

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 № 8/1/2024

от 28.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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
6	3	108	30	30	15		33	0	3
Итого	3	108	30	30	15	15	33	0	

АННОТАЦИЯ

Теория нейронных сетей – раздел машинного обучения, в котором рассматриваются семейства обучаемых и самообучающихся моделей и алгоритмов, инспирированных биологическими сетями нейронов. Благодаря своей адаптивности искусственные нейронные сети оказываются эффективным, а в ряде случаев незаменимым инструментом в решении таких задач машинного обучения, как аппроксимация функций, распознавание образов, кластеризация данных, компьютерное зрение и адаптивное управление.

В курсе лекций излагаются основы теории искусственных нейронных сетей и области их практического применения при решении инженерных задач.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью учебного курса является ознакомление студентов с современными математическими и алгоритмическими подходами к построению систем, обучающихся или самообучающихся по располагаемой выборке данных. К их числу относятся искусственные нейронные сети, которые строятся на простейших вычислительных элементах – искусственных нейронах и основаны на принципе адаптации к обучающим примерам.

В курсе лекций излагаются основы теории искусственных нейронных сетей и области их практического применения при решении инженерных задач:

- аппроксимация функций многих переменных,
- распознавание образов (классификация данных),
- кластеризации данных и др.

Учебный курс ставит также своей целью освоение студентами практических приемов обучения нейронных сетей, выбора их архитектуры и оценки качества функционирования. Выполняемое студентами домашнее задание позволит получить практический опыт по созданию и экспериментальному исследованию свойств многослойных нейронных сетей применительно к различным прикладным задачам обработки данных.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина требует от слушателя общематематической подготовки по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, а также по теории вероятностей и математической статистике. В свою очередь, дисциплина является полезной и в некоторых случаях необходимой при выполнении студентами курсовых проектов по построению кибернетических систем. 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
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Роль инженера МО: 1. Реализация ML-моделей в продуктивных системах 2. Оптимизация производительности и масштабирование моделей 3. Разработка ML-пайплайнов и автоматизация процессов	– информационные и программные системы; – летательные аппараты; – математические модели процессов в сложных технических системах; – системы ядерно-энергетического комплекса.	ПК-1.11 [1] - Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей применения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО. ML Engineer Проектирует, разрабатывает и улучшает классические алгоритмы/модели машинного обучения для продуктов компании с учетом требований к производительности и работе в продуктиве. Data Analyst - Выбирает и обучает классические ML модели, проводит валидацию, реализует шаги по улучшению качества моделей	З-ПК-1.11[1] - знать математические основы алгоритмов машинного обучения (Б). ; У-ПК-1.11[1] - уметь разрабатывать и адаптировать собственные алгоритмические решения на основе классических методов. Обосновывает математически сложные решения. уметь адаптировать и модифицировать существующие алгоритмы под специфику задачи. Интегрировать классические модели в сложные ИИ-системы с учётом требований к производительности и масштабированию. Разрабатывать и реализовывать оптимизационные стратегии под специфические функциональные характеристики (скорость, explainability). Интерпретировать полученные результаты для поддержки принятия решений.

			Разрабатывает и адаптирует алгоритмы под специфические задачи, оптимизирует их для повышения точности, объяснимости и скорости. Понимать теоретические ограничения алгоритмов и способен находить баланс между различными подходами. Проводить системный анализ эффективности моделей на уровне бизнес-эффекта, затрат и рисков. Может объяснить результаты моделей заказчику (Э). Обосновывать выбор конкретных алгоритмов и их параметров в зависимости от задачи и данных. Применять методы байесовской классификации и ансамблевых методов МО (бэггинг, бустинг, стэкинг моделей), а также производных от них (случайные леса, градиентный бустинг на деревьях) (П).; В-ПК-1.11[1] - владеть классическими методами МО для временных рядов (ARIMA, экспоненциальное сглаживание, линейная регрессия с лагами). Владеть инструментами оценки качества моделей ранжирования и сравнения
--	--	--	---

			ранжирующих моделей между собой. Владеть методами обучения типа pairwise и listwise (Б).
Роль инженера МО: 1. Реализация ML-моделей в продуктивных системах 2. Оптимизация производительности и масштабирование моделей 3. Разработка ML-пайплайнов и автоматизация процессов	– информационные и программные системы; – летательные аппараты; – математические модели процессов в сложных технических системах; – системы ядерно-энергетического комплекса.	ПК-1.12 [1] - (ML-4) Способен применять методы обучения без учителя для анализа структуры данных и выявления скрытых закономерностей <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО ML Engineer - Внедряет алгоритмы кластеризации и детекции аномалий в продуктивные системы, оптимизирует их производительность Data Analyst - Применяет методы кластеризации для сегментации данных, визуализирует результаты понижения размерности, выявляет аномалии	3-ПК-1.12[1] - знать алгоритмы кластеризации (DBSCAN, Mean Shift, Gaussian Mixture Models) и методы понижения размерности (UMAP, автоэнкодеры) в зависимости от специфики задачи, интерпретировать полученные результаты и применять их для обоснованных выводов (Б).; У-ПК-1.12[1] - уметь интерпретировать полученные результаты для поддержки принятия решений, разрабатывать и адаптировать алгоритмы под специфические задачи, оптимизировать их для повышения точности, объяснимости и скорости (П).; В-ПК-1.12[1] - владеть методами проектирования и реализации индивидуальных стратегии оценки качества результатов обучения без учителя, включая разработку новых метрик и адаптацию существующих подходов к специфике сложных или

			нестандартных данных (Э).
Роль инженера МО: 1. Реализация ML-моделей в продуктивных системах 2. Оптимизация производительности и масштабирование моделей 3. Разработка ML-пайплайнов и автоматизация процессов	– информационные и программные системы; – летательные аппараты; – математические модели процессов в сложных технических системах; – системы ядерно-энергетического комплекса.	ПК-1.13 [1] - (ML-6) Способен применять алгоритмы обучения с подкреплением <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО. ML Engineer Проектирует, разрабатывает и улучшает алгоритмы/модели машинного обучения для продуктов компании с учетом требований к производительности и работе в продуктиве (оптимизация инференса, компрессия моделей) Data Analyst - Выбирает и обучает (дообучает) ML модели, проводит валидацию, реализует шаги по улучшению качества моделей	3-ПК-1.13[1] - знать TD-методы и методы Монте-Карло для обучения агента; задает цель агента с помощью полного вознаграждения, вознаграждения с обесценением, лямбда-дохода (Б).; У-ПК-1.13[1] - уметь реализовать методы повышения устойчивости RL-систем (напри-мер, Safe Exploration, Robust RL, Regularization), проверяет гипотезы поведения модели в нестандартных или неопределенных средах (П).; В-ПК-1.13[1] - владеть методами комплексного анализа результативности с учётом объяснимости моделей, устойчивости к атакам, использовать методы доверенного ИИ для оценки (Б).
Роль инженера МО: 1. Реализация ML-моделей в продуктивных системах 2. Оптимизация производительности и масштабирование моделей 3. Разработка ML-пайплайнов и автоматизация процессов	– информационные и программные системы; – летательные аппараты; – математические модели процессов в сложных технических системах; – системы ядерно-энергетического комплекса.	ПК-1.19 [1] - (FC-1) Способен проводить фронтальные исследования в области архитектур, алгоритмов МО, оптимизации и математики <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО. Разрабатывает и актуализирует	3-ПК-1.19[1] - знать и понимать статьи, вышедшие на основных и побочных потоках ведущих конференций в области ИИ (Б).; У-ПК-1.19[1] - уметь разрабатывать новые архитектуры глубоких нейросетей. Уметь развивать методы ускорения обучения (Б).; В-ПК-1.19[1] - владеть разработкой фундаментальных

		инструменты для высокоуровневой ИИ-разработки участвует в проверке гипотез. В рамках своих компетенций выдвигают гипотезы, уточняют и обеспечивают воплощение математических абстракций в синтетических и реальных наборах данных	основ и новых алгоритмов машинного обучения (П).
Роль инженера МО: 1. Реализация ML-моделей в продуктивных системах 2. Оптимизация производительности и масштабирование моделей 3. Разработка ML-пайплайнов и автоматизация процессов	– информационные и программные системы; – летательные аппараты; – математические модели процессов в сложных технических системах; – системы ядерно-энергетического комплекса.	ПК-1.20 [1] - (FS-2) Способен проводить фронтальные исследования в области поиска новых архитектур <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, Анализ опыта: Компетентностно-ролевая модель ИТМО разрабатывает и актуализирует инструменты для высокоуровневой разработки архитектур с учётом обратной связи от В рамках своих компетенций выдвигают гипотезы, уточняют и обеспечивают воплощение математических абстракций в синтетических и реальных наборах данных.	3-ПК-1.20[1] - знать передовые архитектуры в основных триадах: архитектура-данные-задача, принципы их построения, сильные и слабые стороны. Знать особенности наиболее часто встречающихся вычислителей (Б); У-ПК-1.20[1] - уметь подбирать архитектуры, адекватные особенностям вычислительных устройств (П); В-ПК-1.20[1] - владеть методами поиска новых архитектур (Э).
анализ, математическое моделирование динамики систем, разработка законов управления	летательные аппараты	ПК-1.3 [1] - способен анализировать и синтезировать системы автоматического управления <i>Основание:</i>	3-ПК-1.3[1] - знать методы анализа и синтеза систем автоматического управления; У-ПК-1.3[1] - уметь применять методы

		Профессиональный стандарт: 32.001	теории автоматического управления при разработке киберфизических систем; В-ПК-1.3[1] - владеть навыками использования программного обеспечения для математического моделирования систем автоматического управления
анализ, математическое моделирование динамики систем, разработка законов управления	летательные аппараты	ПК-1.3 [1] - Способен анализировать и синтезировать системы автоматического управления <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 32.001	З-ПК-1.3[1] - знать методы анализа и синтеза систем автоматического управления ; У-ПК-1.3[1] - уметь применять методы теории автоматического управления при разработке киберфизических систем ; В-ПК-1.3[1] - владеть навыками использования программного обеспечения для математического моделирования систем автоматического управления
анализ и математическое моделирование физических процессов	системы ядерно-энергетического комплекса	ПК-1 [1] - Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать результаты научных исследований в области прикладной математики и информационных технологий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-1[1] - знать основные методы научного познания, методы сбора и анализа информации;; У-ПК-1[1] - уметь анализировать информацию, строить логические схемы, интерпретировать результаты научных исследований, критически мыслить, сравнивать результаты различных

			исследований, формировать собственную позицию в рамках рассматриваемой задачи;; В-ПК-1[1] - владеть навыками работы с научной литературой и навыками интерпретации результатов научных исследований;
анализ и математическое моделирование физических процессов	системы ядерно-энергетического комплекса	ПК-2 [1] - Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-2[1] - знать современный математический аппарат, используемый при описании, решении и анализе различных прикладных задач; У-ПК-2[1] - использовать современный математический аппарат для построения математических моделей и алгоритмов решения различных прикладных задач; В-ПК-2[1] - владеть навыками применения современного математического аппарата для построения математических моделей различных процессов, для обработки экспериментальных, статистических и теоретических данных, для разработки новых алгоритмов и методов исследования задач различных типов
производственно-технологический			
разработка и сопровождение	информационные и программные	ПК-1.2 [1] - способен разрабатывать и	З-ПК-1.2[1] - знать принципы построения

программного обеспечения	системы	применять прикладные программы при решении задач в области киберфизических и информационных систем <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.057, Анализ опыта: разработка математического и программного обеспечения киберфизических систем	и условия применения программ, используемых в задачах разработки и сопровождения киберфизических и информационных систем; У-ПК-1.2[1] - уметь обоснованно выбирать алгоритмы и программные средства для решения задач проектирования и сопровождения киберфизических и информационных систем; В-ПК-1.2[1] - владеть навыками использования прикладных программ при разработке и моделировании киберфизических и информационных систем
разработка и сопровождение программного обеспечения	информационные и программные системы	ПК-1.2 [1] - способен разрабатывать и применять прикладные программы при решении задач в области киберфизических и информационных систем <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.057, Анализ опыта: разработка математического и программного обеспечения киберфизических систем	З-ПК-1.2[1] - знать принципы построения и условия применения программ, используемых в задачах разработки и сопровождения киберфизических и информационных систем ; У-ПК-1.2[1] - уметь обоснованно выбирать алгоритмы и программные средства для решения задач проектирования и сопровождения киберфизических и информационных систем ; В-ПК-1.2[1] - владеть навыками использования прикладных программ при разработке и

			моделировании киберфизических и информационных систем
--	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование	1.Использование воспитательного потенциала

	способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и

		неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Многослойные нейронные сети	1-8	16/16/8	к.р-7 (20)	25	КИ-8	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, 3-ПК-1,

							У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Применение нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных	9-15	14/14/7	ДЗ-11 (30)	35	КИ-15	З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/15		60		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				40	3	З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

* – 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
ДЗ	Домашнее задание
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	30	15
1-8	Многослойные нейронные сети	16	16	8
1 - 4	Математическая модель искусственного нейрона и многослойной нейронной сети. Метод обратного	Всего аудиторных часов		
		8	8	4

	распространения ошибки. Общие сведения о функционировании биологического нейрона, биологически инспирированные модели, искусственный нейрон, особенности нейросетевой технологии, области применения нейронных сетей, метод «черного ящика» и «мягкие вычисления», основные вехи в истории развития теории нейронных сетей. Обзор основных архитектур нейронных сетей: от элементарного персептрона до глубоких нейронных сетей, и принципов их обучения: обучение с учителем и самообучение. Математическая модель искусственного нейрона, активационные характеристики нейронов, стохастический нейрон, нейронные сети прямого распространения, математическая модель многослойной нейронной сети, универсальная аппроксимационная теорема, нейронная сеть как универсальный аппроксиматор. Data-driven и model-based подходы к построению моделей, функция потерь, теоретический и эмпирический риск, принцип минимизации эмпирического риска, постановка задачи обучения многослойной нейронной сети. Основные классы задач, решаемых с помощью многослойных нейронных сетей: регрессия и классификация, квадратичная функция потерь, статистический взгляд на задачу классификации, вероятностная модель данных, оценивание параметров модели, метод максимального правдоподобия, бинарная и категориальная кросс-энтропия. Расчёт градиента функции потерь, chain rule, метод обратного распространения ошибки (backpropagation algorithm), двойственные потенциалы нейронов, сеть обратного распространения, градиенты квадратичной функции потерь и кросс-энтропии.	Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	Методы обучения нейронных сетей Градиентные методы обучения. Простой градиентный метод, метод наискорейшего спуска, градиентный метод с моментом, метод Нестерова, метод сопряжённых градиентов, параметры методов, особенности, преимущества и недостатки методов. Методы обучения с адаптивным шагом. Подходы к управлению скоростью обучения: программное и адаптивное изменение скорости, learning rate decay, методы AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, RProp, параметры методов, особенности, преимущества и недостатки. Метод стохастического градиента: особенности, преимущества и недостатки, эпоха обучения, режимы обучения нейронных сетей: пакетный, стохастический, mini-batch, практические рекомендации по выбору размера mini-batch'a. Методы обучения 2-го порядка. Метод Ньютона-Рафсена, квадратичная аппроксимация критерия обучения, квази-	Всего аудиторных часов		
		8	8	4
		Онлайн		
		0	0	0

	ньютоновские методы, метод Левенберга-Маркардта, метод BFGS, особенности использования методов 2-го порядка для обучения нейронных сетей. Инициализация параметров нейронной сети. Информационный поток в нейронной сети и проблема инициализации синаптических коэффициентов, сжимающийся и расходящийся информационные потоки, проблема затухающего градиента, метод Хавьера инициализации параметров сети.			
9-15	Применение нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных	14	14	7
9 - 12	Обобщение данных в нейронных сетях Способность нейронной сети к обобщению, переобучение, обучающая, валидационная и тестовая выборки, риск для квадратичной функции потерь, разложение bias-variance, связь сложности нейронной сети и способности к обобщению. Оценка точности нейросетевой модели, кросс-валидация, метод Монте-Карло, k-fold, holdout, leave-one-out кросс-валидация, стратификация выборки при кросс-валидации, внутренняя кросс-валидация. Подходы к повышению обобщающей способности нейронной сети, методы регуляризации нейронных сетей, L1 и L2 регуляризация весов, отбор признаков при обучении нейронной сети, ранний останов процедуры обучения, аугментация данных, инъекция шума. Идея dropout-регуляризации слоёв нейронной сети, обучение dropout-слоя, dropout как крайний случай бэггинга, проблема смещения информационного потока в нейронных сетях (internal covariate shift), идея batch-нормализации скрытых слоёв нейронной сети, обучение batch normalization-слоя, обратное распространение ошибки через batch normalization-слой.	Всего аудиторных часов		
		8	8	4
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 15	Применение многослойных нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных Предобработка данных, используемых для построения нейросетевой модели. Принцип GIGO, способы предобработки данных: очистка данных, интеграция данных, редукция данных, преобразование данных, «грязные» данные и методы очистки данных, устранение выбросов и восстановление пропущенных значений в данных. Инженерия признаков (feature engineering), подходы к формированию признаков: конструирование признаков (feature construction), выделение признаков (feature extraction), отбор признаков (feature selection), обучение признаков (feature learning). Общая схема построения нейросетевой модели, выбор архитектуры нейронной сети и метода обучения, подходы к настройке гипер-параметров нейросетевой модели и метода обучения, обучение и валидация нейросетевой модели.	Всего аудиторных часов		
		6	6	3
		Онлайн		
		0	0	0

	Тестирование нейросетевой модели, оценка качества решения задач регрессии и классификации, статистический анализ ошибок регрессии, матрица ошибок нейросетевого классификатора, ROC-анализ нейросетевого классификатора, расчет показателя ROC AUC.			
--	---	--	--	--

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

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 4	Сеть Хемминга Сеть Хемминга
5 - 8	Применение многослойных сетей для решения задач регрессии Применение многослойных сетей для решения задач регрессии
9 - 12	Применение многослойных сетей для решения задач классификации Применение многослойных сетей для решения задач классификации
13 - 15	Самоорганизующиеся карты Кохонена Самоорганизующиеся карты Кохонена

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1	Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона
2	Реализация булевых функций на нейронных сетях Реализация булевых функций на нейронных сетях
3	Сеть Хемминга Сеть Хемминга
4	Классификация данных на нейронных сетях Классификация данных на нейронных сетях
5	Правила Хебба и Уидроу-Хоффа Правила Хебба и Уидроу-Хоффа
6	Метод обратного распространения ошибки Метод обратного распространения ошибки
7	Метод обратного распространения ошибки во времени Метод обратного распространения ошибки во времени

8	Контрольная работа Контрольная работа
9	Применение многослойных нейронных сетей для решения задач обработки данных Применение многослойных нейронных сетей для решения задач обработки данных
10	Сеть Хопфилда Сеть Хопфилда
11	Самоорганизующиеся карты Кохонена Самоорганизующиеся карты Кохонена
12	Сеть встречного распространения Сеть встречного распространения
13	Сверточные нейронные сети Сверточные нейронные сети
14	Глубокое обучение и перенос знаний Глубокое обучение и перенос знаний
15	Контрольная работа Контрольная работа

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся по классической системе чтения лекций и проведения практических занятий.

Несколько тем курса студенты осваивают самостоятельно, используя предоставленные методические материалы. Контроль самостоятельной работы и освоения изученной темы проводится на семинарском занятии. В процессе контрольного опроса (КО) каждый слушатель должен ответить на вопросы преподавателя или провести краткие расчеты по предложенным задачам. Результаты контрольного опроса магистрантов оцениваются в баллах.

Для получения навыков аналитических расчетов студентам еженедельно выдаются задачи для самостоятельной домашней работы. Результаты решения задач контролируются в аудитории на практических занятиях.

В течение семестра проводятся 4 контрольные работы по всем разделам курса.

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)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
ПК-1.2	З-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-1.2	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11

ПК-1.3	З-ПК-1.3	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-1.3	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-1.3	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11

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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 М71 Лабораторный практикум по курсу "Введение в теорию нейронных сетей" : , Щербинина М.В., Мишулина О.А., Трофимов А.Г., Москва: МИФИ, 2007
2. ЭИ Ч-45 Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии : учебное пособие, Лавриненко И. Н. [и др.], Москва: Физматлит, 2012
3. ЭИ К 75 Самоорганизующиеся карты : учебное пособие, Кохонен Т., Москва: Лаборатория знаний, 2017

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 К84 Искусственные нейронные сети : теория и практика, Круглов В.В., Борисов В.В., М.: Горячая линия - Телеком, 2002
2. 004 Е41 Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе : Учеб. пособие, Ежов А.А., Шумский С.А., М.: МИФИ, 1998
3. 004 О-75 Нейронные сети для обработки информации : , Осовский С., Москва: Финансы и статистика, 2004
4. 004 Г67 Нейронные сети на персональном компьютере : , Россиев Д.А., Горбань А.Н., Новосибирск: Наука, 1996
5. 004 М42 Нейронные сети. MATLAB 6 : , Потемкин В.Г., Медведев В.С., М.: Диалог-МИФИ, 2002

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

КР - контрольно-тестовая работа (продолжительность – 2 а/час

(проводится в аудитории) Выполнено не менее 90% +8 баллов

Выполнено от 70-до 89% +6 баллов

Выполнено от 40-до 69% +4 балла

Менее 39% 0 баллов

КИ – аттестация раздела (контроль по итогам) Раздел аттестуется, если набрано не менее 60% баллов

По 1 и 2 разделам организуется по 1 пересдаче на зачете.

Самостоятельная работа студента включает: Повторение теоретического материала –

Выполнение ДЗ

Выполнение ТДЗ

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Лекционный курс строится следующим образом.

Вводная часть посвящена основным понятиям теории нейронных сетей, вводится понятие нейрона, рассматриваются основные типы активационных характеристик нейронов (детерминированная, стохастическая, соревновательная), приводятся примеры. Рассматриваются особенности нейросетевой технологии, основные типы задач, для решения которых эффективно применение нейронных сетей.

Рассматривается математическая модель многослойной нейронной сети, вводятся основные обозначения, рисуется схема прямого распространения сигнала. Рассматриваются методы оптимизации параметров многослойной нейронной сети, особое внимание уделяется градиентным методам первого порядка, излагаются основные идеи и формулы методов второго порядка. В этом разделе необходимо рассмотреть метод обратного распространения и разобрать принцип её построения на примере. Показать эффективность метода по сравнению с классическим способом расчёта производных.

Следующая тема посвящена практическому применению многослойных нейронных сетей. Здесь необходимо рассмотреть основные типы задач, решаемых с помощью многослойных нейронных сетей, особое внимание уделить задачам аппроксимации, прогнозирования и классификации данных. Показать принципиальную возможность решения этих задач с помощью многослойных нейронных сетей.

Далее рассматриваются математические основы нейронных сетей Хопфилда. Приводятся основные понятия, вводится математическая модель сети. В этом разделе необходимо показать, что сеть Хопфилда, настроенная на один образец, способна его запомнить и найти, используя ассоциативную память. Также показать, что у сети Хопфилда, настроенной на несколько образцов, возможно возникновение эффекта "ложной памяти". Сформулировать теорему о конечности переходного процесса и привести её доказательство.

Далее рассматриваются самообучающиеся сети Кохонена. Здесь необходимо сформулировать постановку задачи кластеризации данных, обратить внимание на разницу в постановках задач классификации и кластеризации данных, дать обзор известных классических методов кластеризации. Рассмотреть особенности применения нейронной сети Кохонена и карты Кохонена для решения задачи кластеризации. Рассмотреть метод самообучения с утомляемостью как метод устранения негативных эффектов при нейросетевой кластеризации.

В линейном дискриминантном анализе рассматриваются основные понятия, особое внимание уделяется применению нейронных сетей с жёсткими активационными характеристиками для решения задач дискриминантного анализа. Вводятся математические модели элементарного персептрона и многослойного персептрона. В данном разделе необходимо уделить внимание правилам построения персептронов и правилам их обучения – правилу Хебба и правилу Уидроу-Хоффа.

Автор(ы):

Трофимов Александр Геннадьевич, к.т.н.