

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 12.10.2026 16:48:36

Уникальный идентификатор:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

«Информационных технологий»



 / Д.Г. Демидов /

« 26 » февраль 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Искусственные нейронные сети**

Направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки (образовательная программа)

«Информационные системы умных пространств»

Год начала обучения:

2026

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва – 2026

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО и учебного плана Московского политехнического университета по направлению (специальности) 09.03.01 Информатики и вычислительная техника, по профилю подготовки Информационные системы умных пространств.

Разработчик(и):

к. ф.-м. н., доцент кафедры



/ Т.Т. Идиатуллин /

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«СМАРТ-технологии»,
к.т.н., доцент



/ Е.В. Петрунина /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Структура и содержание дисциплины
 - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
 - 3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)
 - 3.3 Содержание дисциплины
 - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий
 - 3.5 Тематика вопросов для самостоятельного изучения
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение
 - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы
 - 4.2. Основная литература
 - 4.3 Дополнительная литература
 - 4.4 Электронные образовательные ресурсы
 - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение
 - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
- 5 Материально-техническое обеспечение
- 6 Методические рекомендации
 - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения
 - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
 - 6.3 Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
- 7 Фонд оценочных средств
 - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения
 - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
- Приложение 1
- Приложение 2

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Искусственные нейронные сети» следует отнести:

- формирование у обучающихся системного представления об искусственных нейронных сетях как о классе математических моделей и о методах их обучения;
- ознакомление обучающихся с основными архитектурами нейронных сетей, алгоритмами их обучения и областями практического применения;
- формирование навыков разработки, обучения, настройки и оценки качества нейросетевых моделей для решения прикладных задач с применением современных программных библиотек.

К основным задачам освоения дисциплины «Искусственные нейронные сети» следует отнести:

- изучение математической модели формального нейрона, принципов построения нейронных сетей и классификации их архитектур;
- изучение алгоритмов обучения нейронных сетей, в том числе алгоритма обратного распространения ошибки и методов градиентной оптимизации;
- изучение методов подготовки обучающих выборок, оценки обобщающей способности моделей и предотвращения переобучения;
- изучение архитектур сверточных и рекуррентных нейронных сетей, а также механизма внимания и построенных на его основе архитектур;
- изучение нейросетевых моделей обучения без учителя и генеративных моделей;
- приобретение навыков программной реализации нейронных сетей, в том числе без применения специализированных библиотек, для понимания внутренних механизмов обучения;
- приобретение навыков применения современных библиотек глубокого обучения при разработке, обучении и оценке нейросетевых моделей;
- изучение способов практического внедрения нейросетевых моделей, включая перенос обучения, оптимизацию моделей и их применение в системах умных пространств.

Обучение по дисциплине «Искусственные нейронные сети» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Знает математические основы построения и обучения искусственных нейронных сетей, включая методы линейной алгебры, математического анализа и оптимизации. ИОПК-1.2. Умеет применять методы математического моделирования при выборе архитектуры нейронной сети и анализе процесса ее обучения. ИОПК-1.3. Владеет навыками планирования и проведения вычислительных экспериментов с нейросетевыми моделями и интерпретации их результатов.
ОПК-8. Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения	ИОПК-8.1. Знает алгоритмы обучения нейронных сетей и принципы программной реализации их компонентов. ИОПК-8.2. Умеет разрабатывать и отлаживать программы, реализующие нейросетевые модели, и проводить их обучение на подготовленных данных. ИОПК-8.3. Владеет навыками разработки, тестирования и внедрения нейросетевых программных компонентов, пригодных для практического применения.
ОПК-9. Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач	ИОПК-9.1. Знает методики использования библиотек машинного и глубокого обучения для решения практических задач. ИОПК-9.2. Умеет анализировать техническую документацию по использованию программного средства, выбирать необходимые функции библиотек для построения и обучения нейронной сети. ИОПК-9.3. Владеет способами описания методики использования программного средства для решения конкретной задачи в виде документа или видеоролика.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Искусственные нейронные сети» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базового цикла (Б1.1) основной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Информационные системы умных пространств».

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Методы оптимизации», «Программирование», «Алгоритмы и структуры данных».

Дисциплина обеспечивает изучение дисциплин «Системы искусственного интеллекта», «Интеллектуальный анализ данных», выполнение курсовых работ и выпускной квалификационной работы, а также применение нейросетевых методов при разработке информационных систем умных пространств.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, т.е. 144 академических часа, из них аудиторных — 54 часа, самостоятельная работа обучающихся — 90 часов. Форма промежуточной аттестации — экзамен в 5 семестре.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по очной форме обучения)

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 5
1	Аудиторные занятия	54	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	—	—
1.3	Лабораторные занятия	36	36
2	Самостоятельная работа	90	90
3	Промежуточная аттестация	экзамен	экзамен
	Итого:	144	144

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по очной форме обучения)

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего, час.	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Введение в теорию искусственных нейронных сетей. Модель формального нейрона	16	2	4	10
2	Тема 2. Однослойные нейронные сети. Персептрон и его обучение	16	2	4	10
3	Тема 3. Многослойные нейронные сети. Алгоритм обратного распространения ошибки	16	2	4	10
4	Тема 4. Методы оптимизации при обучении нейронных сетей	16	2	4	10
5	Тема 5. Обобщающая способность сети. Подготовка данных и оценка качества моделей	16	2	4	10
6	Тема 6. Сверточные нейронные сети	16	2	4	10
7	Тема 7. Рекуррентные нейронные сети и обработка последовательностей. Механизм внимания	16	2	4	10
8	Тема 8. Нейронные сети обучения без учителя. Генеративные нейросетевые модели	16	2	4	10
9	Тема 9. Практическое применение и внедрение нейросетевых моделей	16	2	4	10
	Итого	144	18	36	90

3.3 Содержание дисциплины

3.3.1 Содержание лекционных занятий (18 часов)

Тема 1. Введение в теорию искусственных нейронных сетей. Модель формального нейрона (2 ч)

Место нейросетевых методов среди методов обработки информации и машинного обучения. Биологический нейрон и принципы передачи сигналов в нервной системе как источник аналогии. Модель формального нейрона Мак-Каллока — Питтса: входные сигналы, синаптические веса, сумматор, порог смещения, функция активации. Векторно-матричная форма записи вычислений нейрона и слоя. Функции активации: пороговая, линейная, логистическая сигмоида, гиперболический тангенс, выпрямленный линейный элемент и его модификации; свойства функций активации, области значений, дифференцируемость. Классификация нейронных сетей по топологии (сети прямого распространения, рекуррентные, сети с обратными связями), по способу обучения (с учителем, без учителя, с подкреплением) и по назначению. Основные этапы развития теории нейронных сетей. Типы решаемых задач: классификация, регрессия, кластеризация, аппроксимация функций, прогнозирование, распознавание образов, генерация данных.

Тема 2. Однослойные нейронные сети. Персептрон и его обучение (2 ч)

Персептрон Розенблатта: структура, принцип функционирования, геометрическая интерпретация работы нейрона как разделяющей гиперплоскости. Понятие линейной разделимости классов. Правило обучения персептрона, итерационная корректировка весов, теорема о сходимости обучения персептрона. Ограничения однослойного персептрона, задача «исключающее ИЛИ» и ее значение для развития теории нейронных сетей. Адаптивный линейный элемент, правило Уидроу — Хоффа, минимизация среднеквадратической ошибки. Понятие поверхности ошибки и градиентного спуска по ней. Обучение однослойной сети для решения задач классификации на несколько классов, функция «мягкого максимума». Логистическая регрессия как однослойная нейронная сеть. Роль смещения и нормировки входных данных. Переход к многослойным архитектурам как способ преодоления ограничений линейных моделей.

Тема 3. Многослойные нейронные сети. Алгоритм обратного распространения ошибки (2 ч)

Многослойный персептрон: входной, скрытые и выходной слои, полносвязные соединения. Теорема об универсальной аппроксимации и ее практическое значение. Влияние числа слоев и числа нейронов на

выразительную способность сети. Прямое распространение сигнала и вычисление выхода сети. Функции потерь для задач регрессии и классификации: среднеквадратическая ошибка, перекрестная энтропия; их вероятностная интерпретация. Постановка задачи обучения как задачи минимизации функции потерь по параметрам сети. Вывод алгоритма обратного распространения ошибки на основе правила дифференцирования сложной функции. Вычисление градиентов по весам и смещениям, обратный проход по слоям. Вычислительная сложность алгоритма. Пакетное, стохастическое и мини-пакетное обучение. Эпоха обучения, скорость обучения, критерии останова. Автоматическое дифференцирование и вычислительный граф как основа современных библиотек глубокого обучения.

Тема 4. Методы оптимизации при обучении нейронных сетей (2 ч)

Свойства поверхности ошибки нейронной сети: невыпуклость, локальные минимумы, седловые точки, плато. Градиентный спуск и выбор скорости обучения. Метод импульса и ускоренный градиент Нестерова. Адаптивные методы оптимизации: методы с индивидуальной настройкой скорости обучения по параметрам, их сравнительная характеристика и практические рекомендации по применению. Расписания изменения скорости обучения. Проблемы затухающих и взрывающихся градиентов, причины их возникновения и способы устранения, ограничение нормы градиента. Инициализация весов: последствия неудачной инициализации, схемы инициализации, учитывающие размерность слоев. Нормализация входных данных и нормализация по мини-батчам, нормализация слоя. Регуляризация нейронных сетей: штрафы на норму весов, прореживание (dropout), ранняя остановка, аугментация данных, добавление шума. Влияние размера мини-батча на устойчивость и скорость обучения. Вычислительные аспекты обучения и применение графических ускорителей.

Тема 5. Обобщающая способность сети. Подготовка данных и оценка качества моделей (2 ч)

Понятие обобщающей способности нейросетевой модели. Недообучение и переобучение, их проявления на кривых обучения. Компромисс между смещением и разбросом. Разделение выборки на обучающую, валидационную и тестовую части, требования к их формированию. Кросс-валидация и ее применение при ограниченном объеме данных. Утечка данных между выборками и способы ее предотвращения. Подготовка данных: обработка пропусков и выбросов, кодирование

категориальных признаков, масштабирование и нормировка, формирование признаков. Особенности подготовки изображений, текстов и временных рядов. Аугментация обучающей выборки. Проблема несбалансированных классов и способы ее решения. Метрики качества для задач классификации и регрессии, матрица ошибок, кривая ошибок. Подбор гиперпараметров: перебор по сетке, случайный поиск, последовательные методы оптимизации. Организация и протоколирование вычислительных экспериментов, обеспечение воспроизводимости результатов.

Тема 6. Сверточные нейронные сети (2 ч)

Ограничения полносвязных сетей при обработке изображений. Идея локальной связности и разделения весов. Операция свертки: ядро свертки, шаг, дополнение границ, число каналов; вычисление размеров выходной карты признаков. Слои подвыборки и их назначение. Типовая структура сверточной сети: чередование сверточных слоев и слоев подвыборки, полносвязная часть, выходной слой. Иерархическое представление признаков и интерпретация обученных фильтров. Число обучаемых параметров сверточного слоя в сравнении с полносвязным. Развитие архитектур сверточных сетей: увеличение глубины, свертки малых размеров, блоки с остаточными связями, разделяемые по каналам свертки, облегченные архитектуры для устройств с ограниченными ресурсами. Аугментация изображений. Применение сверточных сетей: классификация изображений, детектирование и сегментация объектов (обзорно), обработка одномерных сигналов. Перенос обучения и дообучение предобученных сверточных сетей.

Тема 7. Рекуррентные нейронные сети и обработка последовательностей. Механизм внимания (2 ч)

Задачи обработки последовательностей: прогнозирование временных рядов, классификация последовательностей, разметка, машинный перевод. Простая рекуррентная сеть: скрытое состояние, разделение весов по временным шагам, развертка сети по времени. Алгоритм обратного распространения ошибки во времени и его вычислительные особенности. Проблема долговременных зависимостей и затухания градиентов в рекуррентных сетях. Архитектура с долгой краткосрочной памятью: состояние ячейки, входной, забывающий и выходной вентили. Управляемый рекуррентный блок. Двухнаправленные и многослойные рекуррентные сети. Архитектура «кодировщик — декодировщик» для задач преобразования последовательностей. Механизм внимания: назначение, вычисление весов внимания, интерпретируемость. Самовнимание и архитектура «трансформер»:

многоголовое внимание, позиционное кодирование, структура блока. Сравнение рекуррентных и основанных на внимании архитектур по качеству и вычислительной эффективности. Векторные представления элементов последовательности.

Тема 8. Нейронные сети обучения без учителя. Генеративные нейросетевые модели (2 ч)

Задачи обучения без учителя, решаемые нейросетевыми методами. Конкурентное обучение. Самоорганизующиеся карты Кохонена: структура, алгоритм обучения, функция соседства, применение для кластеризации и визуализации многомерных данных. Сети встречного распространения. Сети радиально-базисных функций: структура, обучение, сопоставление с многослойным персептроном. Сети Хопфилда и ассоциативная память, энергетическая функция, емкость сети. Машины Больцмана (обзорно). Автокодировщики: структура, обучение, применение для снижения размерности, подавления шума и выявления аномалий. Разреженные и вариационные автокодировщики. Генеративно-состязательные сети: генератор и дискриминатор, постановка задачи как игры двух участников, особенности и трудности обучения. Понятие диффузионных моделей (обзорно). Применение генеративных моделей для расширения обучающих выборок. Этические аспекты применения генеративных моделей и вопросы достоверности синтезированных данных.

Тема 9. Практическое применение и внедрение нейросетевых моделей (2 ч)

Этапы разработки нейросетевого решения прикладной задачи: постановка задачи, формирование и разметка набора данных, выбор архитектуры, обучение, оценка качества, внедрение. Критерии выбора архитектуры сети под ограничения задачи. Перенос обучения и дообучение предобученных моделей, выбор замораживаемых слоев. Обучение при ограниченном объеме размеченных данных. Сохранение, версионирование и форматы представления обученных моделей. Оптимизация моделей для развертывания: сокращение разрядности вычислений, прореживание связей, дистилляция знаний. Развертывание модели в виде сервиса и на периферийных устройствах, оценка требований к вычислительным ресурсам и времени отклика. Мониторинг качества модели в эксплуатации и переобучение при изменении характера данных. Интерпретируемость нейросетевых моделей и методы объяснения их решений. Применение нейронных сетей в системах умных пространств: обработка данных датчиков,

анализ видеопотока, прогнозирование потребления ресурсов. Тенденции развития нейросетевых технологий.

3.3.2 Содержание лабораторных занятий (36 часов)

Лабораторная работа № 1. Построение нейронной сети средствами библиотеки глубокого обучения (4 ч)

Освоение основных компонентов библиотеки глубокого обучения: тензоры, автоматическое дифференцирование, слои, модели, оптимизаторы. Построение и обучение многослойной сети для задач классификации и регрессии. Сравнение результатов с самостоятельно реализованной сетью по качеству и времени обучения. Сохранение и загрузка обученной модели.

Лабораторная работа № 2. Исследование методов оптимизации и регуляризации (4ч)

Обучение нейронной сети с применением различных методов оптимизации и значений скорости обучения, построение и сравнение кривых обучения. Исследование влияния схемы инициализации весов и размера минибатча на процесс обучения. Применение методов регуляризации: штрафа на норму весов, прореживания, ранней остановки, нормализации по минибатчам. Формулирование выводов о применимости изученных методов.

Лабораторная работа № 3. Подготовка данных и оценка качества нейросетевой модели (4 ч)

Подготовка набора данных: обработка пропусков и выбросов, кодирование признаков, масштабирование. Разделение выборки на обучающую, валидационную и тестовую части, проверка отсутствия утечки данных. Обучение модели, подбор гиперпараметров с применением кросс-валидации. Расчет метрик качества, построение матрицы ошибок и кривой ошибок, анализ ошибочно классифицированных примеров.

Лабораторная работа № 4. Сверточная нейронная сеть для задачи классификации изображений (8 ч)

Подготовка и аугментация набора изображений. Построение сверточной нейронной сети, выбор числа и параметров сверточных слоев и слоев подвыборки. Обучение сети и оценка качества классификации. Применение переноса обучения на основе предобученной модели, сравнение результатов. Визуализация карт признаков и анализ ошибок распознавания.

Лабораторная работа № 5. Нейронные сети для обработки последовательностей (8 ч)

Подготовка данных временного ряда или текстового корпуса, формирование обучающих последовательностей. Построение и обучение рекуррентной сети с ячейками долгой краткосрочной памяти для задачи прогнозирования или классификации последовательностей. Сравнение результатов с моделью на основе механизма внимания. Оценка качества прогноза и анализ поведения модели на длинных последовательностях.

Лабораторная работа № 6. Генеративные модели и внедрение обученной сети (8 ч)

Построение и обучение автокодировщика, применение его для снижения размерности и выявления аномалий в данных. Обучение генеративной модели и оценка качества синтезированных примеров. Подготовка обученной модели к внедрению: сохранение, оптимизация размера, разработка программного интерфейса для получения предсказаний. Проверка работоспособности развернутой модели и оценка времени отклика. Защита итогового проекта.

3.3.3 Содержание самостоятельной работы обучающихся (90 часов)

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды деятельности:

- проработка конспектов лекций и изучение разделов дисциплины, вынесенных на самостоятельное изучение, по рекомендованной литературе и электронным образовательным ресурсам;
- самостоятельный вывод расчетных соотношений алгоритма обратного распространения ошибки для различных функций потерь и активации;
- изучение документации на библиотеки глубокого обучения, в том числе документации на английском языке;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, оформление отчетов;
- выполнение индивидуального задания по разработке и обучению нейросетевой модели для заданной прикладной задачи;
- проведение вычислительных экспериментов по исследованию влияния гиперпараметров на качество обучения и оформление их результатов;
- изучение и реферирование научных публикаций по архитектурам нейронных сетей;

– подготовка к тестированию и к экзамену.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
3. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».
4. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года).
5. Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 № 929 (ред. от 08.02.2021) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника» (Зарегистрировано в Минюсте России 10 октября 2017 г. № 48489).
6. Академический учебный план. Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Профиль: Информационные системы умных пространств. Форма обучения: очная.
7. Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (утверждено приказом Московского Политеха от 01.12.2022 № 1375ОД).
8. ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта.
9. ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения.
10. ГОСТ Р 59898-2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения.

4.2 Основная литература

1. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. — 2-е изд. — Москва : Вильямс, 2016. — 1104 с.
2. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль ; пер. с англ. — 2-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 652 с.
3. Николенко, С. И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. И. Николенко, А. А. Кадури, Е. О. Архангельская. — Санкт-Петербург : Питер, 2018. — 480 с.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с польск. — Москва : Финансы и статистика, 2002. — 344 с.
5. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. — 2-е изд. — Москва : Горячая линия — Телеком, 2002. — 382 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле ; пер. с англ. — Санкт-Петербург : Питер, 2018. — 400 с.
2. Траск, Э. Грожаем глубокое обучение / Э. Траск ; пер. с англ. — Санкт-Петербург : Питер, 2019. — 352 с.
3. Рашид, Т. Создаем нейронную сеть / Т. Рашид ; пер. с англ. — Санкт-Петербург : Диалектика, 2019. — 272 с.
4. Гэрон, О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow / О. Гэрон ; пер. с англ. — 2-е изд. — Москва : Диалектика, 2020. — 1040 с.
5. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан ; пер. с англ. — Москва : Вильямс, 2001. — 288 с.
6. Джулли, А. Библиотека Keras — инструмент глубокого обучения / А. Джулли, С. Пал ; пер. с англ. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 294 с.
7. Ясницкий, Л. Н. Интеллектуальные системы : учебник / Л. Н. Ясницкий. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 221 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Курс в ЛМС Московского политехнического университета. — <https://lms.mospolytech.ru/>
2. Официальная документация библиотеки PyTorch. — <https://pytorch.org/docs/>

3. Официальная документация библиотеки TensorFlow. — https://www.tensorflow.org/api_docs
4. Официальная документация библиотеки Keras. — <https://keras.io/api/>
5. Официальная документация библиотеки scikit-learn. — <https://scikit-learn.org/stable/documentation.html>
6. Официальная документация библиотеки NumPy. — <https://numpy.org/doc/>
7. Репозиторий открытых наборов данных и моделей Hugging Face. — <https://huggingface.co/docs>
8. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. — <https://reestr.digital.gov.ru/>
9. Электронно-библиотечная система «Лань». — <https://e.lanbook.com/>
10. Электронно-библиотечная система «Юрайт». — <https://urait.ru/>

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система Windows 10 (или выше) — Microsoft Open License.
2. Офисные приложения Microsoft Office 2016 (или выше) — Microsoft Open License.
3. Интерпретатор языка программирования Python — свободно распространяемое ПО (лицензия PSF).
4. Интерактивная среда вычислений Jupyter Notebook (JupyterLab) — свободно распространяемое ПО (лицензия BSD).
5. Библиотеки численных вычислений и визуализации NumPy, SciPy, pandas, Matplotlib — свободно распространяемое ПО (лицензия BSD).
6. Библиотека машинного обучения scikit-learn — свободно распространяемое ПО (лицензия BSD).
7. Библиотеки глубокого обучения PyTorch и TensorFlow (Keras) — свободно распространяемое ПО (лицензии BSD и Apache 2.0).
8. Библиотека компьютерного зрения OpenCV — свободно распространяемое ПО (лицензия Apache 2.0).
9. Библиотека градиентного бустинга CatBoost — отечественное свободно распространяемое ПО (лицензия Apache 2.0) — для сопоставления с нейросетевыми моделями.
10. Средства протоколирования вычислительных экспериментов (MLflow или аналогичные) — свободно распространяемое ПО.

11. Редактор Visual Studio Code — свободно распространяемое ПО (лицензия MIT).
12. Система контроля версий Git — свободно распространяемое ПО (лицензия GPL).

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения всех видов занятий необходимо презентационное оборудование (мультимедийный проектор, компьютер, экран) — 1 комплект.

Для проведения лабораторных занятий необходимо наличие компьютерного класса, оборудованного современной вычислительной техникой из расчета одно рабочее место на одного обучающегося, а также следующего материально-технического обеспечения:

- персональные компьютеры с объемом оперативной памяти не менее 16 ГБ и установленным программным обеспечением для разработки и обучения нейросетевых моделей — из расчета одно рабочее место на одного обучающегося;
- вычислительный сервер с графическими ускорителями (или доступ к вычислительным ресурсам центра обработки данных университета) для обучения моделей с большим числом параметров;
- локальная вычислительная сеть с доступом к вычислительному серверу и к сети Интернет;
- доступ к электронной информационно-образовательной среде университета, электронно-библиотечным системам и открытым наборам данных;
- дисковое пространство для хранения учебных наборов данных и обученных моделей — не менее 500 ГБ.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы — теоретические сведения и выводы расчетных соотношений, примеры программного кода, учебные наборы данных и задания для лабораторных работ, а также заранее проверить работоспособность программного обеспечения и доступность вычислительных ресурсов.

При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия. Первые лабораторные работы целесообразно выстраивать на самостоятельной реализации нейронной сети и алгоритма обучения без применения специализированных библиотек: такой порядок обеспечивает понимание внутренних механизмов обучения и предотвращает формальное применение готовых решений при последующем переходе к библиотекам глубокого обучения.

При проверке работ и отчетов следует учитывать не только достигнутые значения метрик качества, но и корректность постановки вычислительного эксперимента, обоснованность выбора архитектуры и гиперпараметров, отсутствие утечки данных между выборками, воспроизводимость полученных результатов, а также способность обучающегося объяснить наблюдаемое поведение кривых обучения.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи с учебным планом. Основой теоретической подготовки обучающихся являются лекции.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты лекций, самостоятельно выполняют выводы расчетных соотношений, изучают документацию на применяемые библиотеки, готовятся к защите лабораторных работ и к экзамену, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

Особое внимание при подготовке следует уделять математической стороне изучаемых методов и практической работе с моделями: самостоятельному воспроизведению вывода алгоритма обратного распространения ошибки, исследованию влияния гиперпараметров на процесс обучения, анализу причин недообучения и переобучения, а также аккуратному протоколированию проводимых вычислительных экспериментов.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы обучающихся, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

- подготовка к решению прикладных задач;
- выполнение и защита лабораторных работ, оформление отчетов;
- выполнение индивидуального задания по разработке и обучению нейросетевой модели;
- подготовка домашних работ и их защита;
- подготовка обзора (реферата) по архитектурам нейронных сетей и областям их применения;
- тест;
- экзамен.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

ОПК-8. Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения.

ОПК-9. Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач.

Показатель	2	3	4	5
знать: математическую модель нейрона и принципы построения нейронных сетей, алгоритмы обучения и методы оптимизации, архитектуры сверточных, рекуррентных и генеративных сетей, методы оценки качества нейросетевых моделей	Обучающийся демонстрирует полное соответствие или недостаточное соответствие указанных знаний	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных знаний, освещена основная, наиболее важная часть материала, допущена одна значительная ошибка или неточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных знаний, допускаются 2—3 несущественные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных знаний, свободно оперирует материалом дисциплины
уметь: выбирать архитектуру нейронной сети под поставленную задачу, подготавливать обучающую выборку, обучать и настраивать модель, оценивать качество результата и диагностировать недообучение и переобучение	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять указанные действия	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных умений, испытывает затруднения при переносе умений на новые ситуации	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных умений, допускает незначительные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных умений, уверенно применяет их в нестандартных ситуациях

Показатель	2	3	4	5
владеть: навыками программной реализации нейронных сетей и алгоритмов их обучения, применения библиотек глубокого обучения, проведения и протоколирования вычислительных экспериментов, подготовки обученной модели к внедрению	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет указанными навыками	Обучающийся владеет указанными навыками, но допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность навыков по ряду показателей	Обучающийся частично владеет указанными навыками, допускаются незначительные ошибки и затруднения при аналитических операциях	Обучающийся в полном объеме владеет указанными навыками, свободно оперирует приобретенными знаниями

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	Описание
отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями и навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Все лабораторные работы выполнены и защищены, индивидуальное задание выполнено в полном объеме. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное, но правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо при этом были допущены 2—3 несущественные

Шкала оценивания	Описание
	ошибки. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. Присутствовал более чем на $\frac{1}{2}$ занятий по дисциплине.
неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Список вопросов для экзамена

1. Искусственные нейронные сети: определение, место среди методов обработки информации, области применения.
2. Биологический нейрон и его формальная модель. Структура и функционирование формального нейрона.
3. Функции активации: виды, свойства, области применения.
4. Классификация искусственных нейронных сетей по топологии и способу обучения.
5. Основные этапы развития теории нейронных сетей.
6. Типы задач, решаемых нейронными сетями.
7. Персептрон Розенблатта: структура и принцип функционирования.
8. Геометрическая интерпретация работы нейрона. Линейная разделимость классов.
9. Правило обучения персептрона. Теорема о сходимости обучения.
10. Ограничения однослойного персептрона. Задача «исключающее ИЛИ».

11. Адаптивный линейный элемент. Правило Уидроу — Хоффа.
12. Функция «мягкого максимума» и решение задач классификации на несколько классов.
13. Многослойный персептрон: структура и назначение скрытых слоев.
14. Теорема об универсальной аппроксимации и ее практическое значение.
15. Функции потерь для задач регрессии и классификации.
16. Постановка задачи обучения нейронной сети как задачи оптимизации.
17. Алгоритм обратного распространения ошибки: вывод и порядок вычислений.
18. Пакетное, стохастическое и мини-пакетное обучение: сравнительная характеристика.
19. Вычислительный граф и автоматическое дифференцирование.
20. Свойства поверхности ошибки нейронной сети. Локальные минимумы и седловые точки.
21. Градиентный спуск и выбор скорости обучения. Расписания изменения скорости обучения.
22. Метод импульса и ускоренный градиент Нестерова.
23. Адаптивные методы оптимизации и их сравнительная характеристика.
24. Проблемы затухающих и взрывающихся градиентов. Способы их устранения.
25. Инициализация весов нейронной сети: схемы и их обоснование.
26. Нормализация входных данных. Нормализация по мини-батчам.
27. Регуляризация нейронных сетей: штрафы на норму весов, ранняя остановка.
28. Прореживание (dropout): принцип действия и особенности применения.
29. Обобщающая способность модели. Недообучение и переобучение, их диагностика.
30. Разделение выборки на обучающую, валидационную и тестовую части. Кросс-валидация.
31. Утечка данных между выборками и способы ее предотвращения.
32. Подготовка данных для обучения нейронной сети. Аугментация выборки.
33. Проблема несбалансированных классов и способы ее решения.
34. Метрики качества классификации и регрессии. Матрица ошибок.

35. Подбор гиперпараметров нейронной сети. Обеспечение воспроизводимости экспериментов.
36. Ограничения полносвязных сетей при обработке изображений. Идея локальной связности.
37. Операция свертки: ядро, шаг, дополнение границ, число каналов.
38. Слои подвыборки и их назначение. Типовая структура сверточной сети.
39. Число обучаемых параметров сверточного слоя в сравнении с полносвязным.
40. Развитие архитектур сверточных сетей. Остаточные связи.
41. Облегченные архитектуры сверточных сетей для устройств с ограниченными ресурсами.
42. Перенос обучения и дообучение предобученных сетей.
43. Задачи обработки последовательностей. Структура простой рекуррентной сети.
44. Обратное распространение ошибки во времени. Проблема долговременных зависимостей.
45. Архитектура с долгой краткосрочной памятью: состав и назначение вентиляей.
46. Управляемый рекуррентный блок. Двухнаправленные и многослойные рекуррентные сети.
47. Архитектура «кодировщик — декодировщик» для преобразования последовательностей.
48. Механизм внимания: назначение и принцип работы.
49. Самовнимание и архитектура «трансформер». Позиционное кодирование.
50. Векторные представления элементов последовательности.
51. Конкурентное обучение. Самоорганизующиеся карты Кохонена.
52. Сети радиально-базисных функций: структура и обучение.
53. Сети Хопфилда и ассоциативная память. Энергетическая функция и емкость сети.
54. Автокодировщики: структура, обучение, области применения.
55. Вариационные автокодировщики и разреженные автокодировщики.
56. Генеративно-состязательные сети: структура и особенности обучения.
57. Этапы разработки нейросетевого решения прикладной задачи.
58. Сохранение, версионирование и форматы представления обученных моделей.

59. Оптимизация нейросетевых моделей для развертывания: квантование, прореживание, дистилляция.
60. Развертывание модели и мониторинг ее качества в эксплуатации.
61. Интерпретируемость нейросетевых моделей и методы объяснения их решений.
62. Применение нейронных сетей в системах умных пространств и Интернета вещей.

7.3.2 Примерные темы индивидуальных заданий и обзоров

- Разработка и обучение нейронной сети для задачи классификации по заданному набору данных.
- Сравнительный анализ методов оптимизации при обучении многослойного персептрона.
- Исследование влияния методов регуляризации на обобщающую способность нейронной сети.
- Применение сверточной нейронной сети для задачи распознавания изображений.
- Сравнительный анализ рекуррентных архитектур в задаче прогнозирования временного ряда.
- Применение переноса обучения при ограниченном объеме размеченных данных.
- Применение автокодировщика для выявления аномалий в данных датчиков.
- Сравнительный анализ рекуррентных сетей и архитектур на основе механизма внимания.
- Оптимизация нейросетевой модели для развертывания на устройстве с ограниченными ресурсами.
- Применение нейронных сетей для обработки данных систем умных пространств.