

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 ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/08-577

от 29.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Семестр	Трудоемкость, кредит.	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	0	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			
Использование современного математического аппарата, вычислительной техники и программного обеспечения для сбора, анализа и обработки данных.	Данные, описывающие различные физические, технологические, экономические и др. процессы.	<p>ПК-3.1 [1] - способен применять современные методы обработки, анализа и визуализации данных в различных предметных областях с использованием современного математического аппарата и компьютерных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.042</p>	<p>З-ПК-3.1[1] - Знать базовые методы и алгоритмы обработки данных;;</p> <p>У-ПК-3.1[1] - Уметь использовать современный математический аппарата и цифровые технологии для проведения анализа данных и моделирования физических процессов;</p> <p>В-ПК-3.1[1] - Владеть навыками обработки и анализа дынных, навыками математического моделирования физических процессов</p>
Изучение и систематизация новых научных результатов, научной литературы или научно-исследовательских проектов в соответствии с профилем профессиональной деятельности.	Научные статья и тезисы конференций, научно-технические отчеты, опубликованные результаты научных исследований, соответствующая документация.	<p>ПК-1 [1] - Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать результаты научных исследований в области прикладной математики и информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - знать основные методы научного познания, методы сбора и анализа информации;;</p> <p>У-ПК-1[1] - уметь анализировать информацию, строить логические схемы, интерпретировать результаты научных исследований, критически мыслить, сравнивать результаты различных исследований, формировать собственную позицию</p>

			в рамках рассматриваемой задачи;; В-ПК-1[1] - владеть навыками работы с научной литературой и навыками интерпретации результатов научных исследований;
Разработка математических моделей, алгоритмов и методов для решения различных задач.	Математические модели и алгоритмы.	ПК-2 [1] - Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	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
Использование современных информационных технологий и Интернет ресурсов для поиска и	Информационные и Интернет ресурсы, содержащие результаты научных исследований и научно-техническую	ПК-3 [1] - Способен осуществлять целенаправленный поиск в сети Интернет и других источниках информации о научных	З-ПК-3[1] - знать основные референтные базы данных научных публикаций, поисковые системы

систематизации информации.	документацию.	<p>достижениях в области прикладной математики , а также о современных программных средствах, относящихся к предмету исследований</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.013</p>	<p>научной литературы;; У-ПК-3[1] - уметь осуществлять поиск научной литературы с использованием существующих поисковых систем и референтных баз данных;; В-ПК-3[1] - владеть навыками поиска научной литературы;</p>
проектный			
Реализация научных проектов, составление научно-технических отчетов, конкурсной документации, экспертиза научных проектов по тематике профессиональной деятельности, составление рецензий на научные статьи, подготовка заявок на выполнение научно-исследовательских проектов.	Научно-исследовательские проекты, научно-техническая документация, научные статьи и заявки на проведение научно-исследовательских проектов.	<p>ПК-5 [1] - способен к разработке, реализации и оценке проектов научно-исследовательской и инновационной направленности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - знать принципы оценки научно-исследовательских проектов при проведении их экспертизы ; ; У-ПК-5[1] - уметь проводить разработку и экспертизу научно-исследовательских проектов;; В-ПК-5[1] - владеть навыками разработки и экспертизы научно-исследовательских проектов;</p>
педагогический			
Разработка образовательных дисциплин и учебно-методических материалов, а также реализация образовательных курсов в области прикладной математики и информатики.	Педагогическая деятельность с учетом специфики предметной области в образовательных организациях.	<p>ПК-7 [1] - Способен разрабатывать учебно-методические материалы, проводить лекционные и практические занятия по дисциплинам в области прикладной математики и информатики</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.003</p>	<p>З-ПК-7[1] - знать нормативно-правовые документы, регламентирующие образовательный процесс ; ; У-ПК-7[1] - уметь организовывать педагогическую деятельность в области математики и информатики;; В-ПК-7[1] - владеть навыками организации педагогической деятельности в области математики и информатики;</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные

		исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	<p>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.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного колLECTИВИЗМА 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.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование профессионально значимых установок: не производить, не	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин "Информатика (Основы программирования)",

	<p>копировать и не использовать программные и технические средства, не приобретённые на законных основаниях; не нарушать признанные нормы авторского права; не нарушать тайны передачи сообщений, не практиковать вскрытие информационных систем и сетей передачи данных; соблюдать конфиденциальность доверенной информации (В40)</p>	<p>Программирование (Объектно-ориентированное программирование)", "Программирование (Алгоритмы и структуры данных)" для формирования культуры написания и оформления программ, а также привития навыков командной работы за счет использования систем управления проектами и контроля версий.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплины "Проектная практика" для формирования культуры решения изобретательских задач, развития логического мышления, путем погружения студентов в научную и инновационную деятельность института и вовлечения в проектную работу.</p> <p>3.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин для формирования навыков цифровой гигиены, а также системности и гибкости мышления, посредством изучения методологических и технологических основ обеспечения информационной безопасности и кибербезопасности при выполнении и защите результатов учебных заданий и лабораторных работ по криптографическим методам защиты информации в компьютерных системах и сетях.</p> <p>4.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Информатика (Основы программирования)", Программирование (Объектно-ориентированное программирование)", "Программирование (Алгоритмы и структуры данных)" для формирования</p>
--	--	--

			культуры безопасного программирования посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий. 5. Использование воспитательного потенциала дисциплины "Проектная практика" для формирования системного подхода по обеспечению информационной безопасности и кибербезопасности в различных сферах деятельности посредством исследования и перенятия опыта постановки и решения научно-практических задач организациями-партнерами.
--	--	--	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (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	16/16/6	к.р-7 (20)	25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7,

							У-ПК-7, В-ПК-7
2	Применение нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных	9-15	14/14/9	ДЗ-11 (30)	35	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/15		60		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				40	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

\* – 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
3	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	30	15
<b>1-8</b>	<b>Многослойные нейронные сети</b>	16	16	6
1 - 4	<p><b>Математическая модель искусственного нейрона и многослойной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки.</b></p> <p>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.</p> <p>Обзор основных архитектур нейронных сетей: от элементарного персептрана до глубоких нейронных сетей, и принципов их обучения: обучение с учителем и самообучение.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Расчет градиента функции потерь, chain rule, метод обратного распространения ошибки (backpropagation algorithm), двойственные потенциалы нейронов, сеть обратного распространения, градиенты квадратичной функции потерь и кросс-энтропии.</p>	Всего аудиторных часов 8 Онлайн 0	8 0	2 0
5 - 8	<p><b>Методы обучения нейронных сетей</b></p> <p>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.</p> <p>Методы обучения с адаптивным шагом. Подходы к управлению скоростью обучения: программное и адаптивное изменение скорости, learning rate decay, методы AdaGrad, RMSProp, AdaDelta, Adam, RProp,</p>	Всего аудиторных часов 8 Онлайн 0	8 0	4 0

	<p>параметры методов, особенности, преимущества и недостатки.</p> <p>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.</p> <p>Методы обучения 2-го порядка. Метод Ньютона-Рафсена, квадратичная аппроксимация критерия обучения, квазиньютоновские методы, метод Левенберга-Маркардта, метод BFGS, особенности использования методов 2-го порядка для обучения нейронных сетей.</p> <p>Инициализация параметров нейронной сети.</p> <p>Информационный поток в нейронной сети и проблема инициализации синаптических коэффициентов, сжимающийся и расходящийся информационные потоки, проблема затухающего градиента, метод Хавьера инициализации параметров сети.</p>									
<b>9-15</b>	<b>Применение нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных</b>	14	14	9						
9 - 12	<p><b>Обобщение данных в нейронных сетях</b></p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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-normalизации скрытых слоёв нейронной сети, обучение batch normalization-слоя, обратное распространение ошибки через batch normalization-слой.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>8</td> <td>8</td> <td>4</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	8	8	4	0	0	0		
8	8	4								
0	0	0								
11 - 15	<p><b>Применение многослойных нейронных сетей для решения прикладных задач обработки данных</b></p> <p>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.</p> <p>Инженерия признаков (feature engineering), подходы к</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1"> <tr> <td>6</td> <td>6</td> <td>5</td> </tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	6	6	5	0	0	0		
6	6	5								
0	0	0								

	<p>формированию признаков: конструирование признаков (feature construction), выделение признаков (feature extraction), отбор признаков (feature selection), обучение признаков (feature learning).</p> <p>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.</p> <p>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.</p>		
--	--	--	--

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	<b>Сеть Хемминга</b> Сеть Хемминга
5 - 8	<b>Применение многослойных сетей для решения задач регрессии</b> Применение многослойных сетей для решения задач регрессии
9 - 12	<b>Применение многослойных сетей для решения задач классификации</b> Применение многослойных сетей для решения задач классификации
13 - 15	<b>Самоорганизующиеся карты Кохонена</b> Самоорганизующиеся карты Кохонена

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1	<b>Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона</b> Математическая модель и функциональные свойства технического нейрона
2	<b>Реализация булевых функций на нейронных сетях</b> Реализация булевых функций на нейронных сетях
3	<b>Сеть Хемминга</b>

	Сеть Хемминга
4	<b>Классификация данных на нейронных сетях</b> Классификация данных на нейронных сетях
5	<b>Правила Хебба и Уидроу-Хоффа</b> Правила Хебба и Уидроу-Хоффа
6	<b>Метод обратного распространения ошибки</b> Метод обратного распространения ошибки
7	<b>Метод обратного распространения ошибки во времени</b> Метод обратного распространения ошибки во времени
8	<b>Контрольная работа</b> Контрольная работа
9	<b>Применение многослойных нейронных сетей для решения задач обработки данных</b> Применение многослойных нейронных сетей для решения задач обработки данных
10	<b>Сеть Хопфилда</b> Сеть Хопфилда
11	<b>Самоорганизующиеся карты Кохонена</b> Самоорганизующиеся карты Кохонена
12	<b>Сеть встречного распространения</b> Сеть встречного распространения
13	<b>Сверточные нейронные сети</b> Сверточные нейронные сети
14	<b>Глубокое обучение и перенос знаний</b> Глубокое обучение и перенос знаний
15	<b>Контрольная работа</b> 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-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
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
ПК-3.1	З-ПК-3.1	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-3.1	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-3.1	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
ПК-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-15, к.р-7, ДЗ-11
	В-ПК-7	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 – «отлично»	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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			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
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	

			программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	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/>

## **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. Вводится математические модели элементарного персептрана и многослойного персептрана. В данном разделе необходимо уделить внимание правилам построения персептранов и правилам их обучения – правилу Хебба и правилу Уидроу-Хоффа.

Автор(ы):

Трофимов Александр Геннадьевич, к.т.н.