

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 25.05.2026 12:25:52

Уникальный программный ключ:

ca953a01204891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет искусственного интеллекта**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **НЕЙРОННЫЕ СЕТИ**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направлений подготовки:**

**02.03.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ;**

**09.03.03 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2026 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Нейронные сети» входит в программу бакалавриата «Искусственный интеллект: разработка и обучение интеллектуальных систем» по направлениям подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии и 09.03.03 Прикладная информатика, и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Кафедра прикладного искусственного интеллекта. Дисциплина состоит из 3 разделов и 39 тем и направлена на изучение продвинутых теоретических основ и современных архитектур нейронных сетей: теории обучения глубоких сетей (экспрессивность, обобщение, ландшафт потерь, implicit bias), продвинутых архитектур (графовые нейросети, нейронные ODE, State Space Models), генеративных моделей (VAE, GAN, нормализующие потоки, диффузионные модели), методов self-supervised и contrastive learning, мультимодальных архитектур (CLIP, мультимодальные трансформеры), масштабирования нейросетей (scaling laws, mixture of experts), методов интерпретируемости и объяснимости глубоких моделей, а также текущих исследовательских направлений на границе науки и практики.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов глубокого понимания теоретических принципов работы нейронных сетей и практических навыков проектирования, реализации и анализа продвинутых архитектур, включая способность обосновывать выбор архитектуры на основе теоретического анализа, реализовывать современные генеративные и дискриминативные модели, применять методы self-supervised learning и transfer learning, проектировать мультимодальные системы, оценивать масштабируемость решений, интерпретировать предсказания моделей, критически анализировать научные публикации в области глубокого обучения и формулировать критерии приёмки нейросетевых компонентов ИИ-систем.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «М Нейронные сети» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Владеет навыками проведения вычислительных экспериментов, анализа их результатов и обоснования выбора математического аппарата для решения конкретных профессиональных задач в области ИИ;
ОПК-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и применять компьютерные методы, современное программное обеспечение, в том числе отечественного происхождения, для решения задач профессиональной	ОПК-2.2 Умеет применять современное программное обеспечение (в том числе отечественного происхождения), фреймворки машинного обучения и инструменты обработки данных для решения задач в области ИИ;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	деятельности	
ОПК-3	Способен разрабатывать алгоритмические и программные решения в области системного и прикладного программирования, математических и информационных моделей, баз данных, средств тестирования, пригодные для практического применения	ОПК-3.3 Владеет навыками создания, тестирования и отладки алгоритмических и программных решений для систем ИИ, включая разработку пайплайнов обработки данных и обучения моделей;
ПК-1	Способен анализировать требования к программному обеспечению систем ИИ, разрабатывать технические спецификации и техническое задание на систему	ПК-1.2 Разрабатывает технические спецификации на программные компоненты систем ИИ и описывает их взаимодействие;
ПК-3	Способен разрабатывать и реализовывать стратегии тестирования и контроля качества программного обеспечения систем ИИ	ПК-3.1 Верифицирует требования к ПО систем ИИ, определяет требования к тестам и критерии приёмки;
DL-1	Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей	DL-1.1 Объясняет и применяет математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки для эффективного обучения моделей; DL-1.3 Применяет современные архитектуры глубоких сетей для решения различных задач, понимая их внутреннюю структуру и особенности обучения; DL-1.4 Разрабатывает и оптимизирует специализированные архитектуры для работы с изображениями, учитывая их уникальные свойства; DL-1.5 Разрабатывает и оптимизирует специализированные архитектуры для работы с последовательностями, учитывая их уникальные свойства; DL-1.7 Разрабатывает, оптимизирует и применяет автоэнкодеры (AE) и вариационные автоэнкодеры (VAE) для решения задач снижения размерности, генерации данных и обнаружения аномалий, включая создание архитектур, обучение моделей и их внедрение в продуктивную среду; DL-1.9 Разрабатывает, адаптирует и внедряет трансформерные архитектуры для решения задач обработки последовательностей, включая создание новых моделей, оптимизацию обучения и промышленное развертывание; DL-1.11 Применяет, адаптирует и разрабатывает методы сжатия нейронных сетей для оптимизации производительности моделей, включая квантование, прунинг, дистилляцию и другие техники, с учетом требований к качеству и вычислительной эффективности; DL-1.12 Применяет, адаптирует и разрабатывает методы дообучения нейронных сетей для эффективной адаптации моделей к новым задачам и доменам;
FC-1	Способен проводить передовые исследования в области архитектур, алгоритмов МО, оптимизации и математики	FC-1.1 Разрабатывает фундаментальные основы и новые алгоритмы машинного обучения; FC-1.2 Разрабатывает новые архитектуры глубоких нейросетей;
FC-2	Способен проводить передовые исследования в области фундаментальных и	FC-2.2 Исследует и разрабатывает диффузионные и другие модели для несимвольных данных; FC-2.4 Развивает методы переноса знаний с адаптацией

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	генеративных моделей	моделей;
MF-1	Способен применять современную теоретическую математику для разработки новых алгоритмов и формулирования перспективных задач ИИ	MF-1.1 Обосновывает способы и варианты применения методов и моделей в задачах искусственного интеллекта, включая их модификацию и адаптацию к специфике задачи;
MF-3	Способен применять современные методы оптимизации для обучения моделей машинного обучения, настройки гиперпараметров и решения задач искусственного интеллекта	MF-3.1 Применяет методы оптимизации для разработки и исследования обучающих алгоритмов;
ML-3	Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения	ML-3.3 Оценивает результативность применения классических методов и моделей МО в задачах ИИ на основе сопоставления с аналогами;
ML-6	Способен применять алгоритмы обучения с подкреплением	ML-6.1 Обосновывает способы и варианты применения алгоритмов обучения с подкреплением в задачах ИИ, включая их преобразование и адаптацию к специфике задачи;
SS-1	Способен учитывать философские, когнитивные и социальные основания концепций ИИ в профессиональной деятельности	SS-1.1 Учитывает в разработке и эксплуатации систем ИИ философские основания концепций интеллекта, языка, знания, агентности;
SS-3	Способен к критическому анализу, метарефлексии и переносу знаний при работе с системами ИИ	SS-3.1 Учитывает в работе когнитивные искажения человека и примеры их проявления при работе с данными и ИИ, выявляет предвзятости систем ИИ, аргументированно оценивает надежность данных и выдачи ИИ, применяет базовые принципы критического мышления (оценка источников, проверка аргументов, отличие факта от интерпретации);

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Нейронные сети» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Нейронные сети».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, методы математического анализа и моделирования,	Линейная алгебра; Дискретная математика; Математический анализ; Теория вероятностей и математическая статистика; Дифференциальные уравнения; Численная линейная алгебра;	Методы машинного обучения;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	Методы машинного обучения; Основы глубокого обучения; Статистические методы и первичный анализ данных;	
ОПК-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и применять компьютерные методы, современное программное обеспечение, в том числе отечественного происхождения, для решения задач профессиональной деятельности	История и теория программирования; Параллельное и распределенное программирование; Введение в искусственный интеллект; Массово-параллельные вычисления в машинном обучении (GPU); Основы глубокого обучения; Программирование на языке Python; Hadoop, SPARK; Методы машинного обучения;	Методы машинного обучения;
ОПК-3	Способен разрабатывать алгоритмические и программные решения в области системного и прикладного программирования, математических и информационных моделей, баз данных, средств тестирования, пригодные для практического применения	Дискретная математика; История и теория программирования; Программирование на языке C++; Алгоритмы и структуры данных; Введение в базы данных; Программирование на языке Python; Параллельное и распределенное программирование; Методы разработки решений на основе искусственного интеллекта (Git, Docker); Методы машинного обучения; Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная);	Методы машинного обучения;
ПК-1	Способен анализировать требования к программному обеспечению систем ИИ, разрабатывать технические спецификации и техническое задание на систему	Правоведение; Параллельное и распределенное программирование; Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта; Методы машинного обучения; Массово-параллельные вычисления в машинном обучении (GPU); Основы глубокого обучения; Большие языковые модели**; История и теория программирования; Программирование на языке C++; Методы разработки решений на основе искусственного интеллекта (Git, Docker); Введение в базы данных; Онтология и графы знаний;	Преддипломная практика; Методы машинного обучения; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP);

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
		Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); Эксплуатационная практика (учебная); Эксплуатационная практика (производственная); Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная);	
ПК-3	Способен разрабатывать и реализовывать стратегии тестирования и контроля качества программного обеспечения систем ИИ	Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Эксплуатационная практика (учебная); Эксплуатационная практика (производственная); Теория вероятностей и математическая статистика; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта; Статистические методы и первичный анализ данных; Методы машинного обучения; Обработка и анализ изображений и видео с помощью методов искусственного интеллекта; Анализ естественного языка с помощью методов искусственного интеллекта; Программирование на языке Python; Методы разработки решений на основе искусственного интеллекта (Git, Docker); Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP);	Преддипломная практика; Методы машинного обучения; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP);
SS-1	Способен учитывать философские, когнитивные и социальные основания концепций ИИ в профессиональной деятельности	Философия; История и теория программирования; Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Онтология и графы знаний; Методы машинного обучения; Основы глубокого обучения; Лингвистические основы анализа естественного языка; Основы робототехники**; Большие языковые модели**; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения;	Методы машинного обучения; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP);

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
		Практикум по обработке естественного языка (NLP);	
SS-3	Способен к критическому анализу, метарефлексии и переносу знаний при работе с системами ИИ	Эксплуатационная практика (учебная); Эксплуатационная практика (производственная); Теория вероятностей и математическая статистика; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта; Статистические методы и первичный анализ данных; Методы машинного обучения; Обработка и анализ изображений и видео с помощью методов искусственного интеллекта; Анализ естественного языка с помощью методов искусственного интеллекта; Правоведение; Введение в искусственный интеллект; Введение в компьютерное зрение; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); Основы программирования HTML - CSS - JavaScript**; Основы программирования на языке NodeJS**; Основы программирования на языке Go**; Основы программирования на языке Julia**; Основы робототехники**; Цифровые двойники**; Философия; Большие языковые модели**;	Преддипломная практика; Методы машинного обучения; Вайб-кодинг**; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); Обработка сигналов**; Анализ временных рядов**;
MF-1	Способен применять современную теоретическую математику для разработки новых алгоритмов и формулирования перспективных задач ИИ	Линейная алгебра; Математический анализ; Методы машинного обучения; Теория вероятностей и математическая статистика; Статистические методы и первичный анализ данных; Основы глубокого обучения; Эксплуатационная практика (учебная);	Методы машинного обучения; Анализ временных рядов**;
MF-3	Способен применять современные методы оптимизации для обучения моделей машинного обучения, настройки гиперпараметров и решения задач искусственного	Эксплуатационная практика (учебная); Численная линейная алгебра; Методы машинного обучения;	Методы машинного обучения;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	интеллекта		
ML-3	Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения	Эксплуатационная практика (учебная); Методы машинного обучения; Основы глубокого обучения;	Преддипломная практика; Методы машинного обучения;
ML-6	Способен применять алгоритмы обучения с подкреплением	Методы машинного обучения; Основы робототехники**;	Методы машинного обучения; Преддипломная практика;
DL-1	Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей	Основы глубокого обучения; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Анализ естественного языка с помощью методов искусственного интеллекта; Практикум по обработке естественного языка (NLP); Большие языковые модели**; Обработка и анализ изображений и видео с помощью методов искусственного интеллекта;	Преддипломная практика; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта;
FC-1	Способен проводить передовые исследования в области архитектур, алгоритмов МО, оптимизации и математики	Эксплуатационная практика (учебная); Линейная алгебра; Математический анализ; Теория вероятностей и математическая статистика; Методы машинного обучения; Введение в искусственный интеллект; Основы глубокого обучения; Численная линейная алгебра; Параллельное и распределенное программирование; Массово-параллельные вычисления в машинном обучении (GPU);	Преддипломная практика; Методы машинного обучения;
FC-2	Способен проводить передовые исследования в области фундаментальных и генеративных моделей	Онтология и графы знаний; Лингвистические основы анализа естественного языка; Анализ естественного языка с помощью методов искусственного интеллекта; Практикум по обработке естественного языка (NLP); Большие языковые модели**; Основы глубокого обучения; Введение в компьютерное зрение; Обработка и анализ изображений и видео с помощью методов искусственного интеллекта; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения;	Практикум по обработке естественного языка (NLP); Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Преддипломная практика;

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Нейронные сети» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			7
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	78		78
Лекции (ЛК)	26		26
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	52		52
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	39		39
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27		27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>ак.ч.</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>зач.ед.</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
Раздел 1	Теория глубокого обучения и продвинутые архитектуры	1.1	Теория экспрессивности нейронных сетей	Универсальная теорема аппроксимации: формулировка, следствия, ограничения (ширина vs. глубина). Экспрессивность глубоких сетей: экспоненциальное преимущество глубины (Telgarsky, 2016). Барьеры представления: какие функции легко/трудно представить. Число параметров vs. экспрессивность. Связь с проклятием размерности. Нейросети как пространства функций: RKHS-интерпретация (обзор). Neural Tangent Kernel (NTK): линеаризация нейросети в бесконечной ширине (обзор)	ЛК	MF-1.1, FC-1.1, DL-1.1
		1.2	Теория обобщения глубоких сетей	Парадокс обобщения: overparametrized сети обобщают, хотя могут запомнить случайные метки (Zhang et al., 2017). Rademacher complexity и VC-размерность: недостаточность для DL. PAC-Bayes bounds. Связь плоскости минимумов и обобщения: sharp vs. flat (SAM optimizer). Double descent: bias-variance decomposition в overparametrized режиме. Implicit regularization SGD: стохастический шум как регуляризатор. Grokking: задержанное обобщение (обзор)	ЛК	MF-1.1, FC-1.1, DL-1.7
		1.3	Нормализация в нейронных сетях: теория и практика	Batch Normalization: алгоритм, internal covariate shift (оригинальная мотивация), современное понимание (smoothing loss landscape). Layer Normalization, Instance Normalization, Group Normalization: формулировки, когда что использовать. RMSNorm: упрощение для трансформеров. Weight Normalization. Spectral Normalization: стабилизация обучения GAN. Связь нормализации с оптимизационным ландшафтом и обобщением	ЛК	DL-1.7, DL-1.3, MF-3.1
		1.4	Графовые нейронные сети (GNN)	Данные на графах: социальные сети, молекулы, графы знаний. Message passing: агрегация сообщений от соседей. GCN (Graph Convolutional Network): спектральная и пространственная интерпретации. GraphSAGE: inductive learning, sampling. GAT (Graph Attention Network): attention на соседях. Oversmoothing problem: почему глубокие GNN	ЛК	DL-1.1, DL-1.4, FC-2.4

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			теряют различительность. Задачи: node classification, graph classification, link prediction. GNN Explainability (обзор)		
		1.5 Нейронные ODE и State Space Models	Нейронные ODE (Chen et al., 2018): непрерывная динамика, adjoint method для обратного распространения. Связь с ResNet: discretization of ODE. Применения: нерегулярные временные ряды, генеративные модели. State Space Models (SSM): S4, Mamba. Мотивация: линейная сложность по длине последовательности (альтернатива $O(n^2)$ трансформерам). Селективные SSM (Mamba): data-dependent параметры. Сравнение SSM и трансформеров: длинные последовательности, скорость, качество	ЛК	DL-1.1, FC-1.1, DL-1.4
		1.6 Практикум: анализ обобщения — запоминание vs. обучение	Эксперимент Zhang et al.: обучение CNN на CIFAR-10 с истинными метками vs. случайными. Визуализация: train accuracy, test accuracy, loss surface. Влияние регуляризации (dropout, weight decay, data augmentation) на обобщение. Практика: воспроизведение эксперимента, анализ результатов	СЗ	MF-1.1, FC-1.1
		1.7 Практикум: SAM optimizer и плоские минимумы	Sharpness-Aware Minimization (SAM): формулировка (min-max), реализация (два шага gradient). Сравнение: SGD vs. Adam vs. SAM на CIFAR-10/100. Визуализация: sharpness metric, loss surface. Практика: реализация SAM, сравнение обобщения с baseline	СЗ	MF-3.1, DL-1.3
		1.8 Практикум: сравнение нормализаций	Обучение CNN и Transformer с разными нормализациями: BatchNorm, LayerNorm, GroupNorm, InstanceNorm, RMSNorm. Замеры: скорость сходимости, финальное качество, стабильность при разных batch size. Визуализация: loss curves, gradient norms. Практика: систематическое сравнение на двух задачах (CNN для CV, Transformer для NLP)	СЗ	DL-1.7, DL-1.4
		1.9 Практикум: Graph Convolutional Network (PyG)	PyTorch Geometric (PyG): установка, Data object (x, edge_index, y). GCNConv layer. Построение GCN для node classification на Cora/CiteSeer. Обучение и оценка: accuracy, F1. Визуализация: node embeddings (t-SNE), attention weights (для GAT). Практика: GCN → GAT → GraphSAGE, сравнение	СЗ	DL-1.5, DL-1.4

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
		1.10	Практикум: GNN для graph classification	Задача: классификация графов (молекулы → свойство). Pooling: global mean/sum, hierarchical (SAGPooling). Модель: GIN (Graph Isomorphism Network). Датасет: MUTAG / TUDataset. Практика: обучение GNN для предсказания свойств молекул, оценка метрик	СЗ	DL-1.5, FC-2.4
		1.11	Практикум: Neural ODE (torchdiffeq)	torchdiffeq: ODEBlock, odeint, adjoint method. Реализация NeuralODE для классификации (вместо ResNet). Обучение на спиральном датасете: визуализация траекторий. Сравнение: NeuralODE vs. ResNet по числу параметров и качеству. Обсуждение: continuous depth, adaptive compute	СЗ	FC-1.1, DL-1.1
		1.12	Практикум: State Space Models — Mamba (обзорная реализация)	Архитектура Mamba: selective state space, hardware-aware design. Загрузка предобученной Mamba-модели (mamba-ssm). Применение: языковое моделирование, классификация последовательностей. Сравнение с Transformer: throughput, memory, quality на длинных последовательностях. Обсуждение: перспективы SSM vs. Attention	СЗ	DL-1.1, FC-1.1
		1.13	Практикум: чтение и анализ научной статьи	Выбор статьи из топ-конференций (NeurIPS, ICML, ICLR). Структурированный анализ: проблема, предлагаемый метод, эксперименты, ограничения, связь с курсом. Формат: устный доклад (10 мин) + письменный обзор (2 стр.). Практика: каждый студент представляет одну статью, обсуждение	СЗ	SS-1.1, FC-1.1
		1.14	Практикум: мини-проект — продвинутая архитектура для прикладной задачи	Сквозная задача: выбор задачи (graph-based, sequence, табличные) → выбор продвинутой архитектуры (GNN, NeuralODE, SSM, продвинутый Transformer) → реализация → обучение → сравнение с baseline (MLP, CNN, LSTM) → анализ. Отчёт: обоснование выбора архитектуры, таблица сравнения, выводы	СЗ	DL-1.4, DL-1.5, ПК-1.2
Раздел 2	Генеративные модели и self-supervised learning	2.1	Генеративные модели: единый взгляд	Задача генеративного моделирования: $p(x)$ . Таксономия: explicit density (VAE, flows, autoregressive, diffusion) vs. implicit density (GAN). Оценка: log-likelihood, FID, IS, LPIPS, CLIPScore. Связь генеративных моделей с представлением данных, аугментацией, аномалией. Обзор: от VAE/GAN к диффузионным моделям — эволюция и	ЛК	DL-1.1, FC-2.2, SS-1.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			причины		
		2.2 VAE, нормализующие потоки и автоRegressive модели	VAE (повторение): encoder, decoder, reparameterization trick, ELBO. Проблемы: размытые изображения, posterior collapse. Conditional VAE (CVAE). VQ-VAE: discrete latent space, codebook. Normalizing Flows: биективные преобразования, change of variables formula. RealNVP, Glow (обзор). Autoregressive: PixelCNN, WaveNet (обзор). Связь VQ-VAE с генерацией в LLM (codebook → decoder)	ЛК	DL-1.1, FC-1.1
		2.3 Диффузионные модели: теория и архитектура	Прямой процесс: добавление гауссова шума по расписанию ( $\beta_t$ ). Обратный процесс: обучение деноизера ( $\epsilon$ -prediction). DDPM: формулировка, loss (simplified), sampling. DDIM: детерминированный sampling, ускорение. Classifier-free guidance: управление генерацией без внешнего классификатора. Архитектура: U-Net с time embedding, cross-attention для conditioning. Latent diffusion (Stable Diffusion): VAE encoder → diffusion в латентном пространстве → VAE decoder. Сравнение с GAN: стабильность обучения, diversity, quality	ЛК	DL-1.1, FC-2.2, FC-1.1
		2.4 Self-supervised и contrastive learning	Мотивация: обучение представлений без разметки. Pretext tasks: jigsaw, rotation prediction, masked image modeling. Contrastive learning: SimCLR (positive/negative pairs, NT-Xent loss), MoCo (momentum encoder, queue). Non-contrastive: BYOL, VICReg, Barlow Twins (обзор). Masked image modeling: MAE (Masked Autoencoder), BEiT. Self-supervised для NLP: MLM (BERT), CLM (GPT). DINO / DINOv2: self-supervised ViT, свойства эмбедингов. Evaluation: linear probing, k-NN, fine-tuning	ЛК	DL-1.9, FC-1.1, FC-2.2
		2.5 Практикум: VAE и VQ-VAE	Реализация VAE на PyTorch: encoder (Conv), decoder (ConvTranspose), reparameterization. Обучение на MNIST/CelebA. Визуализация латентного пространства, интерполяция. VQ-VAE: codebook, straight-through estimator. Практика: сравнение VAE и VQ-VAE по quality реконструкции	СЗ	DL-1.5, DL-1.1
		2.6 Практикум: GAN — продвинутые архитектуры и стабилизация	WGAN: Wasserstein distance, weight clipping. WGAN-GP: gradient penalty. StyleGAN (обзор): mapping network,	СЗ	DL-1.5, FC-2.2

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			adaptive instance normalization. Conditional GAN: class-conditional generation. Практика: обучение WGAN-GP на CelebA, сравнение стабильности с vanilla GAN, вычисление FID		
		2.7 Практикум: Denoising Diffusion (DDPM)	Реализация DDPM: noise schedule, forward process, U-Net denoiser с time embedding. Обучение на MNIST/CIFAR-10. Sampling: DDPM vs. DDIM (ускоренный). Визуализация: процесс генерации по шагам. Вычисление FID. Практика: обучение диффузионной модели, сравнение с GAN/VAE	СЗ	DL-1.5, FC-2.2
		2.8 Практикум: Stable Diffusion — использование и управление генерацией	Hugging Face diffusers: StableDiffusionPipeline. Text-to-image генерация. Classifier-free guidance: влияние guidance_scale. Negative prompts. ControlNet (обзор): управление через edge maps, depth maps. Img2img: генерация на основе входного изображения. Практика: генерация с разными промптами, analysis of guidance scale	СЗ	FC-2.2, FC-2.4
		2.9 Практикум: SimCLR — contrastive learning	Реализация SimCLR: data augmentation pipeline, encoder (ResNet backbone), projection head, NT-Xent loss. Обучение на CIFAR-10 (без меток). Evaluation: linear probing (замороженный encoder + Linear). Сравнение: supervised vs. SimCLR + linear probe. Визуализация эмбеддингов	СЗ	DL-1.9, FC-1.1
		2.10 Практикум: MAE — Masked Autoencoder	: маскирование 75% патчей, encoder (ViT) на видимых, decoder реконструирует. Реализация упрощённого MAE на PyTorch. Обучение на CIFAR-10. Fine-tuning: MAE pretrained encoder → classification head. Сравнение: from scratch vs. MAE pretrained. Обсуждение: почему masked modeling работает	СЗ	DL-1.9, FC-2.2
		2.11 Практикум: оценка генеративных моделей	Метрики: FID (Fréchet Inception Distance), IS (Inception Score), LPIPS, CLIPScore. Вычисление FID для обученных моделей (VAE, GAN, DDPM). Human evaluation: preference study (упрощённый). Обсуждение: ограничения автоматических метрик, alignment с human perception	СЗ	DL-1.12, SS-3.1
		2.12 Практикум: генеративные модели для аугментации данных	Использование обучающего генеративного модели для создания синтетических обучающих данных. Практика: обучение классификатора с/без synthetic augmentation, оценка влияния. Обсуждение: quality vs. diversity, mode	СЗ	DL-1.7, SS-3.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				collapse → poor augmentation. Этические аспекты: deepfakes, misuse		
		2.13	Практикум: мини-проект — генеративная модель для прикладной задачи	Сквозная задача: выбор задачи (генерация изображений, аугментация, anomaly detection через reconstruction, style transfer) → выбор модели (VAE, GAN, diffusion) → обучение → оценка (FID, visual quality) → анализ ограничений. Отчёт и презентация	СЗ	DL-1.5, FC-2.2, ПК-3.1
Раздел 3	Мультимодальность, масштабирование, интерпретируемость и frontier	3.1	Мультимодальные нейронные сети	Мультимодальное обучение: объединение текста, изображений, аудио. CLIP: contrastive learning text-image, zero-shot transfer. ALIGN, SigLIP (обзор). Visual Language Models: Flamingo, LLaVA, GPT-4V (обзор архитектуры). Cross-modal attention. Image generation from text: DALL·E, Stable Diffusion (архитектурный обзор). Audio-visual: Whisper, AudioLM (обзор). Challenges: alignment, hallucination, evaluation	ЛК	FC-2.4, DL-1.1, DL-1.4
		3.2	Масштабирование нейронных сетей: scaling laws и MoE	Scaling laws (Kaplan et al., Chinchilla): зависимость loss от числа параметров, объёма данных, compute. Compute-optimal training: как распределить бюджет. Mixture of Experts (MoE): routing, gating, sparse activation. Switch Transformer, Mixtral (обзор). Efficiency: только часть параметров активна. Практические следствия: проектирование модели под бюджет. Связь с экономикой обучения	ЛК	DL-1.11, ML-3.3, ОПК-2.2
		3.3	Интерпретируемость и объяснимость нейронных сетей	Методы: gradient-based (Saliency, Integrated Gradients, SmoothGrad), activation-based (Grad-CAM, повторение), perturbation-based (LIME, SHAP), concept-based (TCAV, Network Dissection). Probing: анализ внутренних представлений (что закодировано в слоях). Mechanistic interpretability: reverse engineering нейронных сетей (circuits, superposition, обзор Anthropic). Feature visualization: optimization-based. Limitations: faithfulness vs. plausibility	ЛК	ML-6.1, DL-1.12, SS-3.1
		3.4	Frontier: текущие исследовательские направления	Обзор направлений: нейро-символический ИИ (интеграция рассуждений и обучения), world models (обучение моделей мира для планирования), multi-agent systems (обзор), continual learning (обучение без забывания), energy-based	ЛК	SS-1.1, FC-1.1, DL-1.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			models (обзор), equivariant neural networks (обзор). Робастность и безопасность: adversarial robustness, certified defenses. Обсуждение: какие проблемы DL не решены, куда движется поле		
		3.5 Практикум: CLIP — мультимодальное обучение	Загрузка CLIP (OpenAI). Zero-shot classification: подготовка текстовых промптов для классов, вычисление similarity. Image retrieval по текстовому запросу. Image-text matching score. Практика: zero-shot на custom датасете, сравнение с fine-tuned ResNet. Анализ ошибок: когда CLIP не справляется	СЗ	FC-2.4, DL-1.9
		3.6 Практикум: Visual Question Answering с мультимодальной моделью	BLIP-2 / LLaVA: загрузка предобученной модели (Hugging Face). Visual QA: вопрос + изображение → ответ. Image captioning. Практика: анализ качества ответов, выявление галлюцинаций, оценка на примерах. Обсуждение: сильные стороны и системные ограничения VLM	СЗ	FC-2.4, DL-1.12
		3.7 Практикум: scaling laws — эмпирическое исследование	Эксперимент: обучение моделей разного размера (width, depth) на фиксированном датасете. Построение зависимости: loss vs. parameters, loss vs. compute (FLOPs). Подгонка power law. Экстраполяция: предсказание loss для большей модели. Практика: мини-версия scaling laws на CIFAR-10 / WikiText	СЗ	DL-1.11, ML-3.3
		3.8 Практикум: Integrated Gradients и Grad-CAM для интерпретации	Integrated Gradients: baseline → input, интеграция градиентов. Captum (PyTorch): IntegratedGradients, LayerGradCam, Occlusion. Визуализация атрибуции для классификации изображений и текстов. Сравнение методов: согласованность, faithfulness. Практика: интерпретация предсказаний CNN и Transformer	СЗ	ML-6.1, DL-1.12
		3.9 Практикум: probing — что закодировано в слоях нейросети	Probing classifiers: замороженный encoder → линейный классификатор на промежуточных представлениях. Что можно определить из разных слоёв: POS-tags, syntax, semantics (для NLP), edges, textures, objects (для CV). Практика: probing BERT (какой слой кодирует синтаксис) и ResNet (какой слой кодирует текстуры vs. объекты)	СЗ	DL-1.12, FC-1.1
		3.10 Практикум: adversarial robustness	Adversarial examples: FGSM, PGD (повторение). Adversarial training: обучение на adversarial examples. Certified	СЗ	DL-1.12, SS-3.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				robustness: randomized smoothing (обзор). Практика: adversarial attack на CNN, adversarial training, оценка robustness accuracy vs. clean accuracy trade-off		
		3.11	Практикум: формулирование критериев приёмки нейросетевого компонента	Критерии: метрики качества (accuracy, F1, FID), робастность (adversarial, OOD), интерпретируемость, fairness, latency, model size, reproducibility. Составление спецификации: функциональные и нефункциональные требования, план тестирования. Практика: составление спецификации для нейросетевого компонента из учебного проекта	СЗ	ПК-3.1, ПК-1.2
		3.12	Практикум: итоговый проект — исследование продвинутой нейросетевой архитектуры	Финальная интеграция: выбор исследовательского вопроса (новая архитектура, сравнение методов, применение к новому домену, анализ свойств модели) → литературный обзор → дизайн эксперимента → реализация → обучение → оценка → интерпретация → формулирование спецификации. Формат: научный мини-отчёт (6–8 стр.) + презентация (15 мин). Peer review отчётов	СЗ	FC-1.1, DL-1.5, ПК-1.2, SS-1.1

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Персональные компьютеры, необходимое ПО
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Персональные компьютеры, необходимое ПО

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*Основная литература:*

1. Галушкин, А. И. Нейронные сети: основы теории / А. И. Галушкин. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2024. — 496 с. — ISBN 978-5-9912-0082-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/448412>

2. Барский, А. Б. Искусственный интеллект и логические нейронные сети : учебное пособие / А. Б. Барский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Интермедия, 2026. — 444 с. — ISBN 978-5-4383-0313-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/518905>

*Дополнительная литература:*

1. Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети : учебник для вузов / В. С. Ростовцев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 216 с. — ISBN 978-5-507-50568-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/447392>

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС «Юрайт» <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>
- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>
- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Нейронные сети».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**