

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

Утверждено

решением президиума
ученого совета ННГУ
(протокол № 13 от 30 ноября 2022 г.)

Рабочая программа дисциплины

**Информационные системы
обработки многомерных данных**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
09.04.02 Информационные системы и технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы в научных исследованиях

Форма обучения
очная

Год начала подготовки

2023 год

Нижний Новгород

2023 год

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Фидельман В.Р.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Информационные системы обработки многомерных данных» (Б1.О.06) относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП.

Дисциплина преподается в 1 семестре.

Дисциплина направлена на формирование у студентов систематических знаний в области информационных систем обработки многомерных данных. К таким системам относятся широкий круг систем, предназначенных для получения, хранения, обработки и передачи изображений различной природы, многомерных полей и другой информации, характеризующейся несколькими независимыми переменными. Работа систем основана на использовании разнообразных методов работы с многомерными данными, таких как методы прямого преобразования изображений, многомерного спектрального анализа, методы обработки сигналов массивов датчиков, методы реконструкции многомерных данных, методы искусственного интеллекта.

Изучение дисциплины «Информационные системы обработки многомерных данных» предполагает знакомство с основами дисциплин:

- математический анализ;
- теория вероятностей и математическая статистика;
- информатика;
- информационные технологии;
- общая физика.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	ОПК-2.1. Знать: современные информационно коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач.	<i>Знать</i> методы обработки многомерных данных различной природы, физику формирования многомерных данных, особенности многомерных алгоритмов по сравнению с одномерными, методы и средства эффективной цифровой обработки, в том числе параллельной, методы сжатия и анализа многомерных данных.	<i>Экзамен:</i> <i>Собеседование</i>
	ОПК-2.2. Уметь: обосновывать выбор современных информационно-	<i>Уметь</i> применять современные методы цифровой обработки многомерных сигналов с использованием	<i>Практическое задание</i>

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
	коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач.	вычислительных средств высокой производительности, в том числе распределенных систем, моделировать системы обработки многомерных сигналов, оценивать их производительность.	
	ОПК-2.3. Иметь навыки: разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.	<i>Владеть</i> навыками разработки программных приложений для цифровых систем обработки многомерных данных, в том числе распределенных, навыками тестирования программных приложений, методами и алгоритмами нейросетевой обработки и анализа данных.	
	ОПК-7. Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений	ОПК-7.1. Знать: принципы построения математических моделей процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.	Экзамен: Собеседование
	ОПК-7.2. Уметь: разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных	Уметь синтезировать модели конкретных многомерных систем и процессов; оценивать результаты моделирования в соответствии с выбранными критериями.	

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
	систем и систем поддержки принятия решений.		
	ОПК-7.3. Иметь навыки: построения математически моделей для реализации успешного функционирования распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений.	<i>Владеть</i> навыками разработки программных приложений для систем обработки многомерных сигналов, их сжатия и анализа, в том числе для многомерных сигналов, передаваемых с помощью полей.	
ОПК-ОС-9. Способен разрабатывать и применять алгоритмы цифровой обработки данных различной природы в различных сферах	ОПК-ОС-9.1. Знать основные алгоритмы и численные методы обработки многомерных данных	<i>Знать</i> основные алгоритмы цифровой обработки изображений различной природы для решения задач сжатия данных, анализа во временной и частотной областях, распознавания.	<i>Экзамен:</i> <i>Собеседование</i>
	ОПК-ОС-9.2. Уметь применять методы цифровой обработки многомерных данных в задачах моделирования физических процессов и обработки изображений	<i>Уметь</i> применять наиболее эффективные методы обработки многомерных данных, разрабатывать программные приложения для реализации различных методов обработки, оценивать результаты обработки с использованием выбранных критериев.	<i>Практическое задание</i>
	ОПК-ОС-9.3. Владеть навыками проведения исследований статистических характеристик алгоритмов обработки многомерных данных.	<i>Владеть</i> навыками разработки алгоритмов цифровой обработки многомерных данных при решении задач анализа, сжатия и распознавания; навыками создания программных приложений обработки многомерных данных.	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Очная форма обучения	
Общая трудоемкость	9 ЗЕТ
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	66
- занятия лекционного типа, ч	32
- практические занятия, ч	32
- лабораторных, ч	
самостоятельная работа, ч	195
контроль	63
Промежуточная аттестация – экзамен	2

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	
Введение в дисциплину	32	4		4	24
Многомерные сигналы и системы	32	4		4	24
Многомерные фильтры	32	4		4	24
Многомерные унитарные преобразования	32	4		4	24
Методы реконструкции многомерных данных	32	4		4	24
Методы обработки данных антенных решеток	32	4		4	24
Методы распознавания образов	33	4		4	25
Нейронные сети	34	4		4	26
Промежуточная аттестация - экзамен					

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение в дисциплину.
 1. Виды многомерных сигналов и систем.
 2. Специфика задач обработки многомерных данных.
 3. Примеры информационных систем обработки многомерных данных.
2. Многомерные сигналы и системы.
 1. Дискретизация многомерных сигналов.
 2. Линейные многомерные системы.
 3. Характеристики линейных систем.
3. Многомерные фильтры.
 1. Фильтрация в пространственной и частотной областях.
 2. Многомерная свертка и ее свойства.
 3. Фильтры с конечной импульсной характеристикой.
 4. Оптимальные фильтры.
 5. Фильтры с бесконечной импульсной характеристикой.
4. Многомерные унитарные преобразования.
 1. Основные свойства.
 2. Преобразование Фурье.
 3. Преобразования Адамара и Хаара.
 4. Преобразование Карунена-Лоэва.
 5. Методы вычисления унитарных преобразований.
5. Методы реконструкции многомерных данных.
 1. Реконструкция многомерных данных как обратная задача.
 2. Типы задач реконструкции.
 3. Классические методы решения многомерных обратных задач.
 4. Нелинейные методы решения обратных задач.
 5. Стохастические методы решения задач реконструкции.
6. Методы обработки данных антенных решеток.
 1. Принципы обработки данных в решетках.
 2. Формирование диаграммы направленности.
 3. Обработка данных в решетках и спектральное оценивание.
 4. Методы оценки спектров многомерных данных.
 5. Нелинейные методы, обеспечивающие «сверхразрешение».
7. Методы распознавания образов.
 1. Основные задачи распознавания образов.
 2. Распознавание на основе методов теории решений.
 3. Структурные методы распознавания.
 4. Последовательные методы распознавания.
 5. Статистические методы распознавания.
8. Нейронные сети.
 1. Принципы функционирования и типы нейронных сетей.
 2. Алгоритмы обучения нейронных сетей.
 3. Многослойные нейронные сети без обратной связи.
 4. Применение нейронных сетей для обработки речи.
 5. Применение нейронных сетей для обработки изображений.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий по выполнению компьютерных лабораторных работ в терминал классе.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме - экзамен.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает в себя:

- активное изучение учебных и учебно-методических пособий, лекционного материала по соответствующим разделам дисциплины, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов;
- формирование представлений о схеме и этапах работы алгоритмов обработки многомерных данных;
- программная реализация алгоритмов обработки многомерных данных;
- тестирование и отладка разрабатываемых программных приложений;
- использование профессиональных прикладных программ моделирования физических процессов и методов обработки данных.

Студенты на основе лекционного материала разрабатывают, тестируют и отлаживают программные реализации современных методов и алгоритмов обработки многомерных данных. Проблемы, возникающие в процессе разработки программного приложения, обсуждаются с преподавателем на лабораторных занятиях, что обеспечивает текущий контроль самостоятельной работы студентов. Заключительным этапом выполнения задания является демонстрации разработанного программного приложения и обсуждение зависимости результатов работы приложения от параметров алгоритма.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных	При решении стандартных	Продemonстрированы	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все	Продemonстрированы все

	х умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

Оценка		Уровень подготовки
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы для собеседования при промежуточной аттестации

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1.	Линейные многомерные системы. Основные характеристики линейных систем. ЛИС-системы.	ОПК-2
2.	Характеристики многомерных сигналов в частотной области. Многомерное преобразование Фурье.	ОПК-2
3.	Дискретизация многомерных данных. Дискретное многомерное преобразование Фурье. Дискретизация при произвольном растре.	ОПК-2
4.	Двумерные унитарные преобразования.	ОПК-2
5.	Многомерное Z-преобразование. Передаточные функции систем, описываемых разностными уравнениями.	ОПК-2
6.	Обработка сигналов, передаваемых с помощью волновых полей. Фильтрация в пространстве волновое число – частота.	ОПК-7
7.	Формирование луча решеткой сенсоров. Диаграмма направленности. Влияние весовой функции приемников.	ОПК-7
8.	Формирование луча антенной решеткой методом фильтрации и суммирования.	ОПК-7
9.	Формирование луча антенной решеткой в частотном пространстве.	ОПК-7
10.	Двумерные случайные процессы. Классическое многомерное спектральное оценивание.	ОПК-7
11.	Пространственные методы улучшения изображения. Работа с гистограммами.	ОПК-ОС-9
12.	Пространственная фильтрация.	ОПК-ОС-9
13.	Сегментация изображений.	ОПК-ОС-9

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
14.	Распознавание образов. Методы распознавания на основе теории принятия решений.	ОПК-ОС-9
15.	Структурные методы распознавания образов.	ОПК-ОС-9

5.2.3. Типовые практические задания для оценки сформированности компетенций при текущем контроле успеваемости

№	Темы практических заданий (компьютерных лабораторных работ)	Код формируемой компетенции
1	Моделирование многомерных сигналов (изображений) на ЭВМ. Методы зашумления сигналов. Синтез датчика случайных чисел с заданным распределением вероятности. Фильтрация экспериментальных данных (модельных и реальных изображений). Фильтрация в прямом пространстве.	ОПК-ОС-9
2	Двумерное дискретное преобразование Фурье. Применение алгоритма быстрого преобразования Фурье. Фурье-фильтрация. Использование различных спектральных окон при фильтрации модельных и реальных изображений. Выбор оптимального двумерного фильтра в обратном пространстве. Расчет соответствующего ему фильтра в прямом пространстве. Сравнение результатов применения фильтров.	ОПК-2
3	Оконтуривание изображений. Улучшение визуального качества изображения путем подчеркивания границ. Гистограммное преобразование яркости. Сравнительный анализ эффективности применения линейной и медианной фильтрации (3-4 вида окон с возможностью изменения размера).	ОПК-ОС-9
4	Методы решения некорректных задач. Восстановление сигнала из свертки (модель + реальное расфокусированное изображение).	ОПК-7
5	Моделирование диаграмм направленности одномерных и двумерных антенных решеток.	ОПК-7
6	Сжатие – восстановление изображения (архивация) методом «шаблонов». Сжатие – восстановление изображения (архивация) методом, аналогичным JPEG	ОПК-ОС-9

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / Оппенгейм А., Шафер Р. - Издание 3-е, исправленное. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363295.html>.
2. Цифровая обработка изображений [Электронный ресурс] / Гонсалес Р., Вудс Р. - Издание 3-е, исправленное и дополненное. - М. : Техносфера, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363318.html>.
3. 3. Методы компьютерной обработки изображений [Электронный ресурс] / Под ред. В.А. Сойфера. - 2-е изд., испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102702.html>.
4. 4. Обработка аэрокосмических изображений [Электронный ресурс] / Злобин В. К., Еремеев В. В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922107399.html>.
5. 5. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях [Электронный ресурс] / В. Ф. Кравченко - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108713.html>.

б) дополнительная литература:

1. В.Т.Ермолаев, А.Г. Флакман. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах связи. Н.Новгород,: издательство Нижегородского университета, 2011. 10 экз. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=475896>
2. К.Фу. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин. М.: Наука, 1971. 3 экз. <http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=346794>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: современные персональные компьютеры, оснащенные средствами создания компьютерных программ на языке С++, лицензионными текстовыми редакторами и программы презентационной графики, мультимедийный компьютер.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии».

Автор (ы):

Заведующий кафедрой ИТФИ
д.т.н., профессор

Фидельман В.Р

Рецензент

д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.
статистической радиофизики и
мобильных систем связи РФФ

Мальцев А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета