

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 12.04.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Радиоэлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕДИКО-
БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Отчет	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

Е.В. Шалимова


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жихарева Г.В.
	Идентификатор	Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c

Г.В. Жихарева

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

Е.В. Шалимова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение математических методов анализа и обработки медико-биологических данных, применяемых при создании биотехнических и медицинских систем.

Задачи дисциплины

- изучение основных понятий прикладной статистики, используемых для анализа медико-биологических данных;
- освоение методов статистической обработки медико-биологических данных;
- изучение методов классификации статистических данных;
- изучение основ применения искусственных нейронных сетей для задач обработки медико-биологических данных.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом исследований, разработки и проектирования биотехнических систем и технологий	ИД-2 _{ОПК-1} Формулирует задачи, направленные на проведение исследований, проектирование и использование в практической деятельности биотехнических систем и медицинских изделий, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора	знать: - основные методы анализа статистических данных. уметь: - формулировать задачи проверки статистических гипотез и определять пути их решения; - формулировать задачи первичной статистической обработки медико-биологической информации и привлекать для их решения соответствующий математический аппарат и стандартные пакеты прикладных программ.
ОПК-3 Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ИД-2 _{ОПК-3} Предлагает новые идеи и подходы к решению инженерных задач с использованием информационных систем и технологий	знать: - основные понятия и методы автоматической классификации. уметь: - использовать математические методы и стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач анализа биомедицинских данных.
ПК-2 Способность проектировать биотехнические системы	ИД-2 _{ПК-2} Разрабатывает компоненты биотехнических систем с использованием методов обработки сигналов, медикобиологических	знать: - современные нейросетевые методы и модели анализа медико-биологических данных. уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	данных и изображений	<ul style="list-style-type: none"> - использовать современные методы обработки данных и пакеты прикладных задач для решения практических задач классификации биомедицинских данных; - разрабатывать архитектуры нейронных сетей для решения задач классификации и анализа биомедицинских данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиозлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах (далее – ОПОП), направления подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных	50	1	6	-	16	-	-	-	-	-	28	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных и подготовка к контрольной работе"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], с. 6-93</p>
1.1	Описательная статистика	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Статистическая проверка гипотез	18		2	-	6	-	-	-	-	-	10	-	
1.3	Исследование зависимостей.	20		2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	
2	Методы снижения размерности и	58		10	-	16	-	-	-	-	-	32	-	

	классификации данных												снижения размерности и классификации данных"
2.1	Методы снижения размерности	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Методы снижения размерности и классификации данных и подготовка к контрольной работе
2.2	Дискриминантный анализ	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Методы снижения размерности и классификации данных" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
2.3	Кластерный анализ	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы снижения размерности и классификации данных"
2.4	Нейронные сети	34	4	-	10	-	-	-	-	-	20	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 383-416 [3], с. 4-103 [4], с. 7-73
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32		2		-	0.5		93.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных

1.1. Описательная статистика

Способы представления медико-биологической информации. Основные шкалы измерений. Элементарные понятия прикладной статистики. Эмпирические характеристики случайных величин.

1.2. Статистическая проверка гипотез

Основные понятия: статистическая гипотеза, статистический критерий, уровень значимости и доверительный уровень, критическая область и область принятия, ошибки первого и второго рода. Параметрические гипотезы. Проверка однородности выборок. t-критерий Стьюдента. Непараметрические гипотезы. Статистические критерии согласия. Критерий «хи-квадрат» Пирсона.

1.3. Исследование зависимостей.

Корреляционный анализ. Приемы корреляционного анализа: корреляционные поля и корреляционные таблицы; ковариация; коэффициент линейной корреляции Пирсона, средняя ошибка коэффициента корреляции. Ранговая корреляция по Спирмену. Дисперсионный анализ. Межгрупповая и внутригрупповая дисперсия. Регрессионный анализ. Парная регрессия на основе метода наименьших квадратов. Интерполяция каноническим полиномом, интерполяционный полином Лагранжа, интерполяционный полином Ньютона, интерполяция сплайнами.

2. Методы снижения размерности и классификации данных

2.1. Методы снижения размерности

Факторный анализ. Метод главных компонент. Многомерное шкалирование. Диаграмма Шепарда.

2.2. Дискриминантный анализ

Признаки и классы. Автоматическая классификация с учителем (дискриминантный анализ). Постановка задачи классификации, методы описания классов и их графического представления. Методы Байеса, логистической регрессии, градиентного спуска, опорных векторов, ближайших соседей, деревьев решений. Ансамбли моделей. Диагностическое (решающее) правило. Обучающая выборка, тестовая выборка. Кросс-валидация. Обобщение и переобучение. Ошибки классификации первого и второго рода. Точность, чувствительность и специфичность.

2.3. Кластерный анализ

Автоматическая классификация без учителя (кластерный анализ). Кластеризация и группировка. Постановка задачи кластеризации, методы описания кластеров и их графического представления. Расстояния между объектами. Расстояния между кластерами. Иерархические алгоритмы кластеризации. Метод К средних. Выбор метрики и гиперпараметров. Оценка эффективности кластеризации.

2.4. Нейронные сети

Математическая модель нейрона, функции активации. Сети с прямой передачей сигнала, персептрон, многослойный персептрон. Обучение многослойного персептрона. Применение

нейронных сетей (НС) для обработки медико-биологических данных.. Архитектура НС, функции активации, функции потерь, метрики, параметры обучения.. Одномерные, двумерные сверточные сети. Локальные рецептивные поля, разделяемые веса и смещения, пулинговые слои. Сверточные нейронные сети (СНС) для классификации медицинских данных. Архитектура СНС. Оптимизация гиперпараметров НС.. Классификация изображений с помощью сверточных нейронных сетей.. Препроцессинг (подготовка базы данных для обучения)..

3.3. Темы практических занятий

1. Гиперпараметры нейронных сетей. Оптимизация подбора параметров нейронных сетей.;
2. Методы снижения размерности;
3. Разработка полносвязной нейронной сети прямого распространения для решения задачи классификации биомедицинских данных. Архитектура НС, функции активации, функции потерь, метрики;
4. Применение сверточных нейронных сетей (СНС) для решения задач классификации биомедицинских изображений. Препроцессинг (подготовка базы данных для обучения).;
5. Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных.;
6. Первичная обработка статистических данных;
7. Статистическая проверка гипотез;
8. Исследование зависимостей. Корреляционный и регрессионный анализ;
9. Применение интерполяции для моделирования биомедицинских сигналов.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы снижения размерности и классификации данных"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	
Знать:				
основные методы анализа статистических данных	ИД-2ОПК-1	+		Контрольная работа/Контрольная работа «Основные методы прикладной статистики»
основные понятия и методы автоматической классификации	ИД-2ОПК-3		+	Контрольная работа/Контрольная работа «Методы снижения размерности и классификации»
современные нейросетевые методы и модели анализа медико-биологических данных	ИД-2ПК-2		+	Контрольная работа/Контрольная работа «Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных»
Уметь:				
формулировать задачи первичной статистической обработки медико-биологической информации и привлекать для их решения соответствующий математический аппарат и стандартные пакеты прикладных программ	ИД-2ОПК-1	+		Отчет/Защита практической работы «Первичная обработка статистических данных»
формулировать задачи проверки статистических гипотез и определять пути их решения	ИД-2ОПК-1	+		Отчет/Защита практических работ по прикладной статистике: «Статистическая проверка гипотез»
использовать математические методы и стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач анализа биомедицинских данных	ИД-2ОПК-3	+		Отчет/Защита практических работ по прикладной статистике: «Корреляционный и регрессионный анализ»
разрабатывать архитектуры нейронных сетей для решения задач классификации и анализа биомедицинских данных	ИД-2ПК-2		+	Отчет/Защита практических работ по нейронным сетям: «Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных» и «Гиперпараметры нейронных сетей. Оптимизация подбора

				параметров нейронных сетей»
использовать современные методы обработки данных и пакеты прикладных задач для решения практических задач классификации биомедицинских данных	ИД-2ПК-2		+	Отчет/Защита практических работ по нейронным сетям: «Разработка полносвязной нейронной сети прямого распространения для решения задачи классификации биомедицинских данных» и «Применение сверточных нейронных сетей (СНС) для решения задач классификации биомедицинских изображений»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа «Методы снижения размерности и классификации» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Основные методы прикладной статистики» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных» (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита практических работ по нейронным сетям: «Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных» и «Гиперпараметры нейронных сетей. Оптимизация подбора параметров нейронных сетей» (Отчет)
2. Защита практических работ по нейронным сетям: «Разработка полносвязной нейронной сети прямого распространения для решения задачи классификации биомедицинских данных» и «Применение сверточных нейронных сетей (СНС) для решения задач классификации биомедицинских изображений» (Отчет)
3. Защита практических работ по прикладной статистике: «Корреляционный и регрессионный анализ» (Отчет)
4. Защита практических работ по прикладной статистике: «Статистическая проверка гипотез» (Отчет)
5. Защита практической работы «Первичная обработка статистических данных» (Отчет)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход : учебное пособие для вузов по направлению 200400(653900) "Биомедицинская техника" по специальностям 200401 (190500) "Биотехнические и медицинские аппараты и системы", 200402 (190600) "Инженерное дело в медико-биологической практике" и направлению 200300 (553400) "Биомедицинская инженерия" : пер. с англ. / Р. М. Рангайян. – М. : Физматлит, 2010. – 440 с. – ISBN 978-5-9221-0730-3.;

2. Горицкий, Ю. А. Введение в математическую статистику : учебное пособие по курсу "Теория вероятностей и математическая статистика" по направлению "Прикладная математика" / Ю. А. Горицкий, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 112 с. – ISBN 978-5-7046-1609-2.

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8112>;

3. Ростовцев В. С.- "Искусственные нейронные сети", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (216 с.)

<https://e.lanbook.com/book/122180>;

4. А. П. Немирко, Л. А. Манило, А. Н. Калиниченко- "Математический анализ биомедицинских сигналов и данных", Издательство: "Физматлит", Москва, 2017 - (248 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485280>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Python;
6. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-802/2, Учебная лаборатория Радиоизмерений и медицинской электроники	стол, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной	Е-801/1, Учебная лаборатория радиолокационных и	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая,

аттестации	радионавигационных систем	мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, ноутбук
	Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-817, Преподавательская	стол, стул, шкаф, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска пробковая, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер
	Е-822, Архив	стеллаж для хранения книг, вешалка для одежды, холодильник, хозяйственный инвентарь

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы математической обработки медико-биологических данных

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита практической работы «Первичная обработка статистических данных» (Отчет)
- КМ-2 Защита практических работ по прикладной статистике: «Статистическая проверка гипотез» (Отчет)
- КМ-3 Защита практических работ по прикладной статистике: «Корреляционный и регрессионный анализ» (Отчет)
- КМ-4 Контрольная работа «Основные методы прикладной статистики» (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольная работа «Методы снижения размерности и классификации» (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита практических работ по нейронным сетям: «Разработка полносвязной нейронной сети прямого распространения для решения задачи классификации биомедицинских данных» и «Применение сверточных нейронных сетей (СНС) для решения задач классификации биомедицинских изображений» (Отчет)
- КМ-7 Контрольная работа «Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных» (Контрольная работа)
- КМ-8 Защита практических работ по нейронным сетям: «Применение нейронных сетей для решения задач классификации медико-биологических данных» и «Гиперпараметры нейронных сетей. Оптимизация подбора параметров нейронных сетей» (Отчет)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	2	4	6	8	10	12	14	15
1	Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных									
1.1	Описательная статистика		+			+				
1.2	Статистическая проверка гипотез			+		+				
1.3	Исследование зависимостей.				+	+				
2	Методы снижения размерности и классификации данных									
2.1	Методы снижения размерности						+			
2.2	Дискриминантный анализ						+			
2.3	Кластерный анализ						+			

2.4	Нейронные сети						+	+	+
	Вес КМ, %:	10	15	15	10	10	15	10	15