

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий



Кургалин С. Д.

28.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.10 Нейронные сети и генетические алгоритмы

- 1. Код и наименование направления подготовки:**  
02.03.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки:**  
распределенные системы и искусственный интеллект; квантовая теория информации
- 3. Квалификация выпускника:**  
бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
кафедра цифровых технологий
- 6. Составители программы:**  
Сирота Е.А., кандидат физико-математических наук, доцент;
- 7. Рекомендована:**  
НМС ФКН (протокол № 3 от 25.02.22)
- 8. Учебный год:** 2023-2024                      **Семестр:** 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение современных информационных технологий, связанных с использованием аппарата искусственных нейронных сетей;
- применение нейронных сетей при разработке информационных и информационно-управляющих систем различного назначения.

Задачи учебной дисциплины:

- обучение студентов теоретическим основам создания, обучения и применения нейронных сетей;
- обучение студентов основным принципам применения нейросетевых технологий обработки информации в современных информационных и информационно-управляющих системах различного назначения;
- овладение практическими навыками применения стандартных инструментальных средств для разработки программного обеспечения с использованием нейростетевых технологий обработки информации.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий.	ПК-1.1	Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.	Знает архитектуру, методы обучения и функционирования ИНС с различными нейропарадигмами, методы математического и алгоритмического моделирования с применением нейронных сетей.
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.	Умеет реализовывать нейросетевые алгоритмы на ЭВМ, моделировать ИНС средствами современных нейропакетов.
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.	Владеет математическим аппаратом теории нейронных сетей, разработки прикладных программ с использованием нейронных сетей, навыками решения практических задач аппроксимации функций, классификации данных, распознавания образов, комбинаторной оптимизации, прогнозирования и сжатия информации.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			8 семестр
Аудиторные занятия		66	66
в том числе:	лекции	34	34
	практические	16	16
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		42	42
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)		36	36
Итого:		144	144

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	История развития нейронных сетей. Биологический и искусственный нейрон. Классификация нейронных сетей.	1. Структура биологического нейрона, искусственный нейрон. Основные понятия и определения. Теорема Колмогорова, проблема исключающего «ИЛИ» и ее решение. 2. Классификация нейронных сетей и их базовые архитектуры: многослойные сети, однонаправленные и двунаправленные сети, виды активационных функций, нейронные сети с обратными связями и с боковыми связями	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
1.2	Однонаправленные многослойные сети персептронного типа. Обучение многослойных сетей персептронного типа	3. Многослойный персептрон, структурная схема, входные и выходные воздействия. Градиентные методы оптимизации, целевой функционал качества обучения, обучение в режиме «on line» и «off line». 4. Алгоритм обратного распространения ошибки и его модификации. 5. Практические проблемы создания и обучения многослойных нейронных сетей персептронного типа. 6. Технологии и примеры использования многослойных сетей персептронного типа в информационных и информационно-управляющих системах.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
1.3	Нейронные сети с радиальными базисными функциями.	7. Типовая архитектура нейронных сетей с РБФ, обучение сети с РБФ. Сопоставление возможностей многослойного персептрона и сетей с РБФ. Технологии и примеры использования сетей с РБФ.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
1.4	Рекуррентные нейронные сети. Сеть Хопфилда.	8. Структура сети Хопфилда, аттракторы, условия сходимости для сети Хопфилда. Ассоциативная память, алгоритм настройки весов сети Хопфилда. Применение нейронных сетей Хопфилда.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
1.5	Самоорганизующиеся нейронные сети. Алгоритм Кохонена.	9. Принципы конкурентного обучения. Типовая архитектура нейронной сети Кохонена, алгоритм итеративное обучение сети в режиме самоорганизации. Принцип векторного квантования данных и его применение в задачах обработки информации.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>

1.6	Генетические алгоритмы обработки информации.	10. Основные принципы эволюционного моделирования. Сопоставление базовых понятий биологии и генетических алгоритмов. Простейший генетический алгоритм Холланда.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	История развития нейронных сетей. Биологический и искусственный нейрон. Классификация нейронных сетей.	1. Изучение свойств простейшего искусственного персептрона.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
2.2	Однонаправленные многослойные сети персептронного типа. Обучение многослойных сетей персептронного типа.	2. Нейросетевой классификатор данных с линейной разделяющей границей. 3. Нейросетевой классификатор данных с нелинейной разделяющей границей. 4. Обучение и тестирование классификатора гауссовских случайных векторов 5. Решение алгебраических уравнений с использованием многослойного персептрона.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
2.3	Нейронные сети с радиальными базисными функциями .	6. Создание и обучение нейронных сетей с радиальными базисными функциями.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
2.4	Рекуррентные нейронные сети. Сеть Хопфилда.	7. Сеть Хопфилда и ее использования как ассоциативной памяти	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
2.5	Самоорганизующиеся нейронные сети. Алгоритм Кохонена.	8. Сеть Кохонена и ее применение в задачах кластерного анализа	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	История развития нейронных сетей. Биологический и искусственный нейрон. Классификация нейронных сетей.	2. Изучение свойств простейшего искусственного персептрона.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
3.2	Однонаправленные многослойные сети персептронного типа. Обучение многослойных сетей персептронного типа.	2. Нейросетевой классификатор данных с линейной разделяющей границей. 3. Нейросетевой классификатор данных с нелинейной разделяющей границей. 4. Обучение и тестирование классификатора гауссовских случайных векторов 5. Решение алгебраических уравнений с использованием многослойного персептрона.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
3.3	Нейронные сети с радиальными базисными функциями .	6. Создание и обучение нейронных сетей с радиальными базисными функциями.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
3.4	Рекуррентные нейронные сети. Сеть Хопфилда.	7. Сеть Хопфилда и ее использования как ассоциативной памяти	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>
3.5	Самоорганизующиеся нейронные сети. Алгоритм Кохонена.	8. Сеть Кохонена и ее применение в задачах кластерного анализа	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24442</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	
1	История развития нейронных сетей. Биологический и искусственный нейрон. Классификация нейронных сетей.	5	2	2	7	16
2	Однонаправленные многослойные сети персептронного типа. Обучение многослойных сетей персептронного типа	5	2	2	7	16
3	Нейронные сети с радиальными базисными функциями.	5	2	2	7	16
4	Рекуррентные нейронные сети. Сеть Хопфилда.	5	4	4	7	20
5	Самоорганизующиеся нейронные сети.	7	4	4	7	22
6	Генетические алгоритмы обработки информации.	7	2	2	7	18
	Итого:	34	16	16	42	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из работы на лекциях и выполнения практических заданий в объёме, предусмотренном учебным планом. Лекция представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, направленное на знакомство обучающихся с основными понятиями и теоретическими положениями изучаемой дисциплины.

Лекционные занятия формируют базу для практических занятий, на которых полученные теоретические знания применяются для решения конкретных практических задач. Обучающимся для успешного освоения дисциплины рекомендуется вести конспект лекций и практических занятий.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов лекций, конспектов практических занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей

программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Больше количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы. Обязательным элементом самостоятельной работы является выполнение домашнего задания.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения требуется выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

В рамках дисциплины предусмотрено проведение трёх текущих аттестаций за семестр. Результаты текущей успеваемости учитываются при выставлении оценки по промежуточной аттестации в соответствии с положением П ВГУ 2.1.04.16–2019 «Положение о текущей и промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся на факультете компьютерных наук Воронежского государственного университета с использованием балльно-рейтинговой системы».

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации. Для лиц с нарушением слуха при необходимости допускается присутствие на лекциях и практических занятиях ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки на зачете может быть увеличено. Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). На лекциях и практических занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам. При необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости допускается присутствие ассистента на лекциях и практических занятиях. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Электронный ресурс] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. ; Пер. с польского И.Д. Рудинского. - 2-е изд., стереотип. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. — Москва : Горячая линия - Телеком, 2012 .— 384 с. — Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Электронный ресурс] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. ; Пер. с польского И.Д. Рудинского. - 2-е изд., стереотип. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. — ISBN 5-9912-0320-3 .— <URL: <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203203.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203203.html</a> > .
2	Гудфеллоу, Я. . Глубокое обучение [Электронный ресурс] / Гудфеллоу Я. , Бенджио И. , Курвилль А. — 2-е .— Москва : ДМК Пресс, 2018 .— 652 с. — Книга из коллекции ДМК Пресс - Информатика .— ISBN 978-5-97060-618-6 .—< URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/107901">https://e.lanbook.com/book/107901</a> >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Антонио, Д. . Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow [Электронный ресурс] / Антонио Д. , Суджит П. — Москва : ДМК Пресс, 2018 .— 294 с. — Книга из коллекции ДМК Пресс - Информатика .— ISBN 978-5-97060-573-8 .— <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/111438.&gt;">https://e.lanbook.com/book/111438.&gt;</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
1	ЗНБ ВГУ: <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online": <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система "Лань": <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
4	Электронно-библиотечная система "Консультант студента": <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
5	Электронный университет ВГУ: <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Гудфеллоу, Я. . Глубокое обучение [Электронный ресурс] / Гудфеллоу Я. , Бенджио И. , Курвилль А. — 2-е .— Москва : ДМК Пресс, 2018 .— 652 с. — Книга из коллекции ДМК Пресс - Информатика .— ISBN 978-5-97060-618-6 .— <URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/107901.&gt;">https://e.lanbook.com/book/107901.&gt;</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение)

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория для лекционных занятий: мультимедиа-проектор, экран для проектора, компьютер с выходом в сеть «Интернет». Специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

Аудитория для практических занятий: специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска).

Аудитория для лабораторных занятий: компьютеры с выходом в сеть «Интернет» и доступом к электронным библиотечным системам, специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

---

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Разделы 1-6	ПК - 1	ПК – 1.1, ПК – 1.2, ПК – 1.3	Лабораторная работа 1-6
2	Разделы 1-6	ПК - 1	ПК – 1.1, ПК – 1.2, ПК – 1.3	Лабораторная работа 1-6
3	Разделы 1-6	ПК - 1	ПК – 1.1, ПК – 1.2, ПК – 1.3	Лабораторная работа 1-6
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Список вопросов к экзамену

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторная работа, письменный опрос.

Перечень лабораторных работ:

1. Введение в систему Matlab. Работа с пакетом расширения Neural Networks Toolbox.
2. Аппроксимация функций.
3. Сглаживание функций и эффект переобучения.
4. Решение задачи параметрической идентификации.
5. Нейросетевой классификатор.
6. Решение задачи прогнозирования с помощью НС.

#### Лабораторная работа № 1

##### «Введение в систему Matlab. Работа с пакетом расширения Neural Networks Toolbox»

**Цель работы:** изучение основ работы в среде MATLAB для применения в моделировании ИНС с помощью встроенного в MATLAB пакета расширения Neural Network Toolbox.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает анализ основ работы в среде MATLAB, а также пакета расширения Neural Network Toolbox.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, реализующую различные действия с матрицами, векторами, функциями. Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### Лабораторная работа № 2

##### «Аппроксимация функций»

**Цель работы:** построение, обучение и тестирование нейронной сети, предназначенной для аппроксимации заданной функции.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает построение, обучение и тестирование нейронной сети, предназначенной для аппроксимации



заданной функции. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, реализующую решение задачи аппроксимации. Имеется выборка пар точек вход–выход  $y_1=F(x_1)$ ,  $y_2=F(x_2)$ , ...,  $y_n=F(x_n)$ , которая генерируется неизвестной функцией  $F(x)$ . Задача аппроксимации состоит в нахождении функции  $F$  для любого значения  $x$ .

Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Лабораторная работа № 3** **«Сглаживание функций и эффект переобучения»**

**Цель работы:** построение, обучение и тестирование нейронной сети, предназначенной для сглаживания и аппроксимации последовательности значений, полученных с некоторой погрешностью.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает построение, обучение и тестирование нейронной сети, предназначенной для сглаживания и аппроксимации последовательности значений, полученных с некоторой погрешностью. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, которая формирует последовательность значений функции, моделирующую измерение с известной погрешностью  $\tau$ . Для этого значения предложенной функции  $y(x)$  с помощью функции генерации случайной матрицы `rand` преобразуйте в значения  $t = y \pm \tau\%$ , которые будут служить целевым вектором для НС. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Лабораторная работа № 4** **«Продольные колебания упругого стержня»**

**Цель работы:** освоение метода осреднения при построении математической модели, выяснение критериев адекватности непрерывной и дискретной модели продольных колебаний стержня.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает анализ качественной и математической модели, написание программы, реализующей численное решение математической модели, проверку её работы. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, реализующую решение дискретной и непрерывной математической модели продольных колебаний упругого стержня. Проверить работу программы путем сравнения численного решения с аналитическим для заданных начальных условий. Определить границы применимости дискретной модели. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Лабораторная работа № 5** **«Нейросетевой классификатор»**

**Цель работы:** построение, обучение и тестирование нейронных сетей, предназначенных для выявления принадлежности заданных векторов тому или иному классу.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы построение, обучение и тестирование нейронных сетей, предназначенных для выявления принадлежности заданных векторов тому или иному классу.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, реализующую построение классификаторов на основе различного типа НС (с обучением с учителем или без учителя для сети Кохонена), используя исходные выборки. Оформить отчет по лабораторной работе.

### **Лабораторная работа № 6 «Решение задачи прогнозирования с помощью НС»**

**Цель работы:** построение, обучение и тестирование нейронной сети, предназначенной для прогнозирования значений функции.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает построение, обучение и тестирование нейронной сети, предназначенной для прогнозирования значений функции.

Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, реализующую решение задачи экстраполяции по заданным точкам. Функция  $y=y(x)$  задана таблично в  $n$  равномерно распределенных с шагом  $h$  точках  $\{y(x_1), y(x_2), \dots, y(x_n)\}$ . Задача состоит в экстраполяции функции  $y(x)$  для точек  $x_{n+1} = x_n + h$ ,  $x_{n+2} = x_{n+1} + h$  и т.д.

Оформить отчет по лабораторной работе.

**Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине**

#### Задания с выбором ответа

№	Задание	Варианты ответа	Верный ответ
1	Дайте определение искусственного нейрона	1. узел искусственной нейронной сети, являющийся упрощённой моделью естественного нейрона; 2. алгоритм, реализующий поведение естественного нейрона; 3. модель нейронной сети.	узел искусственной нейронной сети, являющийся упрощённой моделью естественного нейрона.
2	Дайте определение функции потерь или ошибок	1. Целевая функция, требующая минимизации в процессе управляемого обучения нейронной сети; 2. Производная от целевой функции;	целевая функция, требующая минимизации в процессе управляемого

		3. Целевая функция, требующая максимизации в процессе управляемого обучения нейронной сети.	обучения нейронной сети
3	Дайте определение сильного искусственного интеллекта	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Направление в развитии ИИ, ставящее своей целью создание искусственного интеллекта, сравнимого с интеллектом человека или превосходящим его;</li> <li>2. Направление в развитии ИИ, ставящее своей моделирование нейронных сетей.</li> <li>3. Направление в развитии ИИ, ставящее своей целью создание новых типов нейронных сетей</li> </ol>	Направление в развитии ИИ, ставящее своей целью создание искусственного интеллекта, сравнимого с интеллектом человека или превосходящим его
4	Дайте определение синапса	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Место контакта (связи) между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой;</li> <li>2. Место связи между двумя соседними нейронами;</li> </ol>	Место контакта (связи) между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой
5	Дайте определение эпохи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одна итерация в процессе обучения, включающая предъявление всех примеров из обучающего множества и, возможно, проверку качества обучения на контрольном множестве;</li> <li>2. Несколько итераций в процессе обучения, включающие предъявление всех примеров из обучающего множества и, возможно, проверку качества обучения на контрольном множестве</li> <li>3. Одна итерация в процессе обучения, включающая предъявление некоторых примеров из обучающего множества и, возможно, проверку качества обучения на контрольном множестве;</li> </ol>	Одна итерация в процессе обучения, включающая предъявление всех примеров из обучающего множества и, возможно, проверку качества обучения на контрольном множестве
6	Дайте определение машинного обучения	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться, т.е. улучшать свое поведение в процессе накопления информации. Машинное обучение – общая методология (набор методов, средств, технологий), обеспечивающая решения разнообразных задач ИИ.</li> <li>2. Общая методология о нейронных сетях.</li> <li>3. Обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных реализовать ИНС.</li> </ol>	обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться, т.е. улучшать свое поведение в процессе накопления информации. Машинное обучение – общая методология (набор методов, средств, технологий), обеспечивающая решения разнообразных задач ИИ.
7	Перечислите основные типы нейронных сетей с прямыми связями.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однослойный перцептрон, многослойный перцептрон, сеть с радиально-базисными функциями;</li> <li>2. Однослойный перцептрон, многослойный перцептрон, сеть с радиально-базисными функциями;</li> </ol>	Однослойный перцептрон, многослойный перцептрон, сеть с радиально-базисными функциями

		3. сеть с радиально-базисными функциями.	
8	Что такое обучение с учителем?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. метод обучения нейронной сети, который использует размеченные данные для тренировки модели на основе правильных ответов.</li> <li>2. метод обучения нейронной сети, который использует размеченные данные для тренировки модели без имеющих ответов.</li> <li>3. свойства нейронной сети, позволяющие ей обучаться</li> </ol>	метод обучения нейронной сети, который использует размеченные данные для тренировки модели на основе правильных ответов
9	Что такое индуктивное обучение?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Индуктивное обучение предполагает формализацию знаний экспертов и их перенос в компьютер в виде базы знаний (область экспертных систем).</li> <li>2. Индуктивное обучение или обучение «снизу-вверх», от частного к общему, обучение на примерах, обучение по прецедентам, основано на выявлении закономерностей в эмпирических данных, т.е. данных полученных путём наблюдения или эксперимента. Индуктивное обучение компьютеров принято относить к машинному обучению.</li> <li>3. Индуктивное обучение предполагает обучение от общего к частному.</li> </ol>	Индуктивное обучение или обучение «снизу-вверх», от частного к общему, обучение на примерах, обучение по прецедентам, основано на выявлении закономерностей в эмпирических данных, т.е. данных полученных путём наблюдения или эксперимента. Индуктивное обучение компьютеров принято относить к машинному обучению.
10	Многослойный перцептрон	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. частный случай перцептрона Розенблатта, в котором один алгоритм обратного распространения ошибки обучает все слои. Многослойный перцептрон представляет собой глубокую искусственную нейронную сеть, включающую в себя несколько перцептронов.</li> <li>2. однослойная нейронная сеть, все нейроны которой имеют жесткую пороговую функцию активации.</li> <li>3. Искусственная нейронная сеть, которая использует радиальные базисные функции как функции активации.</li> </ol>	частный случай перцептрона Розенблатта, в котором один алгоритм обратного распространения ошибки обучает все слои. Многослойный перцептрон представляет собой глубокую искусственную нейронную сеть, включающую в себя несколько перцептронов.

### Задания с кратким ответом

№	Задание	Верный ответ
1	Искусственная нейронная сеть, которая использует радиальные базисные функции как функции активации	Сеть радиально-базисных функций
2	Частный случай перцептрона Розенблатта, в котором один алгоритм обратного распространения ошибки обучает все слои. Представляет собой глубокую искусственную нейронную сеть, включающую в себя несколько перцептронов.	Многослойный перцептрон
3	Эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе	Генетические алгоритмы

4	Математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей, т.е. сетей нервных клеток живого организма	Искусственные нейронные сети
5	Обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться, т.е. улучшать свое поведение в процессе накопления информации. Машинное обучение – общая методология (набор методов, средств, технологий), обеспечивающая решения разнообразных задач ИИ.	Машинное обучение

### Задания с развёрнутым ответом

**Задание 1.** Дайте определение ИИ. Кратко дайте описание основных направлений ИИ.

Решение.

*Искусственный интеллект (ИИ, artificial intelligence, AI)* – междисциплинарное направление научных исследований и понятие, используемое в связи с разработкой интеллектуальных компьютерных систем, т.е. систем, обладающих возможностями, которые традиционно приписываются человеческому разуму и, прежде всего, возможностями накапливать знания и эффективно их применять.

ИИ поддерживает такие направления современной науки, техники и технологии как: экспертные системы, автоматическое доказательство теорем, распознавание образов, машинное зрение, робототехника, понимание естественных языков и др.

Выделяются два направления развития ИИ:

- решение проблем, связанных с созданием специализированных систем ИИ для восприятия внешнего мира (зрение, слух, речь и пр.), подобно тому, как это делает человек и животное (прикладной или «слабый» ИИ);
- создание искусственного разума, представляющего интеграцию различных специализированных систем ИИ в единую систему, способную воспроизводить процессы сложной мыслительной деятельности и творчества («сильный» ИИ).

**Задание 2.** Дайте описание термина «Глубокое обучение».

Решение.

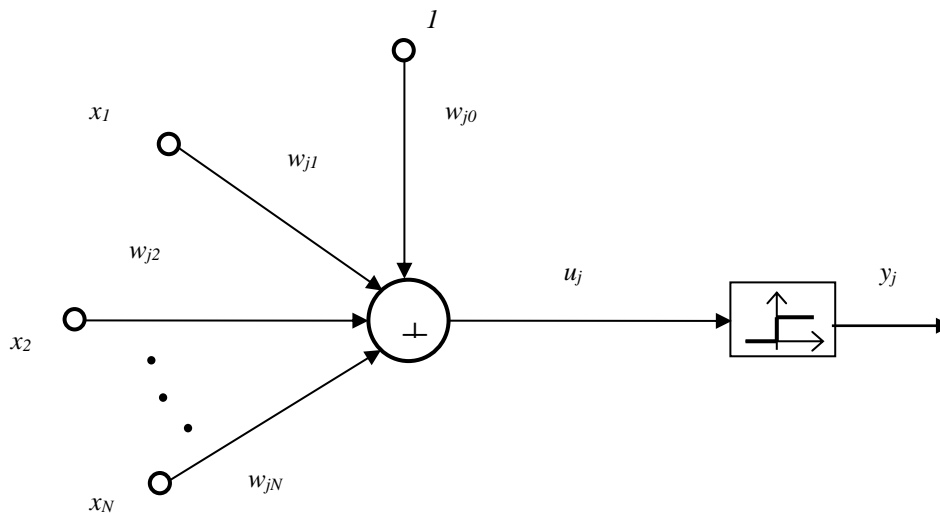
Набор алгоритмов машинного обучения, которые пытаются моделировать высокоуровневые абстракции в данных, используя иерархические архитектуры, состоящие из множества нелинейных трансформаций. В настоящее время термин глубокое обучение ассоциируется, прежде всего, с использованием глубоких нейронных сетей.

Под термином «глубина» в данном случае понимается глубина графа вычислений модели – максимальная длина между входным и выходным узлами конкретной архитектуры. В случае, например, простой нейронной сети прямого распространения глубина соответствует количеству слоев сети.

Термин «глубокое обучение» акцентирует внимание на сложности обучения внутренних (глубоких) слоев многослойной сети, которые плохо поддаются классическим методам обучения, таким как метод обратного распространения ошибки.

**Задание 3.** Схематично изобразите и дайте краткое описание модели нейрона МакКаллока-Питса.

Решение.



Здесь сигналы  $x_i$  на входе синапсов  $i = 1, \dots, N$  связанные с нейроном, имеющим номер  $j$ , суммируются с учетом соответствующих весов  $w_{ji}$  синаптических связей (первый индекс относится к номеру нейрона, а второй к номеру входа), после чего результат сравнивается с пороговым значением  $w_{j0}$ , называемым «смещением». Выходной сигнал по порогу принимает двоичные значения: 0 или 1. Значение 1 соответствует превышению порогового уровня, значение 0 – в противном случае. Пороговое значение отражает увеличение или уменьшение входного сигнала, подаваемого на функцию активации.

**Задание 4.** Перечислите три отличительных признака сети MLP.

Решение.

1. Каждый нейрон имеет нелинейную функцию активации. Данная функция должна быть гладкой (то есть всюду дифференцируемой). Самой популярной гладкой функцией активации является сигмоидальная функция.
2. Сеть содержит один или несколько слоев скрытых нейронов. Эти нейроны позволяют сети обучаться решению сложных задач, извлекая наиболее важные признаки из входного вектора.
3. Сеть обладает высокой степенью связности, реализуемой посредством синаптических соединений.

**Задание 5.** В чем заключается проблема глобальной оптимизации?

Решение.

Большинство методов обучения нейронных сетей являются локальными. Они ведут к одному из локальных минимумов целевой функции, лежащему в окрестности точки начала обучения. Только в ситуации, когда значение глобального минимума известно, удастся оценить, находится ли найденный локальный минимум в достаточной близости от искомого решения. Если локальное решение признается неудовлетворительным, следует повторить процесс обучения при других начальных значениях весов и с другими управляющими параметрами.

При решении реальных задач в общем случае даже приблизительная оценка глобального минимума оказывается неизвестной. По этой причине возникает необходимость применения методов глобальной оптимизации.

Критерии оценивания	Баллы
Получен полный ответ, соответствующий указанному решению. Имеется верная последовательность всех этапов решения, обоснованно получен верный ответ в случае алгоритма.	3
Получен неполный ответ, в целом передающий суть задания. Получен неверный ответ из-за вычислительной ошибки, при этом имеется верная последовательность всех этапов решения в случае алгоритма.	2
Получен верный ответ, однако имеются пропуски одного или двух этапов решения ИЛИ Решение не завершено, однако верно выполнен хотя бы один из этапов решения.	1
Ответ не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	0

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: *вопросов к экзамену*.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Биологические основы функционирования нейрона.
2. Электрические модели нейронов – Ходжкина Хаксли, оптоэлектронная.
3. Математические модели нейронов.
4. Типы активационных функций.
5. Классификация НС и их свойства.
6. Теорема Колмогорова-Арнольда-Хехт-Нильсена.
7. Обучение нейронных сетей.
8. Алгоритм обратного распространения ошибки.
9. Подбор оптимальной архитектуры НС.
10. Детерминированные методы обучения НС.
11. Алгоритм наискорейшего спуска.
12. Алгоритм сопряженных градиентов.
13. Многослойный персептрон, структурная схема, входные и выходные воздействия.
14. Градиентные методы оптимизации, целевой функционал качества обучения, обучение в режиме «on line» и «off line».
15. Алгоритм обратного распространения ошибки и его модификации.
16. Практические проблемы создания и обучения многослойных нейронных сетей персептронного типа.
17. Технологии и примеры использования многослойных сетей персептронного типа в информационных и информационно-управляющих системах.
18. Типовая архитектура нейронных сетей с РБФ, обучение сети с РБФ.
19. Сопоставление возможностей многослойного персептрона и сетей с РБФ. Технологии и примеры использования сетей с РБФ.
20. Структура сети Хопфилда, аттракторы, условия сходимости для сети Хопфилда. Ассоциативная память, алгоритм настройки весов сети Хопфилда.

21. Принципы конкурентного обучения. Типовая архитектура нейронной сети Кохонена, алгоритм итеративное обучения сети в режиме самоорганизации.
22. Основные принципы эволюционного моделирования. Сопоставление базовых понятий биологии и генетических алгоритмов. Простейший генетический алгоритм Холланда.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся демонстрирует высокий уровень владения материалом, ориентируется в предметной области, верно отвечает на все дополнительные вопросы.	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному или двум из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Допускаются ошибки при воспроизведении части теоретических положений.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трём из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Сформированные знания основных понятий, определений и теорем, изучаемых в курсе, не всегда полное их понимание с затруднениями при воспроизведении.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырём из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных понятий, определений и теорем, используемых в курсе.	–	Неудовлетворительно