировки функциональных и нефункциональных требований к системе искусственного интеллекта

ПК-27: Способен проектировать и поддерживать архитектуру систем искусственного интеллекта (LC-3)
ПК-27.1. Создает и развивает архитектуры системы ИИ на всех этапах жизненного цикла (LC-3.1)
Знать принципы и паттерны проектирования архитектуры систем искусственного интеллекта **Уметь** применять эффективные паттерны при проектировании архитектуры систем искусственного интеллекта **Владеть** навыками проектирования архитектуры систем искусственного интеллекта

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	этапы жизненного цикла моделей машинного обучения; методы, инструменты и приемы сопровождения моделей машинного обучения
3.2	**Уметь:**
3.2.1	развертывать модели машинного обучения; выполнять мониторинг и диагностику моделей машинного обучения; автоматизировать процессы переобучения моделей машинного обучения; оценивать качество и обеспечивать эксплуатацию моделей машинного обучения
3.3	**Владеть:**
3.3.1	методами, инструментами и приемами сопровождения моделей машинного обучения

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Раздел 1. Сопровождение моделей машинного обучения					
1.1	/Тема 1/ Введение и базовое развертывание модели машинного обучения. /Тема/	7	0			

1.2	От прототипа к продакшену. Жизненный цикл ML-модели. Развертывание модели как REST API сервиса. /Лек 1/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-26.1-З ПК-26.2-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.3	Упаковка модели в Docker-контейнер и развертывание REST API сервиса. /Лаб 1/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-26.1-У ПК-26.1-В ПК-26.2-У ПК-26.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.4	Жизненный цикл ML-модели. MLOps как набор практик на стыке машинного обучения, DevOps и инженерии данных. MLOps-паспорт жизненного цикла модели машинного обучения. Разработка, развертывание, мониторинг, сопровождение, вывод из эксплуатации. Ключевые метрики успеха, ответственные лица, используемые инструменты и потенциальные риски. /Ср 1/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-26.1-З ПК-26.1-У ПК-26.1-В ПК-26.2-З ПК-26.2-У ПК-26.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.5	Инструменты и платформы для MLOps. Настройка логирования и мониторинга с помощью MLflow. Логирование артефактов, параметров и метрик как инстумент первичного мониторинга и основа для работы с версиями модели /Лек 2/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-19.1-З ПК-19.2-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.6	Настройка логирования и мониторинга с помощью MLflow. /Лаб 2/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.7	Инструменты и платформы для MLOps. Сравнительный анализ MLOps-платформ. MLflow, Kubeflow, AWS SageMaker, Azure ML. Возможности MLOps-платформ по сопровождению уже развернутой модели: мониторинг, версионирование, переобучение. Критерии: цена, простота настройки, интеграция с Kubernetes, возможности мониторинга дрейфа. /Ср 2/ /Ср/	7	5	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-З ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.8	/Тема 2/ Мониторинг и диагностика моделей машинного обучения. /Тема/	7	0			
1.9	Мониторинг данных. Детектирование дрейфа данных (Data Drift). Концептуальный и популяционный сдвиг. /Лек 3/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-19.1-З ПК-19.2-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.10	Детектирование и визуализация популяционного сдвига (Data Drift) с помощью Evidently AI. /Лаб 3/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.11	Мониторинг данных. Концептуальный и популяционный сдвиг. Детектирование популяционного сдвига (Data Drift). Расчет и визуализацию метрик дрейфа (PSI, JS-дивергенция) для числовых и категориальных признаков с помощью библиотек scipy или numpy. /Ср 3/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-З ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	

1.12	Мониторинг моделей. Сдвиг целевой переменной и деградация. Детектирование сдвига в прогнозах (Target/Prediction Drift). /Лек 4/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-19.1-З ПК-19.2-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.13	Детектирование дрейфа прогнозов и целевого сдвига (Target/Concept Drift). /Лаб 4/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.14	Мониторинг моделей. Сдвиг целевой переменной и деградация. Моделирование и анализ сценария «гниения» (Decay) регрессионной модели на примере набора данных с временными метками. Хронологические обучающие и тестовые данные. Деградация метрики качества (например, RMSE) со временем на тестовой выборке. Анализ графических зависимостей и выбор порогового значения метрики для запуска переобучения. /Ср 4/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-З ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.15	Системный мониторинг ML-систем. Создание дашборда для мониторинга ML-системы. /Лек 5/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-19.1-З ПК-19.2-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.16	Создание дашборда для мониторинга (Prometheus/Grafana) для ML-системы. /Лаб 5/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.17	Системный мониторинг ML-систем. Дашборд системного здоровья для REST API сервиса. Prometheus/Grafana. Сбор и визуализация ключевых метрик: частота запросов (RPS), задержка (latency p95), потребление CPU/RAM, процент ошибок. /Ср 5/ /Ср/	7	5	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-З ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.18	/Тема 3/ Автоматизация процессов /Тема/	7	0			
1.19	Стратегии переобучения моделей. Версионирование данных и моделей с помощью DVC и MLflow. Реализация стратегии переобучения по расписанию и по триггеру дрейфа. Выбор типа переобучения (реактивное/проактивное, онлайн/оффлайн). /Лек 6/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-27.1-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.20	Реализация стратегии переобучения по расписанию и по триггеру дрейфа. /Лаб 6/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-27.1-У ПК-27.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.21	Стратегии переобучения моделей. Стратегии переобучения для контрастных кейсов: модель предсказания кредитного риска (данные меняются медленно, цена ошибки высока и модель рекомендаций для новостной ленты (данные меняются быстро, требуется оперативность (agility)). Выбор типа переобучения (реактивное/проактивное, онлайн/оффлайн), частота и критерии запуска переобучения. /Ср 6/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-27.1-З ПК-27.1-У ПК-27.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	

1.22	Версионирование данных и моделей. /Лек 7 /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-27.1-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.23	Настройка версионирования данных (DVC) и моделей (MLflow) для воспроизводимости эксперимента. /Лаб 7/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-27.1-У ПК-27.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.24	Воспроизводимый эксперимент с помощью DVC и MLflow. Создайте два варианта признакового пространства (например, с PCA и без) для ML-проекта. Фиксация в DVC данных для каждого варианта, а в MLflow – гиперпараметров, кода, метрик и артефактов-моделей. Переключение и воспроизведение для различных версий. /Ср 7/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-27.1-З ПК-27.1-У ПК-27.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.25	Конвейеры переобучения и CI/CD для машинного обучения. Настройка CI/CD пайплайна для ML-модели. Airflow/Prefect. Разработка и оркестрация CI/CD/CT пайплайна с помощью Airflow. /Лек 8/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-27.1-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.26	Разработка и оркестрация CI/CD/CT пайплайна с помощью Airflow. /Лаб 8/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-27.1-У ПК-27.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.27	Проектирование CI/CD пайплайна для автоматического переобучения модели по расписанию. Описание этапов: крон-триггер, сбор новых данных, запуск обучения и валидации, анализ значений метрик относительного порогового значения (если выше порога – автоматическая запись новой модели в реестр). /Ср 8/ /Ср/	7	5	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-27.1-З ПК-27.1-У ПК-27.1-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1Л3.1	
1.28	/Тема 4/ Качество и эксплуатация моделей машинного обучения /Тема/	7	0			
1.29	Тестирование ML-моделей и систем. /Лек 9/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З ПК-19.1-З ПК-19.2-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.30	Разработка комплекса автоматических тестов (pytest): данные, модель, дрейф. /Лаб 9/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.31	Набор автоматических тестов (pytest) для ML-пайплайна. Data Tests: проверка на наличие null, соответствие ожидаемым диапазонам значений, наличие всех ожидаемых колонок. Model Tests: проверка, что метрика на "золотом" наборе данных не падает ниже порога. Drift Test: проверка, что PSI для ключевого признака не превышает порог. /Ср 9/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.1-З ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.32	Интерпретируемость и объяснимость моделей в продакшене. XAI (Explainable Artificial Intelligence). Генерация объяснений для прогнозов модели с помощью SHAP/LIME. /Лек 10/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	

1.33	Интеграция XAI (SHAP) в ML-сервис для объяснения индивидуальных прогнозов. /Лаб 10/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.34	Интеграция SHAP-объяснений в ML-проект. Модификация REST API сервиса для возвращения прогноза и TOP-K самых важных признаков, повлиявших на конкретное прогнозное значение. Визуализируйте результатов для различных запросов, анализ и объяснение логики модели. /Ср 10/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.35	Безопасность и этика ML-систем. Анализ устойчивости модели к Adversarial-атакам. /Лек 11/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.36	Аудит модели: проверка на устойчивость к атакам (Adversarial) и смещения (Bias). /Лаб 11/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.37	Мини-аудит безопасности и этики для модели бинарной классификации. Тестирование модели на устойчивость. Генерация состязательных (adversarial) примеров с помощью библиотеки ART (Adversarial Robustness Toolbox) и оценка изменений в прогнозах. Проверка модели на наличие смещения (bias) по одному из неизменяемых признаков (например, по полу) с помощью метрик Fairness (например, Equalized Odds). /Ср 11/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.38	Управление производительностью и вывод из эксплуатации. Пошаговый план вывода модели: уведомление пользователей, организация корректного выключения (graceful shutdown) API. Данные и артефакты для архивирования, срок архивирования. Пост-мортем (post-mortem) анализ эффективности модели. /Лек 12/ /Лек/	7	2	ПК-20.3-З	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.39	Оптимизация модели (ONNX) и разработка плана её вывода из эксплуатации. /Лаб 12/ /Лаб/	7	2	ПК-20.3-У ПК-20.3-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
1.40	План вывода модели из эксплуатации. Сезонность модели прогнозирования спроса. Пошаговый план вывода модели: уведомление пользователей, организация корректного выключения (graceful shutdown) API. Данные и артефакты для архивирования, срок архивирования. Пост-мортем (post-mortem) анализ эффективности модели. /Ср 12/ /Ср/	7	4	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1	
	Раздел 2. Контроль					
2.1	Контроль /Тема/	7	0			

2.2	Прием зачета /ИКР/	7	0,25	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-26.1-З ПК-26.1-У ПК-26.1-В ПК-26.2-З ПК-26.2-У ПК-26.2-В ПК-27.1-З ПК-27.1-У ПК-27.1-В ПК-19.1-З ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1Л3.1	
2.3	Подготовка к зачету /Зачёт/	7	8,75	ПК-20.3-З ПК-20.3-У ПК-20.3-В ПК-26.1-З ПК-26.1-У ПК-26.1-В ПК-26.2-З ПК-26.2-У ПК-26.2-В ПК-27.1-З ПК-27.1-У ПК-27.1-В ПК-19.1-З ПК-19.1-У ПК-19.1-В ПК-19.2-З ПК-19.2-У ПК-19.2-В	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.2 Л1.6 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.1Л3.1	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств дисциплины приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "ФОС СММО")

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.1	Демидова Л. А.	Разведочный анализ данных. Python. Часть 1	Москва: РТУ МИРЭА, 2022, 107 с.	, https://e.lanbook.com/book/310970
Л1.2	Баланов А. Н.	Машинное обучение и искусственный интеллект : учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2024, 172 с.	978-5-507-49194-0, https://e.lanbook.com/book/414920
Л1.3	Митяков Е. С., Шмелева А. Г., Ладынин А. И.	Искусственный интеллект и машинное обучение : учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2025, 252 с.	978-5-507-51465-6, https://e.lanbook.com/book/450827

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.4	Демидова Л. А.	Разведочный анализ данных. Python. Часть 2	Москва: РТУ МИРЭА, 2023, 92 с.	978-5-7339-1933-1, https://e.lanbook.com/book/382691
Л1.5	Рысин М. Л., Дворникова Е. М.	Введение в сопровождение программных систем. Часть 1	Москва: РТУ МИРЭА, 2023, 80 с.	978-5-7339-1941-6, https://e.lanbook.com/book/382715
Л1.6	Аншина М. Л.	Управление жизненным циклом информационных систем : учебное пособие	Москва: РТУ МИРЭА, 2024, 169 с.	978-5-7339-2318-5, https://e.lanbook.com/book/448937
Л1.7	Хапке, Х., Нельсон, К., Желнова, Н. Б.	Разработка конвейеров машинного обучения. Автоматизация жизненных циклов модели с помощью TensorFlow	Москва: ДМК Пресс, 2021, 345 с.	978-5-97060-886-9, https://www.iprbookshop.ru/125138.html

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л2.1	Никифоров, И. В., Юсупова, О. А., Воинов, Н. В., Ковалев, А. Д., Ткачук, А. С., Варламов, Д. А., Гераськин, Е. В., Никифорова, И. В., Юсуповой, О. А., Воинова, Н. В.	Программные инструменты обработки и визуализации данных. Elasticsearch, Logstash, Kibana, Grafana, Prometheus : учебное пособие	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2023, 140 с.	978-5-7422-8075-0, https://www.iprbookshop.ru/142999.html
Л2.2	Ложников, П. С., Самотуга, А. Е., Жумажанова, С. С., Сулавко, А. Е.	Безопасность систем искусственного интеллекта. Ч.2. Доверенный искусственный интеллект : учебное пособие	Омск: Омский государственный технический университет, 2023, 74 с.	978-5-8149-3614-1, 978-5-8149-3731-5 (ч.2), https://www.iprbookshop.ru/140828.html

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л3.1	Цуканова Н.И., Дмитриева Т.А.	Нейронные сети и генетические алгоритмы : метод. указ. к лаб. работам 1,2	Рязань, 2011, 32с.	, 1

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
PyCharm	Свободное ПО
Pyton	Свободное ПО

Anaconda3	Свободно распространяемое программное обеспечение под лицензиями

6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1	206-1 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 42 мест, 1 ПК: ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (1 шт. преподавательский) Телевизор: PHILIPS U7PEL4606H/60 документ-камера: AVER Media POB3 (AverVision 330) документ-камера: AverVisionF33 POE7D;
2	206-2 учебно-административный корпус. Аудитория для самостоятельной работы 18 мест, Телевизор PHILIPS 46PFL3208T/60; 18 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: AMD a10 7800 ОЗУ: 8 Gb ПЗУ: 500-1000 Gb (18 шт.)
3	206-3 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для самостоятельной работы Проектор: InFocus LP640 31 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (31 шт.)
4	206-4 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения практический занятий, лабораторных работ 30 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i5-12400 ОЗУ: 16 Гб ПЗУ: ssd 512 Гб (18 шт. моноблок) ЦП: Intel i7 6700 ОЗУ: 8 Гб ПЗУ: 120Gb ssd + 500 Гб (12 шт.)
5	106а учебно-административный корпус. Аудитория для самостоятельной работы 42 места (+15 мест за компьютерными столами) проектор BENQ 16 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: intel i3 3220, ОЗУ: 4 Gb, ПЗУ: 320-500 Gb (15 шт.) ЦП: intel i5 6500, ОЗУ: 8 Gb, ПЗУ: 500 Gb (1 шт. преподавательский)
6	110 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 20 мест (+20 мест за компьютерными столами) Проектор: HITACHI CP-X400 3LCD 21 ПК с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ЦП: Intel i5-12400 ОЗУ: 16 Гб ПЗУ: ssd 512 Гб (20 шт. моноблок + 1шт. преподавательский)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "МУ СММО")

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ	**12.10.26** 08:32 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Овечкин Геннадий Владимирович, Заведующий кафедрой ВПМ	**12.10.26** 08:33 (MSK)	Простая подпись