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

Глубокие нейронные сети

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	**Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств**
Учебный план	09.03.01_26_00_ИИ_САПР.plx 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Квалификация	**бакалавр**
Форма обучения	**очная**
Общая трудоемкость	**4 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**8 (4.2)**		Итого	
Недель	8			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	50,35	50,35	50,35	50,35
Контактная работа	50,35	50,35	50,35	50,35
Сам. работа	49	49	49	49
Часы на контроль	44,65	44,65	44,65	44,65
Итого	144	144	144	144

г. Рязань

Программу составил(и):
д.т.н., проф., Перепелкин Дмитрий Александрович

Рабочая программа дисциплины
Глубокие нейронные сети

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 929)

составлена на основании учебного плана:
09.03.01 Информатика и вычислительная техника
утвержденного учёным советом вуза от 20.05.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств

Протокол от 20.05.2026 г. № 6
Срок действия программы: 20262030 уч.г.
Зав. кафедрой Корячко Вячеслав Петрович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств

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
Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств

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
Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств

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

Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств

Протокол от __ _____ 2030 г. № __

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины «Глубокие нейронные сети» является изучение систем, основанных на искусственном интеллекте, методов интеллектуального анализа данных, машинного обучения и инженерии знаний, а также методов нечёткой логики и мягких вычислений для реализации проектов по разработке интеллектуальных систем, баз знаний, интеллектуальных аналитических моделей с использованием аппарата машинного обучения, нечёткой логики и мягких вычисления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Программирование на Python
2.1.2	Программно-конфигурируемые сети
2.1.3	Машинное обучение
2.1.4	Технологическая (проектно-технологическая) практика
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика

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

УК-12: Способен осуществлять свою трудовую деятельность с учётом необходимости эффективной коммуникации и взаимодействия в рамках коллективной проектной работы в сфере ИИ (SS-2)

УК-12.1. Эффективно коммуницирует с участниками проектной команды при планировании, реализации и анализе результатов работы в контексте гибридной команды "Человек+ИИ", включая постановку задач людям и ИИ-агентам, фиксацию договорённостей и критериев качества

Знать
принципы организации коллективной проектной работы в сфере ИИ: роли в команде (ML□инженер, дата□аналитик, продакт□менеджер), этапы жизненного цикла проекта (от постановки задачи до внедрения); стандарты коммуникации в технических командах; особенности взаимодействия между специалистами разного профиля
Уметь
чётко формулировать и презентовать технические решения (архитектуры, алгоритмы, метрики) для разных аудиторий (команда, руководство, заказчики); вести конструктивный диалог при планировании задач: уточнять требования, согласовывать сроки и критерии готовности, распределять зоны ответственности; документировать процессы и результаты работы в соответствии с принятыми в команде стандартами
Владеть
навыками эффективной коммуникации в гибридных командах; инструментами совместной разработки (Git, CI/CD, shared notebooks) и проектной аналитики; техниками фасилитации групповых обсуждений: модерация дискуссий, визуализация идей (схемы, диаграммы), фиксация решений; методами презентации результатов

ПК-12: Способен применять автоматическое машинное обучение (ML-7)

ПК-12.1. Обосновывает способы и варианты применения алгоритмов автоматического машинного обучения в задачах ИИ, включая их преобразование и адаптацию к специфике задачи

Знать
основные классы алгоритмов машинного обучения; типовые архитектуры и алгоритмы для ключевых задач; критерии выбора алгоритмов; методы адаптации и модификации алгоритмов
Уметь
анализировать постановку задачи и выделять ключевые требования (тип данных, метрики качества, ограничения); сопоставлять требования с возможностями алгоритмов, обосновывать выбор архитектуры и подхода; адаптировать готовые решения под специфику задачи
Владеть
навыками реализации и модификации алгоритмов на фреймворках; методами эффективного обучения; инструментами сравнения и валидации: кросс□валидация, A/B□тестирование, анализ ошибок, визуализация результатов; техниками адаптации под ограничения

ПК-12.2. Применяет методы повышения устойчивости, надежности, безопасности алгоритмов автоматического ML для проверки разведочных гипотез и подготовки данных к применению современных методов ИИ

Знать
основные угрозы устойчивости и безопасности ML□систем; методы повышения надёжности моделей; техники обеспечения устойчивости к шуму и аномалиям; подходы к мониторингу и поддержанию качества в продакшене
Уметь
выявлять слабые места модели через анализ ошибок и стресс□тестирование; применять методы регуляризации и стабилизации обучения для снижения переобучения; внедрять механизмы обнаружения аномалий и сдвига данных в пайплайны предобработки и инференса; разрабатывать и проводить тесты на устойчивость с имитацией реальных возмущений
Владеть
техниками безопасной эксплуатации; практикой документирования рисков и мер по их снижению; методологией валидации моделей перед развёртыванием

ПК-12.3. Оценивает результативность применения методов повышения устойчивости, надежности, безопасности алгоритмов автоматического ML в задачах ИИ на основе сопоставления с аналогами

Знать
ключевые метрики для оценки устойчивости, надёжности и безопасности ML□систем; основные методы повышения устойчивости/надёжности/безопасности и их ограничения;
принципы сравнительной оценки методов
Уметь
формулировать критерии сравнения методов с учётом задач, ресурсов и требований к системе; выстраивать экспериментальные пайплайны; анализировать результаты (сравнивать метрики, выявлять статистически значимые различия, оценивать компромиссы) и делать обоснованные выводы
Владеть
навыками реализации и сравнения методов на PyTorch/TensorFlow с библиотеками; техниками статистической оценки и визуализации результатов; инструментами мониторинга экспериментов

ПК-13: Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей (DL-1)

ПК-13.1. Объясняет и применяет математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки для эффективного обучения моделей

Знать
фундаментальные математические концепции глубокого обучения; принципы работы нейронных сетей: алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation)
Уметь
выводить градиенты для базовых операций нейронных сетей (линейный слой, свёртка, активация); реализовывать алгоритм backpropagation «с нуля» для простых архитектур (полносвязная сеть); настраивать гиперпараметры оптимизации под конкретную задачу; диагностировать проблемы обучения; выбирать функции потерь и метрики в соответствии с постановкой задачи
Владеть
техникой ручной реализации базовых компонентов нейронных сетей (слои, функции активации, оптимизаторы) с вычислением градиентов; навыками отладки процесса обучения через анализ градиентов; методами эффективного вычисления градиентов с использованием автодифференцирования; инструментами визуализации процесса обучения (графики потерь, гистограммы весов, тепловые карты градиентов)

ПК-13.2. Реализует неглубокие нейронные сети (перцептроны, MLP), выбирает количество и размер слоёв, подходящие функции активации и функции потерь для решения задач классификации и регрессии

Знать
теоретические основы неглубоких нейронных сетей; функции активации и их свойства; методы регуляризации для предотвращения переобучения; алгоритмы обучения неглубоких сетей; функции потерь для задач классификации (cross□entropy, hinge loss) и регрессии (MSE, MAE, Huber loss)
Уметь
проектировать архитектуру неглубокой нейронной сети под конкретную задачу: определять число слоёв и нейронов, выбирать тип связей между слоями, обосновывать глубину сети исходя из сложности задачи; подбирать функции активации для разных слоёв; настраивать методы регуляризации исходя из: размера обучающей выборки; сложности модели; наблюдаемого переобучения
Владеть
техникой реализации неглубоких сетей с использованием фреймворков; навыками ручной реализации перцептрона и MLP с прямым и обратным проходом; методами подбора гиперпараметров; инструментами визуализации процесса обучения (графики потерь, метрик, весов); технологией кросс□валидации для надёжной оценки качества модели

ПК-13.3. Применяет современные архитектуры глубоких сетей для решения различных задач, понимая их внутреннюю структуру и особенности обучения

Знать
основные классы архитектур глубоких нейронных сетей и их назначение; ключевые компоненты архитектур; принципы обучения глубоких сетей; особенности предобработки данных для разных архитектур; метрики качества и функции потерь, специфичные для задач; современные предобученные модели и их применение
Уметь
выбирать архитектуру под конкретную задачу, обосновывая выбор с учётом: типа данных (текст, изображения, временные ряды), объёма и качества данных, требований к скорости и точности; адаптировать предобученные модели для новых задач; проектировать и модифицировать архитектуры: добавлять/удалять слои; изменять размерности и параметры свёрток; внедрять механизмы нормализации; настраивать процесс обучения; интерпретировать поведение модели через визуализацию
Владеть
техникой реализации архитектур с использованием фреймворков; методикой отладки глубоких сетей (анализ градиентов, обнаружение «мёртвых» нейронов, диагностика затухания градиентов); способностью оптимизировать модели под целевые устройства

ПК-13.4. Разрабатывает и оптимизирует специализированные архитектуры для работы с изображениями, учитывая их уникальные свойства

Знать
базовые свойства изображений как данных; классические и современные архитектуры CNN; ключевые механизмы и слои для обработки изображений; методы предобработки изображений: нормализация и стандартизация, аугментация, ресэмплинг и изменение разрешения; функции потерь и метрики для задач: классификации, сегментации, детектирования, генерации
Уметь
анализировать задачу и выбирать архитектуру с учётом: типа задачи (классификация, сегментация, детектирование, генерация), разрешения и качества входных изображений, требований к скорости инференса и объёму памяти; проектировать специализированные архитектуры, адаптировать архитектуры под нестандартное разрешение
Владеть
техникой реализации архитектур с использованием фреймворков; навыками работы с предобученными моделями через библиотеки; технологией аугментации изображений; методикой отладки CNN (анализ активаций, градиентов, фильтров)

ПК-13.5. Разрабатывает, адаптирует и внедряет генеративные нейронные сети для решения практических задач, включая создание новых архитектур, оптимизацию обучения и промышленное развертывание моделей

Знать
основные классы генеративных моделей и их особенности; архитектурные паттерны генеративных сетей; методы обучения генеративных моделей; функции потерь и метрики для оценки генерации
Уметь
выбирать архитектуру генеративной модели исходя из: типа данных (изображения, текст, аудио, 3D), требований к качеству и разнообразию генерации, ограничений по вычислительным ресурсам; проектировать новые архитектуры или модифицировать существующие; настраивать процесс обучения
Владеть
техникой реализации генеративных архитектур на фреймворках; навыками работы с предобученными моделями; методами эффективного обучения: технологией аугментации данных для генеративных задач; методикой отладки генеративных моделей

ПК-13.6. Разрабатывает, обучает и внедряет графовые нейронные сети (GNN) для решения задач анализа графовых данных, включая создание архитектур, обработку графов различных типов и промышленное развертывание моделей

Знать
основы теории графов, релевантные для GNN; архитектуры GNN и их особенности; механизмы агрегации и распространения информации в GNN; задачи анализа графовых данных, решаемые с помощью GNN; функции потерь и метрики для графовых задач: кросс□энтропия для классификации узлов/графов; AUC□ROC, F1□score для link prediction; модулярность, NMI для кластеризации; графовые ядра (Weisfeiler□Lehman) для сравнения графов; инструменты и библиотеки для работы с GNN
Уметь
преобразовывать сырые данные в графовую структуру; выбирать архитектуру GNN исходя из: типа графа (статический/динамический, гомогенный/гетерогенный); задачи (классификация, link prediction, генерация); размера графа и вычислительных ресурсов; проектировать и модифицировать GNN□архитектуры и настраивать процесс обучения
Владеть
техникой реализации GNN на фреймворках; навыками работы с графовыми датасетами; методами эффективного обучения

ПК-13.7. Применяет, адаптирует и разрабатывает методы дообучения нейронных сетей для эффективной адаптации моделей к новым задачам и доменам

Знать
основные подходы к дообучению, а также адаптивные методы для домена; типы предобученных моделей (CNN, трансформеры, мультимодальные) и критерии их выбора для новых задач; ключевые техники регуляризации при дообучении и распространённые проблемы; инструменты и метрики для оценки результатов дообучения
Уметь
оценивать пригодность предобученной модели, учитывая сходство доменов и объём целевого датасета; подготавливать данные и настраивать пайплайн дообучения;
диагностировать проблемы и применять техники регуляризации; адаптировать модели под новые домены и оценивать качество по релевантным метрикам
Владеть
навыками реализации пайплайна дообучения на PyTorch/TensorFlow с использованием предобученных моделей; методами эффективного обучения и инструментами мониторинга; методологией сравнительного анализа подходов к дообучению по качеству, скорости и потреблению ресурсов

ПК-14: Способен применять и (или) разрабатывать современные архитектуры генеративных глубоких сетей (DL-2)

ПК-14.1. Применяет известные архитектуры генеративных глубоких нейронных сетей для решения прикладной задачи (генерация текста, генерация изображений по тексту, синтез речи и т.д.), при необходимости проводя дообучение на наборах данных

Знать
фундаментальные математические концепции глубокого обучения; принципы работы нейронных сетей: алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation)
Уметь
выводить градиенты для базовых операций нейронных сетей (линейный слой, свёртка, активация); реализовывать алгоритм backpropagation «с нуля» для простых архитектур (полносвязная сеть); настраивать гиперпараметры оптимизации под конкретную задачу; диагностировать проблемы обучения; выбирать функции потерь и метрики в соответствии с постановкой задачи
Владеть
техникой ручной реализации базовых компонентов нейронных сетей (слои, функции активации, оптимизаторы) с вычислением градиентов; навыками отладки процесса обучения через анализ градиентов; методами эффективного вычисления градиентов с использованием автодифференцирования; инструментами визуализации процесса обучения (графики потерь, гистограммы весов, тепловые карты градиентов)

ПК-14.2. Имплементирует известные архитектуры генеративных сетей, реализует пайплайны их обучения на датасетах и вывод генеративных моделей в продуктивную среду

Знать
теоретические основы неглубоких нейронных сетей; функции активации и их свойства; методы регуляризации для предотвращения переобучения; алгоритмы обучения неглубоких сетей; функции потерь для задач классификации (cross□entropy, hinge loss) и регрессии (MSE, MAE, Huber loss)

Уметь
проектировать архитектуру неглубокой нейронной сети под конкретную задачу: определять число слоёв и нейронов, выбирать тип связей между слоями, обосновывать глубину сети исходя из сложности задачи; подбирать функции активации для разных слоёв; настраивать методы регуляризации исходя из: размера обучающей выборки; сложности модели; наблюдаемого переобучения
Владеть
техникой реализации неглубоких сетей с использованием фреймворков; навыками ручной реализации перцептрона и MLP с прямым и обратным проходом; методами подбора гиперпараметров; инструментами визуализации процесса обучения (графики потерь, метрик, весов); технологией кросс□валидации для надёжной оценки качества модели

ПК-17: Способен применять язык программирования Python для решения задач в области ИИ (PL-1)

ПК-17.1. Осуществляет выбор инструментов разработки на Python, приемлемых для создания прикладной системы обработки научных данных, машинного обучения и визуализации с заданными требованиями

Знать
синтаксис и семантику языка Python, включая особенности работы с типами данных, коллекциями, функциями и классами; ключевые библиотеки Python для ИИ и анализа данных; фреймворки для машинного обучения, их архитектуру и области применимости
Уметь
выбирать оптимальную комбинацию инструментов Python исходя из требований задачи; писать эффективный и читаемый код с использованием идиоматических конструкций Python (генераторы, контекстные менеджеры, декораторы); загружать, очищать и преобразовывать данные с помощью Pandas и NumPy, обрабатывать пропуски, кодировать категориальные переменные, масштабировать признаки
Владеть
техниками работы с данными; методами предобработки данных; практиками построения и обучения моделей

ПК-17.2. Разрабатывает и поддерживает системы обработки больших данных различной степени сложности

Знать
основы языка Python, включая продвинутые конструкции; архитектуру и принципы работы распределённых систем обработки данных; ключевые библиотеки Python для работы с большими данными; форматы хранения больших данных и способы их обработки
Уметь
проектировать и реализовывать системы обработки больших данных с учётом требований к масштабируемости и отказоустойчивости; выбирать оптимальные инструменты и библиотеки Python для конкретных задач обработки данных (объём, скорость, структура); писать эффективный код для загрузки, очистки и трансформации больших наборов данных
Владеть
техниками работы с большими данными; методами распределённой обработки; инструментами интеграции с хранилищами

ПК-19: Способен применять и (или) разрабатывать генеративные модели и БЯМ (LLM-1)

ПК-19.1. Знает архитектуры генеративных моделей

Знать
основные классы генеративных моделей и их специализацию; принципы работы и ограничения ключевых архитектур; требования к данным для дообучения (объём, разметка, качество) и распространённые проблемы; метрики качества для разных типов генерации
Уметь
подбирать генеративную архитектуру исходя из задачи, ресурсов и требований к качеству вывода; подготавливать и предобрабатывать данные для дообучения; настраивать пайплайн дообучения: выбирать слои для разморозки, подбирать LR, размер батча, число эпох, применять регуляризацию; диагностировать и устранять проблемы через анализ потерь и визуальную оценку; оценивать качество генерации по объективным метрикам и субъективной экспертизе, сравнивать варианты моделей
Владеть
навыками работы с предобученными моделями и их адаптации под целевую задачу; техникой дообучения генеративных сетей на кастомных датасетах с использованием mixed precision, распределённого обучения, gradient accumulation; инструментами мониторинга и визуализации результатов (heatmaps, спектрограммы, сетки изображений)

ПК-19.2. Оценивает производительность генеративных моделей

Знать
основные типы генеративных моделей и их характерные особенности; ключевые метрики оценки качества генерации для разных типов данных; методы субъективной и объективной оценки; факторы, влияющие на производительность генеративных моделей: объём и качество обучающих данных, архитектура, гиперпараметры, вычислительные ресурсы
Уметь
подбирать релевантные метрики оценки в зависимости от типа генеративной задачи и формата данных; сравнивать производительность разных моделей или конфигураций, интерпретировать различия в метриках и делать обоснованные выводы о преимуществах и ограничениях подходов
Владеть
навыками работы с инструментами и библиотеками для оценки генеративных моделей; методологией составления отчётов об оценке производительности: структурирование данных, интерпретация метрик, формулирование рекомендаций по улучшению модели

ПК-19.3. Понимает принципы генерации в мультимодальных моделях

Знать
базовые принципы работы мультимодальных моделей: как происходит интеграция и взаимосвязанная обработка разнородных данных; ключевые архитектуры мультимодальных нейросетей и их структурные компоненты; способы представления и согласования семантики между модальностями
Уметь
анализировать, как мультимодальная модель преобразует входные данные разных типов в единое семантическое представление; объяснять механизм генерации выходного результата; подбирать подходящую мультимодальную архитектуру под конкретную прикладную задачу, исходя из типов входных/выходных данных и требований к качеству; интерпретировать промежуточные представления
Владеть
навыками работы с предобученными мультимодальными моделями и их адаптацией под целевые задачи; методами визуализации кросс□модальных взаимодействий; техниками анализа качества мультимодальной генерации; методологией формулирования промтов и настройки гиперпараметров для управления мультимодальной генерацией

ПК-19.4. Учитывает этические аспекты генерации

Знать
основные этические проблемы применения генеративных моделей; ключевые принципы этичного ИИ, закреплённые в международных и отраслевых стандартах; механизмы возникновения и способы выявления предвзятости в моделях; правовые и регуляторные рамки, касающиеся ИИ и генеративных моделей
Уметь
анализировать потенциальные этические риски конкретной генеративной модели или сценария её применения (включая БЯМ); выявлять признаки предвзятости, дезинформации или вредоносного потенциала в выходных данных модели; применять методы снижения этических рисков; разрабатывать и внедрять этические чек□листы и процедуры валидации для оценки генеративных моделей перед развёртыванием
Владеть
навыками аудита генеративных моделей на предмет этических рисков; инструментами мониторинга и фильтрации генерации

ПК-19.5. Проводит валидацию и тестирование генеративных моделей

Знать
основные этапы и принципы валидации генеративных моделей; типы тестов для генеративных систем; ключевые метрики оценки качества генерации для разных модальностей и их ограничения
Уметь
настраивать и проводить эксперименты по оценке качества генерации; выявлять и анализировать типичные дефекты генеративных моделей; оценивать устойчивость модели к шуму, атакам и сдвигу данных, проверять воспроизводимость результатов
Владеть
навыками работы с инструментами автоматизированного тестирования и мониторинга ML□систем; методами A/B□тестирования и пользовательского тестирования для оценки качества генерации; техниками визуализации результатов тестирования

ПК-24: Способен применять и (или) проектировать различные инструменты и инженерные практики промышленной разработки, развертывания, эксплуатации и мониторинга систем ИИ (LC-5)

ПК-24.1. Осуществляет выбор инструментов и инженерных практик промышленной разработки систем ИИ, развертывания и сопровождения моделей МО в продуктивной среде

Знать
основные этапы жизненного цикла ML□системы в продакшене: от прототипирования до мониторинга и ретрейнинга; ключевые инструменты и платформы для промышленной разработки ИИ□систем; требования к производительности и надёжности ML□сервисов
Уметь
выбирать технологические стеки и инструменты под конкретные задачи и ограничения проекта (объём данных, нагрузка, бюджет, сроки);
проектировать архитектуру ML□пайплайна
Владеть
навыками работы с MLOps□инструментами: MLflow (регистрация экспериментов, модельный реестр), Kubeflow (оркестрация пайплайнов), Prometheus/Grafana (мониторинг)

ПК-24.2. Осуществляет выбор инструментов и инженерных практик по управлению данными с необходимым уровнем доступа, контроля качества, резервирования и скоростью выполнения запросов

Знать
основные типы хранилищ данных для ML□систем и их особенности применительно к задачам ИИ; принципы организации данных в ML□пайплайнах; инструменты и стандарты резервирования и восстановления данных, а также оптимизации скорости запросов
Уметь
выбирать оптимальные хранилища и форматы данных исходя из объёма, структуры данных и требований к производительности; настраивать процессы предобработки и валидации данных: очистка от шума, заполнение пропусков, проверка согласованности, обнаружение дрейфа данных; реализовывать механизмы резервирования и восстановления датасетов, обеспечивать их целостность и доступность
Владеть
навыками работы с инструментами управления данными; техниками очистки и трансформации данных с учётом специфики ML□задач (обработка текста, изображений, временных рядов)

ПК-25: Способен проводить передовые исследования в области архитектур, алгоритмов МО, оптимизации и математики (FC-1)

ПК-25.1. Разрабатывает фундаментальные основы и новые алгоритмы машинного обучения

Знать
Фундаментальные математические основы машинного обучения: теорию вероятностей и математическую статистику, линейную алгебру, функциональный анализ и методы выпуклой оптимизации.
Уметь
Формулировать математические постановки задач машинного обучения, выводить целевые функции и ограничения, анализировать сходимость и сложность алгоритмов.
Владеть
Инструментами научного программирования и фреймворками машинного обучения на уровне разработки и модификации ключевых компонентов.

ПК-25.2. Разрабатывает новые архитектуры глубоких нейросетей

Знать
фундаментальные принципы проектирования нейросетевых архитектур; классические и современные архитектуры и их ключевые инновации; механизмы и модули, расширяющие возможности базовых архитектур
Уметь
формулировать требования к новой архитектуре исходя из задачи (тип данных, ограничения, целевые метрики); реализовывать прототипы новых архитектур на фреймворках (PyTorch, TensorFlow) с использованием автодифференцирования и кастомных градиентов; адаптировать существующие архитектуры под новые задачи путём модификации топологии или добавления специализированных модулей;
Владеть
навыками реализации нестандартных слоёв и операций; методами автоматизированного поиска архитектур (NAS) и гиперпараметрической оптимизации; практикой сравнительного тестирования архитектур: настройка экспериментов, сбор метрик, статистическая оценка значимости различий

ПК-35: Способен применять и (или) разрабатывать алгоритмы, методы и технологии компьютерного зрения (DL-3)

ПК-35.1. Применяет (проводя выбор и эксперименты) известные алгоритмы и библиотеки компьютерного зрения, предобученные глубокие нейросетевые модели для прикладных задач анализа изображений и видеопотока, при необходимости дообучая и валидируя на собственных наборах данных

Знать
основные классы архитектур глубоких нейронных сетей для обработки изображений (CNN) и их назначение; методы предобработки изображений: нормализация, стандартизация, аугментация, ресэмплинг и изменение разрешения; функции потерь и метрики для задач классификации, сегментации, детектирования, генерации; принципы дообучения (fine tuning) предобученных моделей, критерии их выбора, техники регуляризации при дообучении и способы валидации на собственных наборах данных
Уметь
: подбирать архитектуру, алгоритмы и библиотеки компьютерного зрения под конкретную прикладную задачу (тип данных, требования к точности и скорости); проводить эксперименты по сравнению известных решений; подготавливать и предобрабатывать данные (включая аугментацию) для обучения и дообучения; настраивать пайплайн дообучения: выбирать слои для разморозки, подбирать гиперпараметры (скорость обучения, размер батча, число эпох), применять регуляризацию; оценивать качество моделей по релевантным метрикам и проводить валидацию на собственных наборах данных
Владеть
навыками работы с предобученными глубокими нейросетевыми моделями через библиотеки и фреймворки; техникой дообучения моделей на кастомных датасетах с использованием аугментации, смешанной точности, накопления градиентов; инструментами мониторинга и визуализации результатов (графики потерь, метрик, тепловые карты активаций, сетки изображений); методологией сравнительного анализа и валидации моделей компьютерного зрения

ПК-35.2. Имплементирует известные алгоритмы, архитектуры и модели компьютерного зрения на реальных данных, строит пайплайны обучения моделей и развертывания сервисов компьютерного зрения в продуктивной среде

Знать
известные архитектуры и модели компьютерного зрения (CNN, а также трансформеры, генеративные модели) и их компонентный состав; принципы построения пайплайнов обучения для задач анализа изображений и видеопотока; методы эффективного обучения (смешанная точность, распределённое обучение, градиентная аккумуляция); требования и технологии промышленного развёртывания (оптимизация инференса, экспорт в продуктивные форматы, мониторинг в продакшене)
Уметь
имплементировать алгоритмы и архитектуры компьютерного зрения с использованием фреймворков, корректно задавая слои, функции активации и связи между компонентами; строить и настраивать пайплайны обучения на реальных данных (загрузка, предобработка, аугментация, обучение, валидация); мониторить процесс обучения, диагностировать и устранять типовые проблемы (затухание градиентов, переобучение); экспортировать обученные модели в оптимизированные форматы; развёртывать сервисы компьютерного зрения в продуктивной среде с обеспечением масштабируемости и отказоустойчивости
Владеть
техникой реализации архитектур компьютерного зрения на фреймворках (PyTorch, TensorFlow) с использованием современных практик (указанные фреймворки присутствуют в разделе 3.3.1); навыками работы с реальными наборами данных (изображения, видеопотоки) и их пайплайнами; методами эффективного обучения и инструментами мониторинга; технологиями оптимизации инференса и промышленного развёртывания; методологией валидации и релиза сервисов компьютерного зрения

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	основные архитектуры глубоких нейронных сетей (CNN, RNN, трансформеры, GAN, VAE, диффузионные модели, GNN) и принципы их работы; математические основы глубокого обучения (линейная алгебра, оптимизация, теория вероятностей) и алгоритмы обучения (backpropagation, градиентные методы); методы предобработки данных, регуляризации, оценки качества и промышленного развёртывания моделей.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	проектировать и имплементировать нейронные сети для решения прикладных задач (классификация, регрессия, генерация, анализ графов); настраивать пайплайны обучения, диагностировать и устранять проблемы; адаптировать предобученные модели под новые задачи, оценивать качество по релевантным метрикам.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	навыками работы с фреймворками (PyTorch, TensorFlow) и библиотеками для реализации и дообучения моделей; методами эффективного обучения и оптимизации инференса; технологиями промышленного развёртывания и мониторинга моделей в продакшене.

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					
1.1	Нейронные сети /Тема/	8	0			
1.2	Нейронные сети. /Лек/	8	4	УК-12.1-З УК-12.1-У ПК-12.1-З ПК-12.1-У ПК-12.2-З ПК-12.3-З ПК-13.1-З	Л1.1 Л1.2	
1.3	Модель нейронной сети. Библиотеки Keras и Tensor. Оценка качества обучения нейронной сети /Лаб/	8	4	УК-12.1-У УК-12.1-В ПК-12.1-У ПК-12.1-В ПК-12.2-У ПК-12.2-В ПК-12.3-У ПК-12.3-В		
1.4	Модель нейронной сети. Библиотеки Keras и Tensor. Оценка качества обучения нейронной сети /Пр/	8	4	УК-12.1-У УК-12.1-В ПК-12.1-У ПК-12.1-В ПК-12.2-У ПК-12.2-В ПК-12.3-У ПК-12.3-В		
1.5	Алгоритмические композиции /Тема/	8	0			
1.6	Алгоритмические композиции. /Лек/	8	4	ПК-12.1-З ПК-12.2-З ПК-12.3-З ПК-13.1-З ПК-13.2-З	Л1.1 Л1.2	
1.7	Сверточные нейронные сети. Предварительно обученные сверточные нейронные сети /Лаб/	8	4	ПК-13.1-У ПК-13.1-В ПК-13.2-У ПК-13.2-В ПК-17.1-З ПК-17.2-З		

1.8	Сверточные нейронные сети. Предварительно обученные сверточные нейронные сети /Пр/	8	4	ПК-13.1-У ПК-13.1-В ПК-13.2-У ПК-13.2-В ПК-14.1-У ПК-14.1-В ПК-14.2-У ПК-14.2-В ПК-17.1-З ПК-17.2-З		
1.9	Критерий выбора моделей и методы отбора признаков /Тема/	8	0			
1.10	Критерий выбора моделей и методы отбора признаков /Лек/	8	4	ПК-13.3-З ПК-13.4-З ПК-13.5-З ПК-24.1-З ПК-19.4-З ПК-19.4-У ПК-25.1-З ПК-25.2-З	Л1.1 Л1.2	
1.11	Работа с данными. Обработка текста с помощью глубокого обу-чения /Лаб/	8	4	ПК-13.3-У ПК-13.3-В ПК-13.4-У ПК-13.4-В ПК-13.5-У ПК-13.5-В ПК-17.1-У ПК-17.2-У ПК-25.1-В		
1.12	Работа с данными. Обработка текста с помощью глубокого обучения /Пр/	8	4	ПК-13.3-У ПК-13.3-В ПК-13.4-У ПК-13.4-В ПК-13.5-У ПК-13.5-В ПК-17.1-У ПК-17.2-У ПК-25.1-В		
1.13	Логические методы классификации. /Тема/	8	0			
1.14	Логические методы классификации /Лек/	8	4	ПК-13.6-З ПК-13.7-З ПК-14.1-З ПК-14.2-З ПК-24.1-З ПК-24.2-З ПК-25.2-З	Л1.1 Л1.2	
1.15	Рекуррентные нейронные сети. Одномерные сверточные нейронные сети /Лаб/	8	4	ПК-13.6-У ПК-13.6-В ПК-13.7-У ПК-13.7-В ПК-14.1-В ПК-14.2-В ПК-24.1-У ПК-24.2-У ПК-17.2-З		
1.16	Рекуррентные нейронные сети. Одномерные сверточные нейронные сети /Пр/	8	4	ПК-13.6-У ПК-13.6-В ПК-13.7-У ПК-13.7-В ПК-14.1-В ПК-14.2-В ПК-24.1-У ПК-24.2-У ПК-17.2-З		

1.17	Контроль /Тема/	8	0			

1.18	Экзамен /Экзамен/	8	44,65	УК-12.1-З УК-12.1-У УК-12.1-В ПК-12.1-З ПК-12.1-У ПК-12.1-В ПК-12.2-З ПК-12.2-У ПК-12.2-В ПК-12.3-З ПК-12.3-У ПК-12.3-В ПК-13.1-З ПК-13.1-У ПК-13.1-В ПК-13.2-З ПК-13.2-У ПК-13.2-В ПК-13.3-З ПК-13.3-У ПК-13.3-В ПК-13.4-З ПК-13.4-У ПК-13.4-В ПК-13.5-З ПК-13.5-У ПК-13.5-В ПК-13.6-З ПК-13.6-У ПК-13.6-В ПК-13.7-З ПК-13.7-У ПК-13.7-В ПК-14.1-З ПК-14.1-У ПК-14.1-В ПК-14.2-З ПК-14.2-У ПК-14.2-В ПК-24.1-З ПК-24.1-У ПК-24.1-В ПК-24.2-З ПК-24.2-У ПК-24.2-В ПК-17.1-З ПК-17.1-У ПК-17.1-В ПК-17.2-З ПК-17.2-У ПК-17.2-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 ПК-19.3-З ПК-19.3-У ПК-19.3-В ПК-19.4-З ПК-19.4-У ПК-19.4-В ПК-19.5-З ПК-19.5-У ПК-19.5-В ПК-25.1-З ПК-25.1-У		

				ПК-25.1-В ПК-25.2-З ПК-25.2-У ПК-25.2-В		

1.19	Экзамен /ИКР/	8	0,35	УК-12.1-З УК-12.1-У УК-12.1-В ПК-12.1-З ПК-12.1-У ПК-12.1-В ПК-12.2-З ПК-12.2-У ПК-12.2-В ПК-12.3-З ПК-12.3-У ПК-12.3-В ПК-13.1-З ПК-13.1-У ПК-13.1-В ПК-13.2-З ПК-13.2-У ПК-13.2-В ПК-13.3-З ПК-13.3-У ПК-13.3-В ПК-13.4-З ПК-13.4-У ПК-13.4-В ПК-13.5-З ПК-13.5-У ПК-13.5-В ПК-13.6-З ПК-13.6-У ПК-13.6-В ПК-13.7-З ПК-13.7-У ПК-13.7-В ПК-14.1-З ПК-14.1-У ПК-14.1-В ПК-14.2-З ПК-14.2-У ПК-14.2-В ПК-24.1-З ПК-24.1-У ПК-24.1-В ПК-24.2-З ПК-24.2-У ПК-24.2-В ПК-17.1-З ПК-17.1-У ПК-17.1-В ПК-17.2-З ПК-17.2-У ПК-17.2-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 ПК-19.3-З ПК-19.3-У ПК-19.3-В ПК-19.4-З ПК-19.4-У ПК-19.4-В ПК-19.5-З ПК-19.5-У ПК-19.5-В ПК-25.1-З ПК-25.1-У		

				ПК-25.1-В ПК-25.2-З ПК-25.2-У ПК-25.2-В		

1.20	Экзамен /Кнс/	8	2	УК-12.1-З УК-12.1-У УК-12.1-В ПК-12.1-З ПК-12.1-У ПК-12.1-В ПК-12.2-З ПК-12.2-У ПК-12.2-В ПК-12.3-З ПК-12.3-У ПК-12.3-В ПК-13.1-З ПК-13.1-У ПК-13.1-В ПК-13.2-З ПК-13.2-У ПК-13.2-В ПК-13.3-З ПК-13.3-У ПК-13.3-В ПК-13.4-З ПК-13.4-У ПК-13.4-В ПК-13.5-З ПК-13.5-У ПК-13.5-В ПК-13.6-З ПК-13.6-У ПК-13.6-В ПК-13.7-З ПК-13.7-У ПК-13.7-В ПК-14.1-З ПК-14.1-У ПК-14.1-В ПК-14.2-З ПК-14.2-У ПК-14.2-В ПК-24.1-З ПК-24.1-У ПК-24.1-В ПК-24.2-З ПК-24.2-У ПК-24.2-В ПК-17.1-З ПК-17.1-У ПК-17.1-В ПК-17.2-З ПК-17.2-У ПК-17.2-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 ПК-19.3-З ПК-19.3-У ПК-19.3-В ПК-19.4-З ПК-19.4-У ПК-19.4-В ПК-19.5-З ПК-19.5-У ПК-19.5-В ПК-25.1-З ПК-25.1-У		

				ПК-25.1-В ПК-25.2-З ПК-25.2-У ПК-25.2-В		

1.21	Экзамен /Ср/	8	49	УК-12.1-З УК-12.1-У УК-12.1-В ПК-12.1-З ПК-12.1-У ПК-12.1-В ПК-12.2-З ПК-12.2-У ПК-12.2-В ПК-12.3-З ПК-12.3-У ПК-12.3-В ПК-13.1-З ПК-13.1-У ПК-13.1-В ПК-13.2-З ПК-13.2-У ПК-13.2-В ПК-13.3-З ПК-13.3-У ПК-13.3-В ПК-13.4-З ПК-13.4-У ПК-13.4-В ПК-13.5-З ПК-13.5-У ПК-13.5-В ПК-13.6-З ПК-13.6-У ПК-13.6-В ПК-13.7-З ПК-13.7-У ПК-13.7-В ПК-14.1-З ПК-14.1-У ПК-14.1-В ПК-14.2-З ПК-14.2-У ПК-14.2-В ПК-24.1-З ПК-24.1-У ПК-24.1-В ПК-24.2-З ПК-24.2-У ПК-24.2-В ПК-17.1-З ПК-17.1-У ПК-17.1-В ПК-17.2-З ПК-17.2-У ПК-17.2-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 ПК-19.3-З ПК-19.3-У ПК-19.3-В ПК-19.4-З ПК-19.4-У ПК-19.4-В ПК-19.5-З ПК-19.5-У ПК-19.5-В ПК-25.1-З ПК-25.1-У		

				ПК-25.1-В ПК-25.2-З ПК-25.2-У ПК-25.2-В		

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Глубокие нейронные сети»).

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	Осипов Г.С.	Методы искусственного интеллекта	М.: Физматлит, 2011, 295 с	978-5-9221-1323-6, 1
Л1.2	Крутиков В. И., Мешечкин В. В.	Анализ данных	Кемерово: КемГУ, 2014, 138 с.	978-5-8353-1770-7, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=61396

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
Операционная система Windows XP	Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
Интерпретатор Python	Свободное ПО
Python	Свободное ПО
PyCharm Community	Свободное ПО
Google	Свободно распространяемое программное обеспечение под лицензиями

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	128 учебно-административный корпус. учебная аудитория для прове-дения учебных занятий Специализированная мебель (24 посадочных мест), магнитно-маркерная доска, мультимедиа проектор (Ben-Q), 1 экран, звуковые колонки. ПК: AMD A10-6700/8Gb – 10 шт., AMD A10 PRO-7800B/8Gb – 4 шт., Intel i3-2120/8Gb – 1 шт., Intel 2 Duo E7200/6Gb – 1 шт. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
2	155 учебно-административный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий Специализированная мебель (24 посадочных мест), магнитно-маркерная доска, интерактивная доска, мультимедиа проектор (Toshiba), звуковые колонки. ПК: Intel i5-3470/8Gb – 12 шт., Intel i5-2400/8Gb – 2 шт., Intel 2 Duo E7200/4Gb – 2 шт. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-бразовательную среду РГРТУ
3	157 а учебно-административный корпус . учебная аудитория для проведения учебных занятий Специализированная мебель (12 посадочных мест), магнитно-маркерная доска, мультимедиа проектор (ACER), 1 экран, звуковые колонки. ПК: Intel i5-4590S/16Gb – 11 шт., Intel i3 550/4Gb – 1 шт. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ

4	204 учебно-административный корпус. учебная аудитория для проведения лабораторных и практических работ, текущего контроля, самостоятельной работы 20 посадочных мест Специализированная мебель 15 компьютеров (компьютерный класс) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ Принтер Canon 1120 LBP Проектор BenQ Сервер P3 750 MHz Доска интерактивная

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методические указания по освоению дисциплины расположены в приложении по дисциплине "Глубокие нейронные сети"

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**21.05.26** 15:45 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**21.05.26** 15:45 (MSK)	Простая подпись