

Документ подписан простой электронной подписью
Информационный владелец:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.08.2026 09:13:03
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины: Теория нейронных сетей

направление подготовки: 09.04.01. Информатика и вычислительная техника

направленность (профиль) Нейросетевые технологии в автоматизированных системах
управления

форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры Математики и прикладных и информационных технологий

Протокол № 9 от «20» апреля 2026 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов фундаментальных знаний о принципах построения, математическом аппарате и алгоритмах обучения искусственных нейронных сетей, а также получение практических навыков их применения для решения прикладных задач в области искусственного интеллекта и анализа данных.

Задачи дисциплины - освоение эволюции архитектур - от простейшего перцептрона до современных трансформеров, сверточных, рекуррентных и спайковых нейронных сетей, изучение математического аппарата: линейная алгебра (тензоры, умножение матриц), теорию вероятностей (распределения, MLE), математический анализ (градиенты, производные, цепное правило), функций потерь, методов оптимизации и проблем сходимости и прочее.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория нейронных сетей» относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательных отношений учебного плана (дисциплины (модули)).

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

Знание: основных способов решения базовых математических задач.

Умение: использовать методы и программные средства для решения прикладных задач.

Владение: современными методами решения прикладных задач с использованием искусственных нейронных сетей.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания математических дисциплин, изученных на уровне бакалавриата, а также дисциплин в области:

- Математического анализа и линейной алгебры (матричные операции, производные);
- Теории вероятностей и математической статистики;
- Основ программирования (предпочтительно Python).

Служит основой для освоения дисциплин: «Интеллектуальный анализ данных», «Нейросетевые технологии», «Машинное обучение», «Моделирование сложных систем», «Методы оптимизации в машинном обучении», «Проектирование систем реального времени», «Обработка естественного языка», «Обработка аудио и видео данных», «Научно-исследовательская работа», преддипломной практики и выполнению ВКР.

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ПКС-1. Способен разрабатывать и применять алгоритмическое обеспечение для решения профессиональных задач в области информатики, вычислительной техники и искусственного интеллекта	ПКС-1.1. Способен осуществлять планирование по развитию базы данных	31 – знать основные тенденции решения задач на нейронных сетях
		32 – знать методы решения задач на нейронных сетях
		У1 – уметь решать задачи с использованием нейронных сетей
		У2 – уметь создавать основные архитектуры и математические модели нейронных сетей
		В1 – владеть профессиональной терминологией в области искусственного интеллекта

		В2 – владеть анализом результатов, полученных с помощью нейронных сетей
	ПКС-1.2. Способен анализировать возможности применения ИИ для решения профессиональных задач.	33 – знать языки программирования и основные инструментари для применения нейронных сетей при решении задач
		34 – знать методы обучения нейронных сетей и критерии оценки качества модели нейронной сети
		У3 – уметь синтезировать алгоритм решения задач на нейронных сетях
		У4 – уметь читать и анализировать научную и специализированную литературу из теории нейронных сетей
		У5 – уметь применять полученные решения в различных отраслях промышленности и науки
		У6 – уметь выбирать архитектуру сети в зависимости от поставленной задачи, реализовывать алгоритмы обучения, интерпретировать результаты работы модели и проводить настройку гиперпараметров
		В3 – владеть навыками планирования и проведения экспериментальных (вычислительных) исследований с целью получения оптимальных параметров нейронных сетей
		В4 – владеть инструментальными средствами (библиотеками Python) для планирования, проектирования, обучения и тестирования нейронных сетей
ПКС-3. Способен разрабатывать, совершенствовать и внедрять нейросетевые технологии для работы с большими данными	ПКС-3.1. Способен разрабатывать методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства работы с большими данными	35 – знать методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства из теории нейронных сетей
		36 – знать положения по управлению нейронными сетями
		У7 – уметь разрабатывать современные методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства из теории нейронных сетей
		У8 – уметь применять современные способы по управлению нейронными сетями
		В5 – владеть методами, моделями алгоритмами, технологиями и инструментальными средствами из теории нейронных сетей
		В6 – владеть моделированием нейронных сетей

	ПКС-3.2. Способен оптимизировать и внедрять методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства работы с большими данными в профессиональной деятельности	37 – знать методы оптимизации для нейронных сетей
		38 - знать методы, модели, алгоритмы, технологии и инструментальные средства работы с большими данными при решении профессиональных задач
		У9 – уметь проводить мониторинг (нормализацию) больших данных
		У10 – уметь анализировать данные, используемые в задачах с нейронными сетями.
		У11 – уметь внедрять проекты с использованием нейронных сетей
		У12 – уметь реализовывать проекты с использованием нейронных сетей
		В7 – владеть методами, моделями, алгоритмами, технологиями и инструментальными средствами работы с большими данными при решении профессиональных задач
		В8 – владеть методами оптимизации для нейронных сетей

Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
очная	1/1	32	-	48	109	27	Экзамен

4. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Общие понятия и определения История развития нейронных сетей, основные парадигмы обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением)	4	-	6	11	21	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Отчет по лабораторной работе
2	2	Математический аппарат: функции сети, функция потерь, метрики качества	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Отчет по лабораторной работе

3	3	Методы градиентного спуска и его модификации	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
4	4	Многослойный персептрон	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
5	5	Универсальная аппроксимация	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
6	6	Сверточные сети	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
7	7	Рекуррентные сети для обработки последовательностей	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
8	8	Генеративно-состязательные сети	4	-	6	14	24	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Письменный опрос, Собеседование, Отчет по лабораторной работе
8	Экзамен		-	-	-	27	27	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-3.1 ПКС-3.2	Вопросы к экзамену
Итого:			32	-	48	136	216		

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины.

Тема 1. Общие понятия и определения История развития нейронных сетей, основные парадигмы обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением)

Базовые определения: искусственная нейронная сеть (ИНС): определение, биологическая метафора, границы понятия, искусственный нейрон: формальное описание (взвешенная сумма, функция активации), модель Маккаллока–Питтса. связи (синапсы): веса, их роль в хранении знаний, функция активации: назначение, виды (пороговая, сигмоидальная, ReLU, tanh). Архитектуры нейронных сетей: однослойные, многослойные сети, прямого распространения (feedforward): информация движется только вперед, рекуррентные (recurrent): наличие обратных связей, память, полносвязные (fully connected): каждый нейрон слоя связан со всеми нейронами предыдущего, сверточные (convolutional): локальные связи, разделяемые веса, графовые нейронные сети: работа с нерегулярными структурами. Компоненты процесса обучения. Обучающая выборка: тренировочная, валидационная, тестовая. Функция потерь (loss function): назначение, примеры (MSE, cross-entropy, hinge loss). Оптимизация: градиентный спуск и его модификации (SGD, Adam, RMSprop). Гиперпараметры: параметры, не обучаемые в процессе (скорость обучения, количество слоев, нейронов). Ключевые понятия обучения. Обобщающая способность (generalization): способность работать с новыми данными. Переобучение

(overfitting): запоминание обучающей выборки, потеря обобщения. Недообучение (underfitting): недостаточная сложность модели. Регуляризация: методы борьбы с переобучением (L1/L2, dropout, early stopping). Емкость модели (capacity): способность аппроксимировать сложные функции.

История развития нейронных сетей.

Обучение с учителем (Supervised Learning). Определение и принципы. Суть: наличие размеченных пар (вход, целевой выход). Роль учителя: предоставление эталонных ответов. Задачи: классификация, регрессия, прогнозирование. Основные алгоритмы: многослойный перцептрон (MLP): универсальный аппроксиматор, сверточные сети (CNN): обработка изображений, рекуррентные сети (RNN, LSTM): последовательности, трансформеры: NLP, мультимодальные задачи. Функции потерь для классификации: cross-entropy, hinge loss и для регрессии: MSE (Mean Squared Error), MAE (Mean Absolute Error).

Обучение без учителя (Unsupervised Learning). Определение и принципы. Суть: работа с неразмеченными данными. Цель: выявление скрытых структур, паттернов, представлений. Кластеризация: группировка объектов по схожести (K-means, DBSCAN). Снижение размерности: PCA, t-SNE, UMAP.

Поиск аномалий: выявление выбросов. Ассоциативные правила: выявление связей (market basket analysis). Нейросетевые подходы: автокодировщики (Autoencoders): сжатие и восстановление данных. вариационные автокодировщики (VAE): генеративные модели, самоорганизующиеся карты Кохонена (SOM): визуализация многомерных данных, контрастивное обучение (Contrastive Learning): SimCLR, MoCo.

Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning). Определение и ключевые понятия. Суть: обучение через взаимодействие со средой. Агент (agent): принимающий решения субъект. Среда (environment): внешний мир, на который агент влияет. Действие (action): выбор агента. Состояние (state): текущая ситуация. Награда (reward): скалярный сигнал обратной связи. Политика (policy): стратегия выбора действий. Основные подходы и оценка. Ключевые алгоритмы: DQN: объединение Q-learning с глубокими нейросетями, experience replay, target network, PPO (Proximal Policy Optimization): стабильный алгоритм для сложных сред, AlphaGo / AlphaZero: демонстрация возможностей RL в играх.

Применения. Игры: Go, шахматы, Dota 2, StarCraft. Робототехника: управление манипуляторами, ходьба. Автономные системы: беспилотные автомобили. Оптимизация: управление ресурсами, рекомендательные системы.

Сравнительный анализ парадигм. Промежуточные и гибридные парадигмы. Полуконтролируемое обучение (Semi-supervised learning): сочетание малого количества размеченных данных с большим объемом неразмеченных. Самообучение (Self-supervised learning): автоматическое создание меток из структуры данных (BERT, SimCLR, MAE).

Тема 2. Математический аппарат: функции сети, функция потерь, метрики качества

Нейронная сеть, как математическая модель. Понимание математического аппарата, для проектирования, обучения и оценки качества моделей.

Корректный выбор архитектуры и функций активации под конкретную задачу. Подбор функции потерь в зависимости от типа данных и бизнес-требований. Оценка качества обученной модели с использованием адекватных метрик. Процесс обучения как задачи математической оптимизации.

Классификация функций активации: сигмоидальные, релейные, выходные функции (финальные): Softmax (для многоклассовой классификации), Linear (для регрессии), Sigmoid (для бинарной классификации). Функция потерь (Loss Function). Процесс обучения. Метрики качества: для регрессии, для классификации, для ранжирования и рекомендательных систем, для сегментации изображений, для генеративных моделей, для обработки последовательностей. Выбор метрик в зависимости от задачи. Практические аспекты выбора и реализации.

Факторы выбора функции потерь. Тип задачи: регрессия, классификация, генерация, ранжирование. Распределение целевых переменных: дисбаланс, выбросы. Вычислительная эффективность: сложность вычисления градиентов. Факторы выбора метрик. Бизнес-цели: какой тип ошибок критичен. Интерпретируемость для заказчика. Сравнимость с бенчмарками. Реализация в фреймворках: PyTorch: `torch.nn`, `torch.nn.functional`, TensorFlow/Keras: `losses`, `metrics`. Кастомные функции потерь и метрик.

Тема 3. Методы градиентного спуска и его модификации

Введение в градиентную оптимизацию. Базовые варианты метода градиентного спуска. Математические основы. Скорость обучения. Сходимость. Проблемы классического градиентного спуска. Стохастический метод градиентного спуска. Мини-батчи градиентного спуска. Методы с накоплением импульса. Адаптивные методы обучения. Адам и его семейство. Сравнительный анализ методов градиентного спуска. Выбор оптимизатора на практике. Методы адаптации скорости обучения. Циклические методы. Продвинутое методы оптимизации: методы второго порядка, методы с адаптивной точностью, методы для распределенного обучения.

Практические аспекты реализации. Реализация в фреймворках. Мониторинг и отладка. Типичные проблемы и решения. Колебания (oscillations): уменьшение скорости обучения, momentum. Застывание в локальных минимумах: увеличение шума (SGD), изменение расписания. Переобучение: регуляризация, early stopping. Современные направления исследований

Оптимизация для больших моделей: Large-batch training: LARS, LAMB (Layer-wise Adaptive Moments for Batch training), Mixed precision training: использование FP16, динамическое масштабирование градиентов.

Адаптивные методы нового поколения: Lion (EvoLved Sign Momentum): метод на основе знака градиента, Sophia: адаптивная оптимизация с оценкой гессаиана.

Теоретические исследования. Устойчивость к шуму: влияние стохастичности на обобщение. Оптимизация и обобщение: связь между траекторией оптимизации и качеством модели.

Тема 4. Многослойный персептрон

Структура многослойного персептрона: входной, скрытые и выходной слои, принципы полносвязной топологии. Входной слой (input layer): количество нейронов = размерность признаков. Скрытые слои (hidden layers): количество и размерность, роль в извлечении признаков. Выходной слой (output layer): зависит от задачи (регрессия, классификация). Полносвязная топология: каждый нейрон слоя связан со всеми нейронами предыдущего. Функции активации: классические, современные.

Обучение многослойного персептрона: алгоритм, проблемы, инициализация весов. Регуляризация персептрона: нормализующие, стохастические и прочие.

Проектирование персептрона: количество слоев, количество нейронов в слое. Механизм прямого распространения сигнала. Алгоритм обратного распространения ошибки и методы оптимизации. Проблемы обучения многослойных структур (исчезающий градиент, переобучение) и методы их решения (регуляризация, дропаут, нормализация данных).

Варианты и расширения MLP. Автоэнкодеры (Autoencoders). Архитектура: энкодер → bottleneck → декодер. Применение: снижение размерности, удаление шума, генерация.

Вариационные автоэнкодеры (VAE): вероятностная интерпретация. Многослойные персептроны с пропусками (ResMLP). Адаптация остаточных связей для MLP. Сравнение с ResNet: специфика применения. MLP-Mixer. Современная архитектура: смешивание признаков и позиций без сверток и внимания. Применение в компьютерном зрении. Широкие и глубокие персептроны. Регуляризация. Глубокие сети: техники стабилизации (skip connections, normalization).

Применения персептрона. Классификация. Бинарная классификация: сигмоида + бинарная кросс-энтропия. Многоклассовая классификация: softmax + категориальная кросс-энтропия.

Многометочная классификация (multi-label): сигмоида + бинарная кросс-энтропия. Регрессия. Линейная регрессия: выходной слой без активации. Нелинейная регрессия: скрытые слои с нелинейными активациями. Квантильная регрессия: специальные функции потерь. Прикладные области: финансовое прогнозирование: временные ряды, кредитный скоринг, медицинская диагностика: анализ медицинских данных, промышленность: контроль качества, прогнозирование отказов, рекомендательные системы: обработка признаков пользователей и объектов. Сравнение с другими архитектурами

Реализация в фреймворках. Предобработка данных. Нормализация (StandardScaler, MinMaxScaler). Работа с категориальными признаками: one-hot encoding, embedding. Импутация. Кривые обучения: train loss, val loss, метрики. Early stopping: реализация, критерии остановки. Сохранение и загрузка модели.

Типичные проблемы и решения. Недообучение: увеличение сложности сети, больше эпох. Переобучение: регуляризация, dropout, early stopping. Медленная сходимость: нормализация данных, выбор оптимизатора, скорость обучения.

Современные направления. Персептрон в эпоху глубокого обучения. Роль персептрона: базовый блок в трансформерах (FFN), в современных архитектурах. Персептрон, как компонент: смешанные архитектуры. Интерпретируемость персептрона. Визуализация весов: анализ первого слоя. Эффективные персептроны. Сжатие моделей: дистилляция, квантование. Аппаратные оптимизации: edge-устройства, FPGA.

Тема 5. Универсальная аппроксимация

Определение универсальной аппроксимации: способность сети с одним скрытым слоем аппроксимировать любую непрерывную функцию на компакте. Требования к функции активации: нелинейность, ограниченность, сигмоидальный тип. Роль количества нейронов: теоретическая достаточность конечного числа нейронов, практическая необходимость большого количества. Многослойные сети: преимущества глубины перед шириной.

Аппроксимация не только непрерывных функций: функции классов, разрывные функции.

Современные функции активации: ReLU и его варианты. Аппроксимация функций многих переменных: проклятие размерности и его связь с теоремой.

Сети с одним скрытым слоем: теоретическая достаточность, но экспоненциальная сложность по числу нейронов. Глубокие сети: возможность представления сложных функций с меньшим числом параметров. Теоремы о минимальной глубине.

Разрыв между теорией и практикой: теорема не гарантирует обучаемости (сходимость градиентных методов). Проблема переобучения: при избыточной ширине. Проблема исчезающего/взрывающегося градиента: ограничения глубины. Вычислительная сложность: количество нейронов, требуемое теоремой, часто непрактично.

Неконструктивный характер классических теорем: существование не означает алгоритма построения. Современные конструктивные подходы: аппроксимация с помощью ReLU-сетей, кусочно-линейные представления.

Обоснование использования нейронных сетей: почему нейросети могут решать практически любую задачу. Связь с задачами регрессии и классификации. Использование в теории обучения: емкость моделей (VC-размерность, Rademacher complexity).

Ограниченность теоремы: не учитывает конечную выборку, шум, обобщающую способность. Сравнение с другими аппроксиматорами: деревья решений, ядерные методы, полиномы. Критика «универсальности»: на практике аппроксимация не означает успешного обучения.

Универсальная аппроксимация для современных архитектур: трансформеры, графовые нейронные сети. Аппроксимация операторов: нейронные операторы (DeepONet) как обобщение теоремы. Теоремы для нейросетей с памятью: LSTM, RNN.

Тема 6. Сверточные сети

Операция свертки: математическое определение (дискретная свертка), разница между кросс-корреляцией и сверткой. Ядро свертки (фильтр, kernel): размер, инициализация, обучаемые параметры. Параметры свертки: stride (шаг), padding (дополнение границ), dilation (расширенная свертка). Карты признаков (feature maps): формирование, количество каналов.

ReLU и его роль в устранении проблемы исчезающего градиента. Современные альтернативы: Leaky ReLU, PReLU, ELU, GELU, Swish.

Максимальный пулинг (Max Pooling): механизм, инвариантность к малым сдвигам. Средний пулинг (Average Pooling): применение, глобальный пулинг. Сравнение типов пулинга: влияние на информативность и устойчивость.

Преобразование многомерных карт признаков в вектор (flatten). Роль полносвязных слоев в классификации. Альтернативы: сверточные классификаторы (1×1 свертки), глобальный пулинг.

Эволюция классических архитектур CNN. Специализированные типы сверточных слоев

Механизмы внимания в сверточных сетях.

Методы обучения и регуляризации CNN. Инициализация весов: Xavier, He инициализация для ReLU. Batch Normalization: нормализация по мини-батчу, роль в ускорении сходимости и регуляризации. Другие нормализации: LayerNorm, InstanceNorm, GroupNorm.

Регуляризация: Dropout (в полносвязных слоях), Spatial Dropout, weight decay, data augmentation. Transfer Learning: предобучение на ImageNet, тонкая настройка (fine-tuning).

Классификация изображений. ImageNet challenge, многоклассовая классификация. 7.2. Обнаружение объектов (Object Detection). Two-stage detectors: R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN (RPN). One-stage detectors: YOLO (You Only Look Once), SSD (Single Shot Detector), RetinaNet (Focal Loss).

Сегментация изображений. Семантическая сегментация: FCN (Fully Convolutional Networks), U-Net, DeepLab. Инстанс-сегментация: Mask R-CNN. Распознавание лиц (FaceNet, DeepFace). Медицинская диагностика (анализ снимков МРТ, КТ, рентген). Автономное вождение (дорожная разметка, объекты). Обработка видео (3D CNN, C3D).

Классификация изображений. ImageNet challenge, многоклассовая классификация. Обнаружение объектов (Object Detection). Two-stage detectors: R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN (RPN). One-stage detectors: YOLO (You Only Look Once), SSD (Single Shot Detector), RetinaNet (Focal Loss). Сегментация изображений. Семантическая сегментация: FCN (Fully Convolutional Networks), U-Net, DeepLab. Инстанс-сегментация: Mask R-CNN. Распознавание лиц (FaceNet, DeepFace). Медицинская диагностика (анализ снимков МРТ, КТ, рентген). Автономное вождение (дорожная разметка, объекты).

Обработка видео (3D CNN, C3D). Современные тенденции и гибридные архитектуры. Вычислительные аспекты и аппаратная оптимизация. Оптимизация свертки: алгоритм Winograd, FFT-свертки. Квантование: INT8, смешанная точность (mixed precision). Аппаратные ускорители: GPU (CUDA, cuDNN), TPU, NPU. Дистилляция знаний (knowledge distillation): сжатие моделей для edge-устройств.

Тема 7. Рекуррентные сети для обработки последовательностей

Архитектура классической RNN. Принцип рекуррентности: наличие обратных связей, сохранение скрытого состояния. Развертка во времени (unfolding): представление RNN как глубокой сети во времени. Формулы прямого распространения: входной слой, скрытое состояние, выходной слой. Сравнение с полносвязными сетями: обработка последовательностей переменной длины. Способы организации рекуррентных связей. Функции активации в RNN.

Проблема выбора: tanh как классический выбор, ReLU в LSTM/GRU. Влияние на градиенты: насыщающиеся функции и проблема затухания градиента. Проблема затухающего градиента (Vanishing Gradient). Математическая природа: якобиан рекуррентного слоя, произведение матриц. Последствия: невозможность захвата долгосрочных зависимостей. Иллюстрация на примерах: задачи с длинными последовательностями. Проблема

взрывающегося градиента (Exploding Gradient). Причины: большие собственные значения матрицы весов. Методы борьбы: clipping градиентов (по норме, по значению). Обучение RNN: BPTT (Backpropagation Through Time). Алгоритм: распространение ошибки через временные срезы. Вычислительная сложность: линейная по длине последовательности. Truncated BPTT: ограничение временного горизонта.

Архитектуры для захвата долгосрочных зависимостей. Методы обучения и регуляризации RNN. Инициализация весов. Ортогональная инициализация: сохранение нормы градиентов. Специфика для вентильных архитектур. Регуляризация. Dropout в RNN: Variational Dropout (одинаковая маска на всех временных шагах). Нормализация. Управление длиной последовательности. Паддинг: выравнивание последовательностей. Masking: исключение паддингов из вычисления потерь.

Архитектуры на основе RNN. Структура: кодировщик → вектор контекста → декодировщик. Применение: машинный перевод, суммаризация. Механизм внимания (Attention). Проблема фиксированного контекстного вектора: потеря информации.

Обработка естественного языка (NLP). Языковое моделирование: предсказание следующего слова. Частеречная разметка (POS-tagging). Именованные сущности (NER). Анализ тональности (Sentiment Analysis). Машинный перевод (MT). Обработка временных рядов. Прогнозирование: финансовые временные ряды, погода, спрос. Обнаружение аномалий: мониторинг систем, медицинские показатели. Аудио и речь. Распознавание речи: acoustic modeling. Генерация музыки: последовательности нот. Видеоанализ: классификация действий, captioning. Генерация текста: creative writing, code generation. Молекулярная химия: генерация последовательностей SMILES.

Тема 8. Генеративно-состязательные сети

Фундаментальные основы GAN. Архитектура и принцип работы. Генератор (Generator): преобразование шумового вектора в данные, задача «обмана» дискриминатора. Дискриминатор (Discriminator): бинарный классификатор, отличающий реальные данные от сгенерированных. Состязательный процесс: игровая постановка (minimax game). Функция потерь: ванильная формулировка Value Function $V(D,G)$. Сходимость алгоритма: достижение равновесия Нэша. Оптимальный дискриминатор: аналитическое выражение при фиксированном генераторе. Свойства глобального оптимума: когда распределение генератора совпадает с распределением данных. Поочередное обновление: итеративная оптимизация генератора и дискриминатора. Гиперпараметры: соотношение обновлений (k шагов дискриминатора на 1 шаг генератора).

Проблемы обучения GAN. Несходимость и нестабильность. Осцилляции: отсутствие гарантий сходимости градиентных методов в играх. Режим коллапса (Mode Collapse): генерация ограниченного разнообразия образцов. Исчезающий градиент: насыщение дискриминатора → отсутствие полезного сигнала для генератора. Метрики оценки

Архитектурные модификации. Сверточные архитектуры: замена полносвязных слоев. Рекомендации по архитектуре: batch normalization, stride-based downsampling, отсутствие полносвязных слоев. Визуализация фильтров: интерпретируемость обучения. Улучшенные функции потерь. Расстояние Вассерштейна (Earth Mover's Distance): преимущества перед JS-дивергенцией. Ограничение Липшица: weight clipping → gradient penalty. Квадратичная функция потерь: минимизация χ^2 -дивергенции. Преимущества: более стабильное обучение, лучшее качество. Использование в современных архитектурах: StyleGAN, BigGAN. Нормализация и регуляризация

Современные архитектуры. Масштабирование: большие батчи, ортогональная регуляризация.

Условная генерация: использование меток классов. Постепенное наращивание разрешения: обучение от низкого разрешения к высокому. Преимущества: стабилизация обучения, высокое качество.

Условные GAN (Conditional GAN). Условная информация: метки классов, текст, изображения. Способы внедрения условия: конкатенация со входом генератора и дискриминатора. Прикладные варианты. CycleGAN и сопряженные архитектуры.

Применения GAN. Генерация изображений. Фотореалистичная генерация: портреты, пейзажи, объекты. Суперразрешение (Super-Resolution): SRGAN, ESRGAN. Реставрация изображений: заполнение пропусков (inpainting), колоризация. Синтез данных. Аугментация данных: для обучения других моделей. Медицинские изображения: генерация синтетических снимков. Сбалансирование классов: генерация редких классов. Редактирование изображений. Манипуляция атрибутами: возраст, прическа, эмоции (StyleGAN, InterfaceGAN). Перенос стиля: artistic style transfer. Другие модальности: генерация 3D-моделей, генерация видео, музыка и аудио, молекулярный дизайн: генерация химических структур.

Продвинутые концепции. Латентное пространство и интерполяции. Семантическая интерполяция: плавные переходы между объектами. Линейные интерполяции: свойства латентного пространства. Поиск смысловых направлений: GANSpace, SeFA. Инверсия GAN (GAN Inversion)

Задача: поиск латентного кода для заданного изображения. Методы: оптимизационные, энкодерные (e4e, pSp). Few-shot и one-shot обучение. Адаптация к новым доменам: небольшое количество примеров.

Этические аспекты и риски. Дипфейки (Deepfakes). Создание поддельных видео: замена лиц, синтез речи. Социальные риски: дезинформация, мошенничество. Авторство и интеллектуальная собственность. Юридические вопросы. Обратные инструменты: детекторы дипфейков. Предвзятость (Bias). Усиление стереотипов: отражение предвзятостей обучающей выборки. Методы снижения bias: балансировка данных, регуляризация.

Сравнение с другими генеративными моделями. GAN vs VAE (Variational Autoencoder). Качество генерации: GAN превосходит VAE в фотореалистичности. Разнообразие: VAE менее подвержен mode collapse. Интерпретируемость латентного пространства. GAN vs Diffusion Models. Диффузионные модели: принцип работы (Denoising Diffusion Probabilistic Models). Сравнение: качество (диффузия лидирует), скорость генерации (GAN быстрее), стабильность обучения. Современный ландшафт: позиция GAN в эпоху Stable Diffusion, DALL-E.

Современные направления исследований. Трансформеры в GAN. ViT-based GAN: использование vision transformer в архитектурах. Диффузионные GAN. Гибридные подходы: объединение преимуществ обеих парадигм. 3D-генерация: NeRF + GAN: синтез 3D-сцен из 2D-изображений. GAN для научных приложений. Генерация белковых структур, материалов, молекул

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Тема лекции		
		ОФО	ЗФО	
1	1	4	-	Общие понятия и определения История развития нейронных сетей, основные парадигмы обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением)
2	2	4	-	Математический аппарат: функции сети, функция потерь, метрики качества
3	3	4	-	Методы градиентного спуска и его модификации
4	4	4	-	Многослойный персептрон
5	5	4	-	Универсальная аппроксимация
6	6	4	-	Сверточные сети
7	7	4	-	Рекуррентные сети для обработки последовательностей
8	8	4	-	Генеративно-состязательные сети
Итого:		32	-	

Практические занятия

Практические занятия планом не предусмотрены

Лабораторные работы

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздел а дисци плины	Тема лабораторной работы		
		ОФО	ЗФО	
1	1	2	-	Реализация нейрона Маккаллока–Питтса и правило Хебба
2	1	2	-	Сравнение парадигм обучения на синтетических данных
3	1	2	-	Историческая реконструкция: от перцептрона до современной сети
4	2	2	-	Исследование функций активации
5	2	2	-	Сравнение функций потерь для регрессии и классификации
6	2	2	-	Выбор и реализация метрик качества
7	3	2	-	Реализация и сравнение базовых вариантов градиентного спуска
8	3	2	-	Методы с импульсом и адаптивные методы
9	3	2	-	Исследование скорости обучения и расписаний
10	4	2	-	Реализация персептрона прямого и обратного распространения ошибки
11	4	2	-	Влияние архитектуры на качество классификации
12	4	2	-	Регуляризация персептрона
13	5	2	-	Аппроксимация одномерных функций персептрона
14	5	2	-	Глубина и ширина: сравнение аппроксимационных возможностей
15	5	2	-	Ограничения универсальной аппроксимации: обобщение и обучаемость
16	6	2	-	Реализация свертки и пулинга с нуля
17	6	2	-	Классификация изображений с помощью CNN
18	6	2	-	Transfer Learning с использованием предобученных CNN
19	7	2	-	Реализация простой RNN и LSTM с нуля
20	7	2	-	Классификация тональности текста с помощью LSTM/GRU
21	7	2	-	Encoder-Decoder с вниманием для машинного перевода
22	8	2	-	Реализация простой GAN для генерации цифр
23	8	2	-	Улучшение стабильности GAN
24	8	2	-	Conditional GAN для генерации изображений по классу
Итого:		48	-	

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисципли ны	Тема			Вид СРС
		ОФО	ЗФО	Наименование	
1	1	1	-	Общие понятия и определения История развития нейронных сетей, основные парадигмы обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением)	Лекции, лабораторные работы
2	2	4	-	Математический аппарат: функции сети, функция потерь, метрики качества	Лекции, лабораторные работы
3	3	4	-	Методы градиентного спуска и его модификации	Лекции, лабораторные работы
4	4	4	-	Многослойный персептрон	Лекции, лабораторные работы

5	5	5	-	Универсальная аппроксимация	Лекции, лабораторные работы
6	6	5	-	Сверточные сети	Лекции, лабораторные работы
7	7	5	-	Рекуррентные сети для обработки последовательностей	Лекции, лабораторные работы
8	8	5	-	Генеративно-состязательные сети	Лекции, лабораторные работы
9	Экзамен	27	-		Подготовка к экзамену
Итого:		136	-		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- работа в малых группах (самостоятельная работа);
- разбор практических ситуаций (лабораторные работы);
- метод проектов (лабораторные работы);
- работа в группе (самостоятельная работа).

5. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовая работа/проект планом не предусмотрены

6. Контрольные работы

Контрольная работа планом не предусмотрена

7. Курсовые работы/проекты

Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом

8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1 Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной, заочной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
	Выполнение и защита лабораторных работ	15
	Письменный опрос	10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		
	Выполнение и защита лабораторных работ	15
	Письменный опрос	10
	Собеседование	10
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	35

3 текущая аттестация		
	Выполнение и защита лабораторных работ	15
	Письменный опрос	10
	Собеседование	10
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	35
	ВСЕГО	100

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1 Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 1.

9.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

9.2.1 Сайт ФГБОУВО ТИУ - <http://www.tyuiu.ru/>

9.2.2 Система поддержки дистанционного обучения Educon -<http://educon.tsogu.ru:8081/>

9.2.3 Электронный каталог Библиотечно-издательского комплекса - <http://webirbis.tsogu.ru/>

9.2.4 Электронная библиотечная система eLib -<http://elib.tsogu.ru/>

9.2.5 Научная электронная библиотека eLibrary.ru -<http://elibrary.ru/defaultx.asp>

9.2.6 ЭБС издательства «Лань» - <http://e.lanbook.com>

9.2.7 Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росс тандарта) - <http://www.gost.ru/wps/portal/>

9.2.8 Официальный сайт компании «Консультант Плюс» - <http://www.consultant.ru>

9.2.9 Международная Электротехническая Комиссия МЭК - <http://www.iec.ch>

9.2.10 Международная Организация по Стандартизации ISO - <http://www.iso.org/iso.ru>

9.2.11 Единый портал тестирования в сфере образования - <http://www.i-exam.ru>

9.3 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т. ч. отечественного производства.

1. Microsoft Office Professional Plus
2. Microsoft Windows
3. Mathcad 14.0
4. Python

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий
1	Теория нейронных сетей	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, №226, Учебная мебель: столы, стулья. Проекционный экран - 1 шт., моноблок - 1 шт., проектор - 1 шт., микрофон - 1 шт., документ-камера - 1 шт., телевизор - 2 шт.

		Учебная аудитория для проведения занятий (лабораторные занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, №904, Учебная лаборатория. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 9 шт.
--	--	--

11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям. На лабораторных работах обучающиеся изучают методику и выполняют типовые задания. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы, ноутбуки и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки к лабораторным работам обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на занятиях **ОБЯЗАТЕЛЬНО!** Задания на выполнение на лабораторных работах обучающиеся получают индивидуально.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы, обучающиеся должны выполнить задания на компьютере с помощью пакетов прикладных программ, изучить теоретический материал по разделам. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п).

КАРТА

обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина: Теория нейронных сетейКод, направление подготовки: 09.04.01. - Информатика и вычислительная техникаНаправленность (профиль): Нейросетевые технологии в автоматизированных системах управления

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Галушкин, Александр Иванович. Нейронные сети: основы теории / А. И. Галушкин. - [Б. м.] : Горячая линия-Телеком, 2017. - 496 с. - ЭБС Лань. - ISBN 978-5-9912-0082-0 : ~Б. ц. - Текст : непосредственный. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/111043	ЭР	15	100	+
2	Баюк, Ольга Васильевна. Руководство к практическим работам по дисциплине "Нейроматематика" : учебник / О. В. Баюк ; ТИУ. - Тюмень : ТИУ, 2025. - 161 с. - Режим доступа: для автор. пользователей. - Электронная библиотека ТИУ. - Библиогр.: с. 160 (6 назв.). - ISBN 978-5-9961-3436-6 : 445.00 р. - Текст : электронный.	ЭР	15	100	+
3	Баюк, Ольга Васильевна. Нейроматематика: электронное учебное пособие / О.В. Баюк . Тюмень: Изд-во ТИУ, 2024 ISBN 978-5-9961-3294-2. - Регистрационное свидетельство № 80426 от 10.06.2024, номер регистрации 0322402348. – Текст: электронный. URL: https://educon2.tyuiu.ru/mod/resource/view.php?id=1022684	ЭР	15	100	+
4	Галушкин, Александр Иванович. Нейросетевые технологии в России (1982–2010) / А. И. Галушкин, С. Н. Симоров. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. - 316 с. - Режим доступа: для автор. пользователей. - ЭБС Лань Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25	ЭР	15	100	+

ЭР – электронный ресурс для автор. пользователей доступен через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>