

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2025

от 25.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 09.03.04 Программная инженерия

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	4	144	16	16	16		42-51	0	Э
Итого	4	144	16	16	16	16	42-51	0	

АННОТАЦИЯ

Глубокое обучение – один из самых динамично развивающихся разделов машинного обучения и искусственного интеллекта. Глубокие нейросетевые модели находят широкое применение в различных областях, включая медицину, финансы, транспорт, промышленность.

В курсе рассматриваются теоретические основы генеративного моделирования и глубокого обучения, генеративные нейросетевые модели и глубокие модели для решения задач компьютерного зрения и обработки текстов на естественном языке, а также практические вопросы применения предобученных глубоких нейронных сетей и языковых моделей.

Теоретические основы глубокого и генеративного обучения закрепляются на лабораторных занятиях и используются при выполнении самостоятельного исследования в рамках индивидуальной курсовой работы. Особое внимание уделяется выполнению практических задач и работе с реальными данными, с использованием современных инструментов и библиотек для глубокого и генеративного обучения, включая TensorFlow и PyTorch, что позволяет слушателям приобрести необходимые навыки для самостоятельной работы в области генеративного и глубокого обучения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебного курса является ознакомление будущих специалистов с современными моделями и методами глубокого и генеративного обучения. К их числу относятся вариационные автоэнкодеры, генеративно-сопоставительные нейронные сети, сверточные нейронные сети, глубокие языковые модели и трансформеры.

Учебный курс ставит своей целью освоение студентами практических приемов разработки глубоких и генеративных моделей, приобретение навыков обучения и применения генеративных моделей для различных практических задач компьютерного зрения и обработки текстов на естественном языке. Выполняемые студентами лабораторные работы позволят получить практический опыт использования современных инструментов и библиотек глубокого и генеративного обучения, а также экспериментального исследования свойств глубоких нейронных сетей применительно к различным прикладным задачам, в том числе, в области обработки изображений, компьютерного зрения и анализа текстов на естественном языке.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к общенаучному циклу образовательной программы и является курсом, изучаемым студентом по выбору.

Дисциплина требует от слушателя общематематической подготовки по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, теории вероятностей и математической статистике, а также знание основ теории нейронных сетей и машинного обучения. В свою очередь, дисциплина является полезной и в некоторых случаях необходимой при выполнении студентами курсовых проектов по построению кибернетических систем. Дисциплина должна изучаться после прохождения курсов «Введение в машинное обучение» и «Введение в теорию нейронных сетей». Дисциплина формирует систему базовых понятий, необходимых для специалиста в области прикладной математики и информатики, способствует освоению широко используемых современных математических подходов для решения практических задач моделирования систем и обработки данных.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	<p>З-ОПК-1 [1] – Знать основные объекты дискретной математики и методы их описания и исследований; проблемы алгоритмической разрешимости задач и эффективной вычислимости чисел.</p> <p>У-ОПК-1 [1] – Уметь решать основные задачи математической логики; однозначно задавать объекты дискретной математики, приводить их к стандартным формам, выполнять эквивалентные преобразования; определять сложности алгоритмов, применение прямых и косвенных доказательств теорем, определение принадлежности функций к соответствующим классам</p> <p>В-ОПК-1 [1] – Владеть методами математической логики для решения задач формализации, анализа и синтеза логических схем, для нахождения инвариантов циклических и условных конструкций в информатике, для выполнения эквивалентных преобразований; методами применения логического подхода к решению сложных задач с помощью их декомпозиции.</p>
ОПК-6 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов	<p>З-ОПК-6 [1] – Знать основы информатики и программирования</p> <p>У-ОПК-6 [1] – Уметь разрабатывать алгоритмы и программы; проектировать, конструировать и тестировать программные продукты</p> <p>В-ОПК-6 [1] – Владеть основами информатики и программирования</p>
ОПК-7 [1] – Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой	<p>З-ОПК-7 [1] – Знать основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой</p> <p>У-ОПК-7 [1] – Уметь применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой</p> <p>В-ОПК-7 [1] – Владеть основными концепциями и принципами, связанными с информатикой</p>
УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать</p>

<i>7 Семестр</i>							
1	Нейросетевые модели компьютерного зрения	1-8	8/8/8		25	КИ-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, 3-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
2	Нейросетевые модели обработки естественного языка	9-16	8/8/8		25	КИ-16	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, 3-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
<i>Итого за 7 Семестр</i>			16/16/16		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, 3-ОПК-7, У-ОПК-7, В-ОПК-7, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	16	16
1-8	Нейросетевые модели компьютерного зрения	8	8	8
	Автоэнкодеры	Всего аудиторных часов		
	Понятие генеративного моделирования. Генеративные и дискриминативные модели. Применения генеративных моделей. Связь генеративного моделирования и обучения многообразиям. Типы генеративных моделей. Математическая модель автоэнкодера. Виды автоэнкодеров. Проблемы скрытых представлений автоэнкодеров. Вариационный автоэнкодер. Регуляризация латентного пространства. Репараметризация распределений скрытых представлений. Интерпретация скрытых представлений вариационного автоэнкодера. Статистический взгляд на задачу обучения вариационного автоэнкодера. Вариационный вывод. Оценивание нижней границы функции правдоподобия (ELBO). Неравенство Йенсена. Вариационная нижняя граница. Функция потерь вариационного автоэнкодера.	4	4	4
		Онлайн		
		0	0	0
	Генеративно-состязательные сети	Всего аудиторных часов		
	Генеративно-состязательные сети (GAN). Архитектура GAN. Состязательное обучение. Связь состязательного обучения с теорией игр. Пример минимаксной игры. Критерии обучения генератора и дискриминатора. Сходимость состязательного обучения и равновесие Нэша. Особенности и нежелательные эффекты обучения генеративно-состязательных сетей, способы их устранения. Статистическая интерпретация состязательного обучения. Расчет оптимальных дискриминатора и генератора. Связь задачи обучения GAN и задачи минимизации расстояния между распределениями вероятностей. Способы расчета расстояния между распределениями вероятностей. Дивергенции Кульбака-Лейблера и Йенсена-Шеннона. Расстояние землекопа и оптимальный транспортный план. Расстояние Вассерштейна. Сравнение расстояния Вассерштейна и дивергенции Йенсена-Шеннона. Постановки задач оптимального транспорта Монже и Канторовича. Двойственная постановка задачи оптимального транспорта. Условие Липшица. Архитектура и математическая модель генеративно-состязательной сети Вассерштейна (WGAN). Обучение WGAN. Недостатки WGAN. Способы обеспечения липшицевости при обучении WGAN. Модификация WGAN-GP. Проблема оценивания качества сгенерированных изображений. Требования к метрикам качества. Использование предобученных сверточных сетей для оценивания качества. Сверточная сеть Inception. Метрики Frechet Inception distance (FID) и Inception score (IS). Преимущества и ограничения метрик. Понятие	4	4	4
		Онлайн		
		0	0	0

	перцептивного сходства изображений. Метрика LPIPS.			
9-16	Нейросетевые модели обработки естественного языка	8	8	8
	Нейросетевые модели обработки последовательностей Математическая модель рекуррентной нейронной сети (РНС). Постановка задачи обучения. Метод обратного распространения ошибки во времени. Применение РНС для моделирования и генерации последовательностей. Рекуррентная языковая модель. Пример авторегрессионной генерации текста. Стратегии teacher forcing и free running. «Оконные» языковые модели. Методы сэмплирования в языковых моделях. «Жадное» сэмплирование и «лучевой» поиск (beam search). Оценивание языковых моделей. Понятие перплексии. Связь перплексии и семантического качества текста. Задача трансляции последовательностей. Рекуррентная архитектура энкодер-декодер. Обучение модели. Двухнаправленные и многоуровневые РНС. Применения РНС для обработки текстов на естественном языке (NLP). Мультимодальные применения РНС. Проблема затухающего градиента в РНС. Подходы к решению. Механизм гейтов в РНС. Математические модели ячеек LSTM и GRU. Обучение сети LSTM. Двухнаправленные и многоуровневые (глубокие) LSTM.	Всего аудиторных часов		
		4	4	4
		Онлайн		
		0	0	0
	Механизмы внимания и трансформеры Архитектура энкодер-декодер для обработки последовательностей. Проблема забывания контекста и проблема «узкого горла». Динамический контекст. Механизм внимания. Очки и веса внимания. Виды внимания. Внимание Богданова и внимание Луонга. Механизм input-feeding. Применение механизма внимания в задаче машинного перевода. Виды внимания. Глобальное и локальное внимание. Жесткое и мягкое внимание. Самовнимание и кросс-внимание. Каузальное и некаузальное самовнимание. Маскирование внимания. Самовнимание в рекуррентных нейронных сетях. Слой самовнимания. Использование проекций в модели внимания. Понятия запрос-ключ-значение. Математическая модель головы внимания. Многоголовое внимание. Блок трансформера. Информационная магистраль и схемы нормализации информационного потока трансформера. Позиционное кодирование. Глубокая архитектура трансформера. Архитектура энкодер-декодер с механизмом внимания. Использование трансформера в качестве энкодера и декодера. Механизм кросс-внимания декодера на основе трансформера. Обучение трансформера. Задачи обработки естественного языка. Эмбеддинги слов. Декодирование эмбеддингов. Задача моделирования языка. Виды языковых моделей. Каузальные и маскированные модели. Генеративные предобученные трансформеры (GPT). Математическая модель GPT. Обучение GPT. Самоконтролируемое обучение. Функция	Всего аудиторных часов		
		4	4	4
		Онлайн		
		0	0	0

	потерь. Языковая модель BERT (Bidirectional encoder representations from transformers). Математическая модель BERT. Обучение BERT. Функция потерь. Модификации BERT. Языковые модели типа энкодер-декодер на основе трансформеров. Модель BART (Bidirectional and autoregressive transformer).			
--	--	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. Лекционные занятия:

- a. комплект электронных презентаций/слайдов,
- b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук)

2. Практические и лабораторные занятия:

- a. компьютерный класс,
- b. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
- c. выход в интернет.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-6	З-ОПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-7	З-ОПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-7	Э, КИ-8, КИ-16

	В-ОПК-7	Э, КИ-8, КИ-16
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89			B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64			F
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	F

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В качестве оценочного средства используется 100 бальная семестровая система, учитывающая посещаемость занятий, активность (выполнение домашних занятий), выполнение тематических домашних заданий по каждому разделу, контрольно-тестовая работа по каждому разделу. Каждый раздел проходит аттестацию.

Итоговый балл за раздел (КИ) формируется следующим образом:

посещаемость семинарских занятий (еженедельно) не менее 80% +2 балла

не менее 50% +1 балл

менее 50% 0 баллов

ДЗ – выполнения тематического ДЗ (по каждому разделу)

Выполнено не менее 80% +3 баллов

Выполнено не менее 50% +2 балла

Выполнено менее 50% 0 баллов

Самостоятельная работа студента включает: Повторение теоретического материала –

Выполнение ДЗ

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В качестве оценочного средства используется 100 бальная семестровая система, учитывающая посещаемость занятий, активность (выполнение домашних занятий), выполнение тематических домашних заданий по каждому разделу, контрольно-тестовая работа по каждому разделу. Каждый раздел проходит аттестацию.

Итоговый балл за раздел (КИ) формируется следующим образом:

посещаемость семинарских занятий (еженедельно) не менее 80% +2 балла

не менее 50% +1 балл

менее 50% 0 баллов

ДЗ – выполнения тематического ДЗ (по каждому разделу)

Выполнено не менее 80% +3 баллов

Выполнено не менее 50% +2 балла

Выполнено менее 50% 0 баллов

Самостоятельная работа студента включает: Повторение теоретического материала –

Выполнение ДЗ

Автор(ы):

Трофимов Александр Геннадьевич, к.т.н.

Колобашкина Любовь Викторовна