

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии



Овчинников О.В.

подпись

21.06.2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.В.05 Компьютерные технологии в фотонике и оптоинформатике

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

**2. Профиль подготовки/специализация:** Перспективные материалы и устройства фотоники

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** оптики и спектроскопии

**6. Составители программы:** Королев Никита Викторович, к. ф.–м. н., доцент

**7. Рекомендована:** НМС физического факультета, протокол №6 от 20.06.2023

**8. Учебный год:** 2023-2024

**Семестр(ы):** 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

формирование профессиональной компетенции в области основных аспектов моделирования оптических систем, которые широко применяются в оптоэлектронике и других областях наукоемких технологий.

*Задачи учебной дисциплины:*

- сформировать у студентов теоретические знания необходимых для построения оптических систем, включая знание особенностей работы программного обеспечения для расчета элементов и систем фотоники;
- сформировать навыки работы со специализированным программным обеспечением для расчета систем фотоники различного назначения;
- сформировать способности создавать модели разнообразных элементов и систем фотоники.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

**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 – 2	Способен экспериментально исследовать перспективные материалы и моделировать процессы в устройствах фотоники	ПК – 2.1.	Формулирует задачи для выявления принципов и путей создания перспективных материалов, моделирует процессы в устройствах фотоники	<b>Знать:</b> основные тенденции и направления развития компьютерных технологий в фотонике и оптоинформатике. <b>Уметь:</b> формулировать задачи, связанные с оптическими информационными технологиями. <b>Владеть:</b> навыками работы с основными программными пакетами в рамках профессиональной деятельности.
		ПК – 2.2.	Осуществляет подбор оборудования и комплектующих необходимых для проведения исследований, разрабатывает методики оптических и фотонных исследований	<b>Знать:</b> основные принципы компьютерных технологий в профессиональной деятельности; <b>Уметь:</b> использовать математические и технические модели в области информационных технологий; <b>Владеть:</b> навыками работы с оптическими элементами и цифровыми устройствами фотоники и оптоинформатики.
ПК – 5	Способен к разработке функциональных и структурных схем фотоники и оптоинформатики на уровне узлов, элементов, систем и технологий	ПК – 5.1.	Определяет перечень проблем в области получения, хранения и обработки информации с использованием систем оптоинформатики	<b>Знать:</b> физические пределы возможностей компьютерных технологий в профессиональной деятельности; <b>Уметь:</b> использовать в профессиональной деятельности современные достижения в области компьютерных и других цифровых технологий <b>Владеть:</b> принципами устройства и возможностей программных пакетов в области профессиональной деятельности.

		ПК – 5.2.	Осуществляет поиск имеющихся технологий получения, хранения и обработки информации с использованием оптических и оптико-электронных приборов и систем	<b>Знать:</b> основные тенденции и направления развития компьютерных технологий в профессиональной деятельности; <b>Уметь:</b> оценивать эффективность программных пакетов при решении практических задач в рамках профессиональной деятельности; <b>Владеть:</b> навыками работы с оптическими и оптико-электронными приборами и системами.
		ПК – 5.3.	Разрабатывает и исследует новые способы и принципы функционирования оптических и оптико-электронных приборов и систем получения, хранения и обработки информации	<b>Знать:</b> виды возможных недостатков в существующих компьютерных и цифровых технологиях фотоники и оптоинформатики; <b>Уметь:</b> анализировать существующие оптические системы получения, защиты и хранения информации в автоматизированных системах; <b>Владеть:</b> навыками математического и практического моделирования основных принципов оптических и оптико-электронных устройств.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 ЗЕТ / 72 ч.**

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			№ 1
		ч.	
Аудиторные занятия		44	44
в том числе:	лекции		
	практические		
	лабораторные	44	44
Самостоятельная работа		28	28
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации : <i>зачет</i>			
Итого:		72	72

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лабораторные занятия</b>			
1.	Основные направления машинного обучения. Приложения в области фотоники	Машинное обучение. Развитие представлений о подходах в реализации систем с элементами самообучения.	
2.	Среда прототипирования GNU Octave. Основы работы	Синтаксис программной среды. Основные команды. Создание m-файлов. Реализация функций.	
3.	Среда прототипирования	Элементы матричной алгебры. Псевдообратная	

	GNU Octave. Матричная алгебра	матрица. Реализация циклов в рамках векторно-матричной алгебры	
4.	Среда прототипирования GNU Octave. Циклические структуры	Реализация циклов и итерационных процедур.	
5.	Среда прототипирования GNU Octave. Двухмерная и трехмерная графика	Построение 2D-графиков в декартовой системе координат. Графики в полярной системе координат. Настройка области построения. Экспорт графиков. Построение 3D-графиков.	
6.	Определение вида кривой принятия решений на основе метода наименьших квадратов	Метод наименьших квадратов с использованием полиномиальных функций. Векторно-матричное представление алгоритма.	
7.	Двухпараметрическая линейная регрессия на основе метода градиентного спуска	Градиентный метод с постоянным параметром сходимости. Масштабирование переменных. Проблема сходимости метода. Сравнение с методом наименьших квадратов.	
8.	Многопараметрическая линейная регрессия	Реализация алгоритма многопараметрической регрессии на основе градиентного метода.	
9.	Оптимизация целевой функции на основе нормального уравнения	Использование псевдо-обратной матрицы. Прямая оптимизация. Сравнение с итерационными схемами.	
10.	Кластеризация данных.	Обучение с дискретным вводом/ дискретным выводом. Обучение «без учителя». Логистическая регрессия.	
11.	Нейронные сети в рамках концепции «обучения с учителем»	Реализация алгоритма обработки изображения на основе нейронных сетей с использованием встроенных библиотек.	

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Основные направления машинного обучения. Приложения в области фотоники			4	2	6
2.	Среда прототипирования GNU Octave. Основы работы			6	2	8
3.	Среда прототипирования GNU Octave. Матричная алгебра			2	2	4
4.	Среда прототипирования GNU Octave. Циклические структуры			2	2	4
5.	Среда прототипирования GNU Octave. Двухмерная и трехмерная графика			2	2	4
6.	Определение вида кривой принятия решений на основе метода наименьших квадратов			6	4	10
7.	Двухпараметрическая линейная регрессия на основе метода градиентного спуска			6	4	10
8.	Многопараметрическая линейная регрессия			4	2	6
9.	Оптимизация целевой функции на основе нормального уравнения			2	2	4
10.	Кластеризация данных.			2	2	4
11.	Нейронные сети в рамках концепции «обучения с учителем»			8	4	12
	<b>Итого:</b>			<b>44</b>	<b>28</b>	<b>72</b>

## 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств научной информации.

- Подготовка к лабораторным занятиям.

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением заданий для выполнения лабораторных работ, дополнительного теоретического материала по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (146, 313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

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

а) основная литература

№ п/п	Источник
1.	Теория и практика машинного обучения : учебное пособие / В. В. Воронина [и др.]. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 290 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://reader.lanbook.com/book/165053#2">https://reader.lanbook.com/book/165053#2</a> (дата обращения: 30.15.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2.	Справка по работе в среде GNU Octave. – Электронный ресурс. – URL: <a href="https://docs.octave.org/interpreter/index.html">https://docs.octave.org/interpreter/index.html</a> (дата обращения: 24.04.2023 г.)

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Филиппов, Ф. В. Моделирование нейронных сетей глубокого обучения : учебное пособие / Ф. В. Филиппов; СПбГУТ. – СПб, 2019. – 79 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://reader.lanbook.com/book/180053#3">https://reader.lanbook.com/book/180053#3</a> (дата обращения: 30.15.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4.	Джон, К. Глубокое обучение в картинках. Визуальный гид по искусственному интеллекту / К. Джон, Б. Грант, А. Бассенс. – СПб.: Питер, 2020. – 400 с. ISBN 978-5-4461-1574-7

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

№ п/п	Ресурс
5.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
6.	ЭБС «Электронная библиотека технического ВУЗа» («ЭБС «Консультант студента») – <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
7.	ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
8.	Зональная научная библиотека ВГУ – <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Электронный курс для дистанционного обучения «Новые информационные технологии в науке и образовании»: < <a href="https://edu.vsu.ru/enroll/index.php?id=5649">https://edu.vsu.ru/enroll/index.php?id=5649</a> >
2.	Газенаур Е.Г. Компьютерные технологии в науке и образовании: учебное пособие / Е.Г. Газенаур. - Томск : Издательство Томского государственного педагогического университета, 2009. - 156 с.
3.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в магистратуре по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, И.Г. Гревцева ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021.

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лабораторные занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория для проведения лабораторных занятий, текущей и промежуточной аттестации, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.).

Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитория для самостоятельной работы (ауд. 313а): 15 комп. III поколения, объединенных в сеть с выходом в Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ.

Перечень необходимого программного обеспечения:

WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acadm. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each Academic Edition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks Total Academic Headcount-25. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

## 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.	Основные направления машинного обучения. Приложения в области фотоники	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
2.	Среда прототипирования GNU Octave. Основы работы	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
3.	Среда прототипирования GNU Octave. Матричная алгебра	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
4.	Среда прототипирования GNU Octave. Циклические структуры	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
5.	Среда прототипирования GNU Octave. Двухмерная и трехмерная графика	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
6.	Определение вида кривой принятия решений на основе метода наименьших квадратов	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
7.	Двухпараметрическая линейная регрессия на основе метода градиентного спуска	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
8.	Многопараметрическая линейная регрессия	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
9.	Оптимизация целевой функции на основе нормального уравнения	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
10.	Кластеризация данных.	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
11.	Нейронные сети в рамках концепции «обучения с учителем»	ПК-2 ПК-5	ПК-2.1, ПК-2.2 ПК -5.1, ПК-5.2 ПК-5.3	Типовые задания к лабораторным занятиям, индивидуальные задания, опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				<i>Перечень вопросов</i>

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

### Пример промежуточного теста/опроса

#### Вариант 1

- Когда и в какой форме было сформулировано первое определение машинного обучения?
- Когда было дано и принято определение искусственного интеллекта?
  - 1949
  - 1952
  - 1956
  - 1965
- Какая из перечисленных задач является задачей с непрерывным выводом?
  - Многопараметрическая задача классификации
  - Однопараметрическая задача классификации с подкреплением
  - Задача регрессии
  - Задача логистической регрессии
- Запишите в общем виде целевую функцию, используемую в регрессионном анализе.
- Масштабирование переменных в методе градиентного спуска проводится для:
  - Адаптации алгоритма к конкретной задаче
  - Улучшения сходимости метода
  - Снижения количества арифметических операций
  - Изменения шага/скорости сходимости алгоритма
- Запишите нормальное уравнение.
- В чем преимущества и недостатки метода градиентного спуска в сравнении с методом поиска минимума целевой функции через решение нормального уравнения?
- Перечислите области приложения алгоритмов, созданных на принципах машинного обучения.
- Запишите функцию гипотезы, используемую в логистической регрессии. Постройте график.
- К чему приводит переобучение алгоритма линейной регрессии?
- Как регуляризация изменяет результат в рамках оптимизации методами линейной регрессии? (Выбрать правильные варианты)
  - Перераспределяет веса у целевых признаков
  - Меняет число входных параметров
  - Улучшает сходимость метода
  - Сглаживает эффект переобучения

#### Вариант 2

- Запишите определение машинного обучения, данное Томом Митчеллом в 1998 году.
- На примере игры в шашки укажите, что является приобретаемым опытом, классом задач и мерой качества?
- Что относится к успешному решению задачи обучения с учителем:
  - Достижение локального минимума целевой функции
  - Достижение глобального минимума целевой функции

- в) Достижение глобального максимума целевой функции
  - г) Достижение локального максимума целевой функции
4. Как выглядит алгоритм градиентного метода в случае двухпараметрической линейной регрессии?
  5. Перечислите приемы масштабирования переменных:
  6. Каким образом представляются данные в методах регрессионного анализа, используемых в машинном обучении?
  7. В чем преимущества и недостатки метода поиска минимума целевой функции через решение нормального уравнения в сравнении с методом градиентного спуска?
  8. Приведите пример кривой принятия решений (с графиком) в задаче классификации.
  9. Перечислите области приложения алгоритмов, созданных на принципах машинного обучения.
  10. Запишите целевую функцию, используемую в логистической регрессии в явной или векторной форме (укажите размерности матриц).
  11. К чему приводит недостаточное обучение алгоритма линейной регрессии?
  12. Как выполняется регуляризация в нормальном уравнении?

## 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью проверки посещаемости занятий и проверки преподавателем выполнения лабораторных работ.

## 20.2 Промежуточная аттестация

### Перечень вопросов к зачету:

1. Машинное обучение. Определение, этапы и направления развития.
2. Метод наименьших квадратов: постановка задачи, целевая функция, алгоритм.
3. Локальный и глобальный минимумы целевой функции. Выпуклые функции.
4. Градиентный метод поиска минимума целевой функции. Многопараметрическая линейная регрессия.
5. Нормальное уравнение.
6. Масштабирование переменных в градиентном методе.
7. Задача классификации на примере логистической регрессии. Сигмоида.
8. Целевая функция для логистической регрессии. Векторное представление.
9. Линия решений в задачах классификации.
10. Регуляризация линейной регрессии. Проблема переобучения.
11. Регуляризация логистической регрессии.
12. Работа нейрона.
13. Математические модели нейронов. Функции активации нейронов.
14. Персептрон.
15. Нейронные сети с самоорганизацией.
16. Алгоритм кластеризации на основе нейронной сети Коханана.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лабораторных занятий. Полный ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный базовый и пороговый уровни</i>	<i>зачтено</i>
<i>Систематические пропуски лабораторных занятий без уважительной причины. Неумение давать ответы на вопросы</i>	-	<i>не зачтено</i>