

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 22.05.2026 14:55:10

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**

### **ОСНОВЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

(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 «Основы глубокого обучения» 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 6 семестре 3 курса. Дисциплину реализует Кафедра прикладного искусственного интеллекта. Дисциплина состоит из 4 разделов и 34 тем и направлена на изучение теоретических основ и практических методов глубокого обучения: архитектуры искусственных нейронных сетей (полносвязные, свёрточные, рекуррентные), алгоритма обратного распространения ошибки и методов оптимизации (SGD, Adam, learning rate scheduling), техник регуляризации и предотвращения переобучения (dropout, batch normalization, data augmentation, weight decay), механизма внимания и архитектуры трансформера, генеративных моделей (VAE, GAN), методов transfer learning и fine-tuning предобученных моделей, практики обучения нейросетей в PyTorch (Dataset, DataLoader, nn.Module, autograd), а также методов оценки, интерпретации, развёртывания и мониторинга моделей глубокого обучения.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов системных знаний о принципах работы глубоких нейронных сетей и практических навыков проектирования, обучения, оценки и развёртывания моделей глубокого обучения для задач классификации, генерации, обработки последовательностей и изображений, включая способность обосновывать выбор архитектуры, функции потерь и стратегии обучения, применять transfer learning, оценивать модели по множественным критериям (качество, справедливость, робастность), логировать эксперименты и документировать решения в соответствии с профессиональными стандартами.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Основы глубокого обучения» 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-1.2 Умеет строить математические модели процессов и явлений, применять методы численного анализа и оптимизации для решения задач машинного обучения и обработки 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	ОПК-2.1 Знает принципы работы современных информационных технологий, включая технологии машинного обучения, облачных вычислений, высокопроизводительных вычислений (HPC) и параллельного программирования; 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)
ПК-1	Способен анализировать требования к программному обеспечению систем ИИ, разрабатывать технические спецификации и техническое задание на систему	ПК-1.1 Анализирует возможности реализации функциональных и нефункциональных требований к ПО систем ИИ, выявляет противоречия и ограничения;
ПК-2	Способен проектировать архитектуру информационных систем с компонентами ИИ, разрабатывать прототипы и базы данных таких систем	ПК-2.2 Разрабатывает прототипы ИС с элементами ИИ, проводит их валидацию с заинтересованными сторонами;
ВД-1	Способен осуществлять поиск, сбор, очистку и предварительный анализ данных	ВД-1.4 Применяет методы понижения размерности для первичной интерпретации и визуализации многомерных данных; ВД-1.5 Отбирает признаки данных, значимые для исследования;
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-1.12 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-1.2 Разрабатывает новые архитектуры глубоких нейросетей;
FC-2	Способен проводить передовые исследования в области фундаментальных и генеративных моделей	FC-2.2 Исследует и разрабатывает диффузионные и другие модели для несимвольных данных; FC-2.4 Развивает методы переноса знаний с адаптацией моделей;
LC-2	Способен проводить эксперименты на данных, формулировать гипотезы исследования, строить (обучать, дообучать) модели ИИ с оценкой их качества и анализом ошибок, обеспечивать воспроизводимость и масштабируемость исследований на данных	LC-2.1 Проводит эксперименты с моделями ИИ, оценивает их качество (точность, производительность);
LLM-1	Способен применять и (или)	LLM-1.1 Знает архитектуры генеративных моделей;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	разрабатывать генеративные модели и БЯМ	
MF-1	Способен применять современную теоретическую математику для разработки новых алгоритмов и формулирования перспективных задач ИИ	MF-1.2 Применяет аппарат теории вероятностей, математической статистики и теории информации для формулирования и анализа задач искусственного интеллекта;
ML-2	Способен применять фундаментальные принципы и методы машинного обучения, включая подготовку данных, оценку качества моделей и работу с признаками	ML-2.3 Решает проблемы несбалансированных данных и оценивает качество моделей;
ML-3	Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения	ML-3.2 Эффективно применяет классические методы и модели МО для обеспечения достижимости функциональных характеристик систем ИИ;
ML-4	Способен применять методы обучения без учителя для анализа данных и выявления скрытых закономерностей	ML-4.1 Применяет алгоритмы кластеризации и понижения размерности для решения практических задач; ML-4.2 Выявляет аномалии и применяет методы поиска ассоциативных правил; ML-4.3 Оценивает качество результатов обучения без учителя;
PL-1	Способен применять язык программирования Python для решения задач в области ИИ	PL-1.2 Осуществляет выбор инструментов разработки на Python, приемлемых для создания прикладной системы обработки научных данных, машинного обучения и визуализации с заданными требованиями;
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;

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Основы глубокого обучения» 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 «Основы глубокого обучения».

*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, теоретического и	Линейная алгебра; Дискретная математика; Математический анализ; Теория вероятностей и математическая статистика; Дифференциальные уравнения; Численная линейная алгебра; Методы машинного обучения;	Методы машинного обучения; Оптимизация моделей машинного обучения; Нейронные сети;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	экспериментального исследования в профессиональной деятельности	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; Программирование на языке Python; Hadoop, SPARK; Методы машинного обучения;	Методы машинного обучения; Нейронные сети;
ПК-1	Способен анализировать требования к программному обеспечению систем ИИ, разрабатывать технические спецификации и техническое задание на систему	Эксплуатационная практика (учебная); Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Правоведение; Параллельное и распределенное программирование; Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта; Методы машинного обучения; 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; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Методы машинного обучения; Оптимизация моделей машинного обучения; Безопасность систем искусственного интеллекта; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Нейронные сети; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP);
ПК-2	Способен проектировать архитектуру информационных систем с компонентами ИИ, разрабатывать прототипы и базы данных таких систем	Программирование на языке C++; Параллельное и распределенное программирование; Методы разработки решений на основе искусственного интеллекта (Git, Docker); Алгоритмы и структуры данных; Hadoop, SPARK; Программирование на языке Python; Введение в базы данных; Онтология и графы знаний; Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Эксплуатационная практика (учебная);	MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); <i>Вайб-коддинг</i> **; Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная);
SS-1	Способен учитывать философские,	Философия; История и теория	Методы машинного обучения;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	когнитивные и социальные основания концепций ИИ в профессиональной деятельности	программирования; Введение в искусственный интеллект; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Онтология и графы знаний; Методы машинного обучения; Лингвистические основы анализа естественного языка; Этика и безопасность использования искусственного интеллекта;	MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Нейронные сети; <i>Генеративные модели**</i> ; Безопасность систем искусственного интеллекта; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; Практикум по обработке естественного языка (NLP); <i>Рекомендательные системы**</i> ;
MF-1	Способен применять современную теоретическую математику для разработки новых алгоритмов и формулирования перспективных задач ИИ	Эксплуатационная практика (учебная); Линейная алгебра; Математический анализ; Методы машинного обучения; Теория вероятностей и математическая статистика; Статистические методы и первичный анализ данных;	Методы машинного обучения; Нейронные сети; <i>Анализ временных рядов**</i> ;
BD-1	Способен осуществлять поиск, сбор, очистку и предварительный анализ данных	Эксплуатационная практика (учебная); Статистические методы и первичный анализ данных; Методы машинного обучения;	Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Методы машинного обучения; <i>Информационный поиск**</i> ;
ML-2	Способен применять фундаментальные принципы и методы машинного обучения, включая подготовку данных, оценку качества моделей и работу с признаками	Введение в искусственный интеллект; Методы машинного обучения; Статистические методы и первичный анализ данных;	Методы машинного обучения; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров;
ML-3	Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения	Методы машинного обучения; Эксплуатационная практика (учебная);	Методы машинного обучения; Оптимизация моделей машинного обучения; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; <i>Информационный поиск**</i> ; <i>Рекомендательные системы**</i> ; Нейронные сети; Преддипломная практика;
ML-4	Способен применять методы обучения без учителя для анализа данных и выявления скрытых закономерностей	Методы машинного обучения;	Методы машинного обучения; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
DL-1	Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей	Анализ естественного языка с помощью методов искусственного интеллекта; Обработка и анализ изображений и видео с помощью методов искусственного интеллекта;	Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Нейронные сети; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; <i>Генеративные модели</i> **; Практикум по обработке естественного языка (NLP); MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта;
PL-1	Способен применять язык программирования Python для решения задач в области ИИ	Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная); Программирование на языке Python; Алгоритмы и структуры данных; Статистические методы и первичный анализ данных; Методы машинного обучения; Параллельное и распределенное программирование; Hadoop, SPARK;	Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); <i>Вайб-коддинг</i> **; Методы машинного обучения;
LC-2	Способен проводить эксперименты на данных, формулировать гипотезы исследования, строить (обучать, дообучать) модели ИИ с оценкой их качества и анализом ошибок, обеспечивать воспроизводимость и масштабируемость исследований на данных	Эксплуатационная практика (учебная); Методы машинного обучения; Статистические методы и первичный анализ данных;	Методы машинного обучения; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; <i>Рекомендательные системы</i> **;
LLM-1	Способен применять и (или) разрабатывать генеративные модели и БЯМ		Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); <i>Генеративные модели</i> **; MLOps и промышленная разработка систем искусственного интеллекта; Безопасность систем искусственного интеллекта; <i>Вайб-коддинг</i> **;
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;	Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Методы машинного обучения;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
		Методы машинного обучения; Введение в искусственный интеллект; Численная линейная алгебра; Параллельное и распределенное программирование;	Оптимизация моделей машинного обучения; Нейронные сети; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров;
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; Введение в компьютерное зрение; Обработка и анализ изображений и видео с помощью методов искусственного интеллекта;	Практикум по обработке естественного языка (NLP); Нейронные сети; Проектирование и разработка систем компьютерного зрения; <i>Генеративные модели**</i> ; Практическая подготовка на проектах отраслевых промышленных партнеров; Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная);

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

\*\* - элективные дисциплины /практики

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

Общая трудоемкость дисциплины «Основы глубокого обучения» 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)
			6
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	68		68
Лекции (ЛК)	17		17
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практически/семинарские занятия (СЗ)	51		51
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	49		49
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27		27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</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	Основы нейронных сетей: архитектура, обучение, PyTorch	1.1	Искусственные нейронные сети: от персептрона к глубокому обучению	Биологическая мотивация и исторический контекст: персептрон Розенблатта, XOR-проблема, «зима ИИ», ренессанс DL (2012). Модель нейрона: линейная комбинация + активация. Функции активации: sigmoid, tanh, ReLU, LeakyReLU, GELU, Swish. Полносвязная сеть (MLP): архитектура, прямой проход. Универсальная теорема аппроксимации. Глубина vs. ширина	ЛК	DL-1.1, SS-1.1, MF-1.2
		1.2	Обратное распространение ошибки и методы оптимизации	Функции потерь: MSE, Cross-Entropy, BCE. Вычислительный граф и автоматическое дифференцирование. Алгоритм backpropagation: цепное правило, вычисление градиентов. SGD: стохастический, мини-батч. Моментум: Nesterov. Адаптивные методы: Adagrad, RMSProp, Adam, AdamW. Learning rate scheduling: StepLR, CosineAnnealing, OneCycleLR, warmup. Проблемы: затухающие и взрывающиеся градиенты	ЛК	DL-1.3, MF-1.2, ОПК-1.2
		1.3	Практикум: PyTorch — тензоры и автоградиент	Тензоры PyTorch: создание, типы данных, устройство (CPU/GPU). Операции: индексирование, broadcasting, reshape, matmul. Автоградиент: requires_grad, backward(), grad, detach(), no_grad(). Вычислительный граф: визуализация (torchviz). Практика: вычисление градиента функции потерь вручную и через autograd, сравнение	СЗ	DL-1.1, ОПК-1.2
		1.4	Практикум: реализация MLP с нуля на PyTorch	Реализация нейрона, слоя и MLP на «чистом» PyTorch (без nn.Module): матричные операции + autograd. Прямой проход, вычисление loss, backward, обновление весов. Обучение на синтетических данных (XOR, спирали). Визуализация разделяющей границы по эпохам	СЗ	DL-1.1, DL-1.3
		1.5	Практикум: PyTorch nn.Module, Dataset, DataLoader	nn.Module: определение __init__ и forward. nn.Linear, nn.ReLU, nn.Sequential. Инициализация весов (Xavier, Kaiming). torch.utils.data.Dataset: пользовательский датасет. DataLoader: батчи, shuffle, num_workers. Практика: обучение MLP на MNIST с полным циклом	СЗ	DL-1.4, DL-1.5
		1.6	Практикум: регуляризация и борьба с	Переобучение: визуализация через train/val loss. Методы:	СЗ	DL-1.7,

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			переобучением	Dropout (nn.Dropout), Weight Decay (AdamW), Early Stopping. Batch Normalization: nn.BatchNorm1d, влияние на скорость сходимости и стабильность. Layer Normalization (обзор). Data Augmentation для табличных данных (обзор). Практика: сравнение моделей с/без регуляризации		ML-3.2
		1.7	Практикум: оптимизаторы и learning rate scheduling	Сравнение SGD, SGD+momentum, Adam, AdamW на одной задаче. Визуализация траектории оптимизации (2D loss surface). Learning rate finder (обзор). Schedulers: StepLR, CosineAnnealingLR, OneCycleLR. Warmup. Практика: подбор оптимизатора и scheduler для обучения MLP, визуализация LR по эпохам	СЗ	DL-1.3, ML-3.2
		1.8	Практикум: логирование экспериментов (TensorBoard, W&B)	TensorBoard: SummaryWriter, логирование loss, accuracy, гистограмм весов, изображений. Weights & Biases (wandb, обзор): интеграция с PyTorch, dashboard, сравнение runs. MLflow (повторение). Практика: обучение модели с логированием в TensorBoard, сравнение экспериментов	СЗ	LC-2.1, ML-4.1
		1.9	Практикум: мини-проект — классификация на MLP	Сквозная задача: табличный датасет (Fashion-MNIST / UCI) → Dataset + DataLoader → MLP с регуляризацией → подбор гиперпараметров → логирование в TensorBoard → оценка на тестовой выборке → визуализация ошибок. Документирование: архитектура, гиперпараметры, результаты	СЗ	DL-1.5, ML-4.1, PL-1.2
Раздел 2	Свёрточные нейронные сети (CNN)	2.1	Свёрточные нейронные сети: архитектура и принципы	Мотивация: инвариантность к сдвигу, разделение параметров. Свёрточный слой: фильтр, stride, padding, feature map. Рецептивное поле. Пулинг: MaxPool, AvgPool, GlobalAvgPool. Архитектуры: LeNet-5, AlexNet (2012), VGG (глубина), GoogLeNet/Inception (width), ResNet (skip connections), EfficientNet (compound scaling). 1×1 свёртки. Depthwise separable convolutions (MobileNet)	ЛК	DL-1.1, DL-1.4, FC-2.2
		2.2	Transfer learning и fine-tuning	Проблема малых данных. Transfer learning: использование предобученных моделей (ImageNet). Стратегии: feature extraction (заморозка backbone + новый head), fine-tuning (разморозка части слоёв), постепенная разморозка (progressive unfreezing). Выбор learning rate: дифференцированный LR для разных слоёв. torchvision.models: загрузка предобученных моделей. Когда transfer learning работает, когда нет (domain	ЛК	DL-1.9, FC-2.2, ML-2.3

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			gap)		
		2.3 Практикум: свёрточная нейросеть на PyTorch	Реализация CNN: nn.Conv2d, nn.MaxPool2d, nn.BatchNorm2d, nn.Flatten, nn.Linear. Визуализация feature maps и фильтров. Обучение на CIFAR-10. Влияние глубины: 3 слоя vs. 6 слоёв. Подсчёт параметров (torchsummary). Практика: обучение CNN с визуализацией метрик	СЗ	DL-1.4, DL-1.5
		2.4 Практикум: Data Augmentation для изображений	torchvision.transforms: RandomHorizontalFlip, RandomCrop, ColorJitter, RandomRotation, RandomErasing. Albumentations (обзор): гибкие аугментации, пайплайны. RandAugment, AutoAugment (обзор). Mixup и CutMix (обзор). Практика: сравнение обучения с/без аугментации, анализ влияния на метрики	СЗ	BD-1.4, BD-1.5, DL-1.7
		2.5 Практикум: ResNet — skip connections и обучение глубоких сетей	Реализация ResNet block: identity shortcut, projection shortcut. Построение ResNet-18 вручную. Сравнение: plain network vs. ResNet (degradation problem). Визуализация градиентов по слоям. Практика: обучение ResNet-18 на CIFAR-10, анализ сходимости	СЗ	DL-1.4, DL-1.1
		2.6 Практикум: transfer learning — дообучение предобученной модели	Загрузка предобученной ResNet-50 (torchvision.models). Замена последнего слоя. Стратегия 1: заморозка backbone, обучение head. Стратегия 2: fine-tuning всей модели с малым LR. Дифференцированный LR. Практика: дообучение на малом датасете (100–1000 изображений), сравнение стратегий	СЗ	DL-1.9, FC-2.2
		2.7 Практикум: оценка и интерпретация CNN	Метрики: accuracy, F1, confusion matrix, top-5 accuracy. Grad-CAM: визуализация областей внимания. Анализ ошибок: на каких изображениях модель ошибается и почему. Adversarial examples: FGSM (демонстрация). Робастность модели. Практика: полный анализ обученной CNN	СЗ	DL-1.12, ML-4.3, PL-1.2
		2.8 Практикум: развёртывание CNN-модели	Экспорт в TorchScript (torch.jit.trace, torch.jit.script). Экспорт в ONNX. Инференс-сервис на FastAPI: загрузка модели, предобработка изображения, предсказание, постобработка. Docker-контейнер. Практика: развёртывание модели классификации изображений	СЗ	ML-4.2, ПК-2.2
		2.9 Практикум: мини-проект — классификация изображений end-to-end	Сквозная задача: пользовательский датасет изображений → аугментация → transfer learning (ResNet/EfficientNet) → fine-tuning → оценка (accuracy, Grad-CAM) → логирование (W&B	СЗ	ML-4.1, DL-1.9, LC-2.1

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
				/ TensorBoard) → экспорт модели → документирование (Model Card). Презентация		
Раздел 3	Рекуррентные сети, механизм внимания и трансформеры	3.1	Рекуррентные нейронные сети и обработка последовательностей	Последовательные данные: текст, временные ряды, аудио. Vanilla RNN: архитектура, развёрнутый граф, проблема затухающих/взрывающихся градиентов. LSTM: ячейка, gate-механизм (forget, input, output), cell state. GRU: упрощённая альтернатива. Bidirectional RNN. Seq-to-seq: encoder-decoder для машинного перевода. Ограничения RNN: последовательное вычисление, bottleneck фиксированного вектора	ЛК	DL-1.1, DL-1.4, LLM-1.1
		3.2	Механизм внимания и архитектура трансформера	Внимание (Attention): Bahdanau attention для seq2seq. Self-attention: Query, Key, Value, scaled dot-product. Multi-head attention. Трансформер (Vaswani et al., 2017): encoder-decoder, positional encoding, feed-forward, residual connections, layer normalization. Сложность: $O(n^2)$ по длине последовательности. Обзор: BERT (encoder), GPT (decoder), T5 (encoder-decoder). Vision Transformer (ViT)	ЛК	LLM-1.1, DL-1.1, FC-2.4
		3.3	Практикум: LSTM для классификации текстов	Токенизация и построение словаря. nn.Embedding: обучаемые эмбединги. nn.LSTM: hidden_size, num_layers, bidirectional. Классификация: последний hidden state → Linear. Практика: sentiment analysis на IMDB, сравнение RNN vs. LSTM vs. GRU	СЗ	DL-1.4, DL-1.5
		3.4	Практикум: LSTM для прогнозирования временных рядов	Подготовка данных: sliding window, нормализация. nn.LSTM для регрессии: seq → value. Teacher forcing (обзор). Мультишаговый прогноз: autoregressive. Практика: прогнозирование временного ряда (продажи, погода), визуализация предсказаний vs. реальность	СЗ	DL-1.4, DL-1.5
		3.5	Практикум: реализация self-attention с нуля	Реализация scaled dot-product attention на PyTorch: Q, K, V, softmax, взвешенная сумма. Multi-head attention: разбиение на головы, параллельное вычисление, конкатенация. Визуализация attention weights. Практика: self-attention для короткой последовательности, интерпретация весов	СЗ	LLM-1.1, DL-1.1
		3.6	Практикум: реализация Transformer encoder block	Positional encoding: синусоидальное. Transformer encoder block: MultiheadAttention → Add&Norm → FeedForward → Add&Norm. Стекирование блоков. Практика: реализация TransformerEncoder на PyTorch, обучение на задаче	СЗ	LLM-1.1, DL-1.4

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
			классификации текстов. Сравнение с LSTM		
		3.7 Практикум: использование предобученного BERT (Hugging Face)	Hugging Face Transformers: AutoTokenizer, AutoModel, AutoModelForSequenceClassification. Токенизация: input_ids, attention_mask. Fine-tuning BERT на задаче классификации. Trainer API. Практика: fine-tuning BERT-base на датасете отзывов, сравнение с LSTM по метрикам	СЗ	LLM-1.1, FC-2.4, DL-1.9
		3.8 Практикум: мини-проект — обработка последовательностей	Сквозная задача: выбор задачи (классификация текстов, NER, прогнозирование временного ряда) → подготовка данных → обучение LSTM/GRU и Transformer → сравнение → fine-tuning предобученной модели → оценка → документирование. Презентация с обоснованием выбора архитектуры	СЗ	DL-1.5, ML-4.1, ПК-1.1
Раздел 4	Генеративные модели, продвинутые техники и проектирование DL-систем	4.1 Генеративные модели: VAE и GAN	Дискриминативные vs. генеративные модели. Автоэнкодеры: encoder-decoder, bottleneck, reconstruction loss. VAE (Variational Autoencoder): латентное пространство, reparameterization trick, ELBO (reconstruction + KL-divergence). GAN (Generative Adversarial Network): генератор и дискриминатор, adversarial loss, нестабильность обучения, mode collapse. DCGAN. Conditional GAN (cGAN). Обзор современных генеративных моделей: диффузионные модели, flow-based	ЛК	DL-1.1, FC-2.2, SS-1.1
		4.2 Проектирование DL-систем: архитектурные решения и практики	Выбор архитектуры: критерии (задача, данные, ресурсы, latency). Neural Architecture Search (обзор). Обучение больших моделей: чекпоинтинг, mixed precision (повторение), gradient accumulation. Ансамблирование DL-моделей: snapshot ensemble, stochastic weight averaging (SWA). Distillation: обучение маленькой модели на предсказаниях большой. Мониторинг обучения: детектирование NaN, loss plateaus. Debugging DL: overfit one batch, gradient flow check	ЛК	DL-1.12, ПК-2.2, ML-4.3
		4.3 Практикум: автоэнкодер и VAE	Реализация автоэнкодера: encoder (Conv → Conv → FC), decoder (FC → ConvTranspose → ConvTranspose). Обучение на MNIST: reconstruction loss (BCE). Визуализация реконструкций. VAE: reparameterization trick, KL loss. Визуализация латентного пространства (2D). Генерация новых изображений из латентного пространства	СЗ	DL-1.1, FC-2.2

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы *	Формируемые индикаторы
		4.4	Практикум: GAN — генерация изображений	Реализация DCGAN: Generator (ConvTranspose2d), Discriminator (Conv2d). Adversarial loss (BCE). Обучение на MNIST / CelebA. Визуализация генерируемых изображений по эпохам. Диагностика: mode collapse, oscillation. Практика: обучение GAN, анализ стабильности	СЗ	DL-1.1, FC-2.2
		4.5	Практикум: knowledge distillation	Teacher model: обученная большая модель (ResNet-50). Student model: маленькая модель (MobileNet / shallow CNN). Distillation loss: KL-divergence между soft predictions. Temperature scaling. Практика: обучение student с/без distillation, сравнение accuracy и latency	СЗ	FC-1.2, DL-1.12
		4.6	Практикум: debugging и диагностика DL-моделей	Чек-лист: overfit one batch, проверка loss на случайных весах, gradient flow (plot gradient norms), learning rate finder. Обнаружение NaN/Inf: gradient clipping (nn.utils.clip_grad_norm_). Визуализация весов и активаций. Практика: намеренно «сломанная» модель → диагностика → исправление	СЗ	DL-1.12, ML-4.3
		4.7	Практикум: Stochastic Weight Averaging и snapshot ensembles	SWA: усреднение весов по траектории обучения (torch.optim.swa_utils). Cyclic learning rate для snapshot ensemble. Практика: обучение модели с SWA, сравнение с vanilla training. Ensemble из снапшотов, оценка улучшения	СЗ	ML-2.3, DL-1.7
		4.8	Практикум: итоговый проект — DL-система end-to-end	Финальная интеграция: выбор задачи (CV, NLP, генерация, временные ряды) → проектирование архитектуры (обоснование выбора) → подготовка данных (аугментация, обработка) → обучение (transfer learning / from scratch) → оптимизация (AMP, scheduler, SWA) → оценка (метрики, интерпретация, Grad-CAM/attention) → развёртывание (FastAPI + Docker / ONNX) → логирование (W&B/TensorBoard) → документирование (Model Card, архитектурная диаграмма, спецификация). Презентация и peer review	СЗ	ML-4.1, DL-1.5, ПК-1.1, ПК-2.2, LC-2.1

\* - 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. Основы машинного обучения и нейронные сети. учебное пособие [Электронный ресурс] / Бобрикова Екатерина Васильевна [и др.]. - М.: РУДН, 2024. 124 с. ISBN 978-5-209-12322-4 URL: [https://mega.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=517203&idb=0](https://mega.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=517203&idb=0)
2. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.: цв. ил. ISBN 978-5-97060-618-6
3. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. — СПб.: Питер, 2023. — 576 с.
4. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.

### Дополнительная литература:

1. Татарникова, Татьяна Михайловна. Основы глубокого обучения: учебно-методическое пособие. - Санкт-Петербург: ГУАП, 2024 (Санкт-Петербург). - 95 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – М.: Вильямс, 2020. – 1104 с
3. Hagan M. T., Demuth H. B., Beale M. H., De Jesus O. Neural Network Design. – 2016. – 1102 p.

4. Галушкин А. И., Цыпкин Я. З. Нейронные сети: история развития теории. – М.: Альянс. 2016. – 839 с.

*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 «Основы глубокого обучения».

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