

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
цифровых технологий

 / Кургалин С.Д.

22.04.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.12 АЛГОРИТМЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

- 1. Код и наименование направления подготовки:**
02.04.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки:**
компьютерное моделирование и искусственный интеллект
компьютерные науки и информационные технологии для цифровой экономики
- 3. Квалификация выпускника:**
магистр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
кафедра цифровых технологий
- 6. Составители программы:**
Попова Александра Евгеньевна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры цифровых технологий
Максимов Алексей Владимирович, старший преподаватель кафедры цифровых технологий
- 7. Рекомендована:**
НМС ФКН (протокол № 5 от 05.03.2024)
- 8. Учебный год:** 2024-2025 **Семестр:** 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является усвоение обучающимися основных принципов решения задач с помощью нейронных сетей.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование у обучающихся навыков создания нейронных сетей, соответствующих поставленным задачам;
- освоение основных алгоритмов обучения сетей.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана.

Для успешного изучения данного курса необходимы знания по теории вероятностей, математической статистике, математическому анализу, программированию, математическому моделированию, методам оптимизации.

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
ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.1	Обладает фундаментальными знаниями и практическим опытом в формулировке и решении актуальных и значимых проблем прикладной и компьютерной математики	Знает основные идеи и подходы, лежащие в основе математической модели нейронной сети.
		ОПК-1.2	Умеет использовать их в профессиональной деятельности	Умеет адекватно ставить задачи исследования сложных объектов на основе методов создания и обучения нейронных сетей; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать тип нейронной сети и оптимизировать ее архитектуру в зависимости от поставленной задачи и свойств исследуемого объекта.
		ОПК-1.3	Имеет навыки решения актуальных и значимых проблем прикладной и компьютерной математики	Владеет навыками выбора адекватных методов обучения нейронных сетей и принятия решений по результатам исследования.
ОПК-2	Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках,	ОПК-2.1	Владеет навыками создания и исследования новых математических моделей в естественных науках	Знает постановки классических задач и моделей в естественных науках.
		ОПК-2.2	Умеет использовать их в профессиональной деятельности	Умеет, используя полученные знания, формулировать новые математические модели.

	совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.3	Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания	Владеет навыками анализа получаемых моделей, навыками построения и реализации соответствующих алгоритмов.
--	---	---------	---	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1 семестр
Аудиторные занятия		72	72
в том числе:	лекции	36	36
	практические		
	лабораторные	36	36
Самостоятельная работа		36	36
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен)			
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Модели нейронов и методы их обучения	Биологические основы функционирования нейрона. Искусственный нейрон: весовые коэффициенты, функция активации, обучение. Модели нейронов: перцептрон, сигмоидальный нейрон, нейрон типа «адалайн», нейрон Хебба, нейрон WTA. Библиотека Scikit-learn для машинного обучения. Библиотеки Python для векторной алгебры и построения графиков.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
1.2	Однонаправленные многослойные сети сигмоидального типа.	Многослойный перцептрон. Функция ошибок. Алгоритм обратного распространения ошибки (BP). Градиентные методы обучения: алгоритм наискорейшего спуска. Элементы глобальной оптимизации. Способы инициализации весов. Библиотека TensorFlow для обучения нейронных сетей.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
1.3	Анализ главных компонент.	Анализ главных компонент (PCA). Распознавание и классификация образов. Нейронная сеть для сжатия данных (автокодировщик). Фильтр Хебба.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
1.4	Радиальные нейронные сети.	Нейронные сети с радиальными базисными функциями (RBF): структура, настраиваемые параметры. Применение процесса самоорганизации для уточнения параметров радиальных функций.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
1.5	Рекуррентные нейронные сети.	Автоассоциативная сеть Хопфилда: основные зависимости, режим обучения, режим распознавания. Перцептронная сеть с обратной связью. Структура и алгоритм обучения сети RMLP.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326

1.6	Сети с самоорганизацией на основе конкуренции.	Отличительные особенности сетей с самоорганизацией на основе конкуренции. Обучение сетей с самоорганизацией: алгоритм Кохонена. Применение сетей с самоорганизацией: компрессия данных.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
1.7	Глубокие сети: основные принципы и проблемы.	Отличительные особенности глубоких сетей. Особенности обучения. Применение: свёрточные глубокие сети для классификации изображений.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2. Практические занятия			
2.1	Модели нейронов и методы их обучения	Биологические основы функционирования нейрона. Искусственный нейрон: весовые коэффициенты, функция активации, обучение. Модели нейронов: персептрон, сигмоидальный нейрон, нейрон типа «адалайн», нейрон Хебба, нейрон WTA. Библиотека Scikit-learn для машинного обучения. Библиотеки Python для векторной алгебры и построения графиков.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2.2	Однонаправленные многослойные сети сигмоидального типа.	Многослойный персептрон. Функция ошибок. Алгоритм обратного распространения ошибки (BP). Градиентные методы обучения: алгоритм наискорейшего спуска. Элементы глобальной оптимизации. Способы инициализации весов. Библиотека TensorFlow для обучения нейронных сетей.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2.3	Анализ главных компонент.	Анализ главных компонент (PCA). Распознавание и классификация образов. Нейронная сеть для сжатия данных (автокодировщик). Фильтр Хебба.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2.4	Радиальные нейронные сети.	Нейронные сети с радиальными базисными функциями (RBF): структура, настраиваемые параметры. Применение процесса самоорганизации для уточнения параметров радиальных функций.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2.5	Рекуррентные нейронные сети.	Автоассоциативная сеть Хопфилда: основные зависимости, режим обучения, режим распознавания. Персептронная сеть с обратной связью. Структура и алгоритм обучения сети RMLP.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2.6	Сети с самоорганизацией на основе конкуренции.	Отличительные особенности сетей с самоорганизацией на основе конкуренции. Обучение сетей с самоорганизацией: алгоритм Кохонена. Применение сетей с самоорганизацией: компрессия данных.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326
2.7	Глубокие сети: основные принципы и проблемы.	Отличительные особенности глубоких сетей. Особенности обучения. Применение: свёрточные глубокие сети для классификации изображений.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4326

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Модели нейронов и методы их обучения	4	4	4	12
2	Однонаправленные многослойные сети	8	8	8	24
3	Анализ главных компонент.	8	8	8	24

4	Радиальные нейронные сети.	4	4	4	12
5	Рекуррентные нейронные сети.	4	4	4	12
6	Сети с самоорганизацией на основе конкуренции.	4	4	4	12
7	Глубокие сети: основные принципы и проблемы.	4	4	4	12
	Итого:	36	36	36	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 / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. ; Пер. с польского И. Д. Рудинского. - 2-е изд., стереотип. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 384 с. - ISBN 978-5-9912-0320-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203203.html - Режим доступа : по подписке.
2	Хливненко, Л. В. Практика нейросетевого моделирования : учебное пособие для вузов / Л. В. Хливненко, Ф. А. Пятакович. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-8264-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173811 — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Антонио, Д. Библиотека Keras - инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow / Антонио Джулли, Суджит Пал, пер. с англ. Слинкин А. А. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 294 с. - ISBN 978-5-97060-573-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970605738.html - Режим доступа : по подписке.
2	Данилов, В. В. Нейронные сети : учебное пособие / В. В. Данилов. — Донецк : ДонНУ, 2020. — 158 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/179953 — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Филиппов, Ф. В. Нейросетевые технологии: лабораторный практикум : учебное пособие / Ф. В. Филиппов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/279539 — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

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

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. ; Пер. с польского И. Д. Рудинского. - 2-е изд. , стереотип. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2012. - 384 с. - ISBN 978-5-9912-0320-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203203.html - Режим доступа : по подписке.
2	Филиппов, Ф. В. Нейросетевые технологии: лабораторный практикум : учебное пособие / Ф. В. Филиппов. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/279539 — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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, 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 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	Модели нейронов и методы их обучения	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторные работы № 1-4
2	Однонаправленные многослойные сети сигмоидального типа.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1	Лабораторные работы № 1-4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ОПК-2.2 ОПК-2.3	
3	Анализ главных компонент.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторные работы № 1-4
4	Радиальные нейронные сети.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторные работы № 1-4
5	Рекуррентные нейронные сети.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторные работы № 1-4
6	Сети с самоорганизацией на основе конкуренции.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторные работы № 1-4
7	Глубокие сети: основные принципы и проблемы.	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Лабораторные работы № 1-4
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт с оценкой				Перечень вопросов к зачёту

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.

Перечень лабораторных работ

1. Реализация алгоритма обучения персептрона.
2. Реализация Adaline.
3. Понижение размерности данных. Анализ главных компонент.
4. Нейронная сеть для распознавания рукописных цифр.

Типовое задание для лабораторной работы

Лабораторная работа № 1

"Реализация алгоритма обучения персептрона"

Цель работы: закрепление теоретических знаний по теме "Персептрон", усвоение принципов и реализация алгоритма обучения персептрона.

Задание: Средствами любого программного пакета создать два случайных линейнонепарабельных множества с нормальным распределением. Обучить персептрон. Подобрать максимальные значения стандартного отклонения, при которых персептрон сможет разделять множества.

Критерии оценивания: оценка "зачтено" выставляется в случае, если студент продемонстрировал правильно работающую программу, смог объяснить принцип её действия и верно ответил на дополнительные вопросы.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: перечень вопросов к зачёту.

Перечень вопросов к зачёту

1. Биологические основы функционирования нейрона.
2. Искусственный нейрон: весовые коэффициенты, функция активации, обучение.
3. Модели искусственных нейронов.
4. Многослойный персептрон: архитектура, функция ошибок.
5. Алгоритм обратного распространения ошибки.
6. Градиентные методы обучения: метод наискорейшего спуска.
7. Элементы глобальной оптимизации.
8. Способы инициализации весов.
9. Анализ главных компонент.
10. Автокодировщик.
11. Фильтр Хебба.
12. Нейронные сети с радиальными базисными функциями: структура, настраиваемые параметры.
13. Применение процесса самоорганизации для уточнения параметров радиальных функций.
14. Автоассоциативная сеть Хопфилда: основные зависимости, режим обучения, режим распознавания.
15. Персептронная сеть с обратной связью.
16. Отличительные особенности сетей с самоорганизацией на основе конкуренции.
17. Алгоритм Кохонена.
18. Отличительные особенности глубоких сетей.
19. Области применения нейронных сетей.

Для оценивания результатов обучения на зачёте с оценкой 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