

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 4 от 26.04.2024 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 технологии в системах космической связи и дистанционного зондирования Земли

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.06 Информационные системы обработки многомерных данных относится к обязательной части образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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 ОПК-2.2: Уметь: обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные программные средства для решения профессиональных задач ОПК-2.3: Иметь навыки: разработки оригинальных программных средств, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач	ОПК-2.1: Знать 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.  ОПК-2.2: Уметь применять современные методы цифровой обработки многомерных сигналов с использованием вычислительных средств высокой производительности, в том числе распределенных систем, моделировать системы обработки многомерных сигналов, оценивать их производительность.  ОПК-2.3: Владеть навыками разработки программных приложений для цифровых систем обработки многомерных данных, в том	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

		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 ОПК-7.2: Уметь: разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных 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	ОПК-7.1: Знать основы моделирования многомерных систем и процессов с использованием моделей различных типов, методы синтеза и верификации моделей; критерии эффективности (качества) моделей.  ОПК-7.2: Уметь синтезировать модели конкретных многомерных систем и процессов; оценивать результаты моделирования в соответствии с выбранными критериями.  ОПК-7.3: Владеть навыками разработки программных приложений для систем обработки многомерных сигналов, их сжатия и анализа, в том числе для многомерных сигналов, передаваемых с помощью полей.	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы
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 ОПК ОС-9.2: Уметь применять методы цифровой обработки многомерных данных в задачах моделирования физических процессов и обработки изображений ОПК ОС-9.3: Владеть навыками проведения исследований	ОПК ОС-9.1: Знать основные алгоритмы цифровой обработки изображений различной природы для решения задач сжатия данных, анализа во временной и частотной областях, распознавания.  ОПК ОС-9.2: Уметь применять наиболее эффективные методы обработки многомерных данных, разрабатывать программные приложения для	Практическое задание	Экзамен: Контрольные вопросы

	статистических характеристик алгоритмов обработки многомерных данных	реализации различных методов обработки, оценивать результаты обработки с использованием выбранных критериев.  ОПК ОС-9.3: Владеть 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

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>7</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>252</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>141</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>45</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные работы), часы	Всего	
		о о	о о	о о	о о

1. Введение в дисциплину	22	2	4	6	16
2. Многомерные сигналы и системы	20	4		4	16
3. Многомерные фильтры	20	4		4	16
4. Многомерные унитарные преобразования	25	4	4	8	17
5. Методы реконструкции многомерных данных	28	4	4	8	20
6. Методы обработки данных антенных решеток	28	4	4	8	20
7. Методы распознавания образов	32	4	12	16	16
8. Нейронные сети	28	4	4	8	20
9. Основы дистанционного зондирования Земли	2	2		2	
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	252	32	32	66	141

### Содержание разделов и тем 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.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 32 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Не используются

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-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.

##### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:**

1. Методы решения некорректных задач. Восстановление сигнала из свертки (модель + реальное расфокусированное изображение).
2. Моделирование диаграмм направленности одномерных и двумерных антенных решеток.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ОПК ОС-9:

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.
2. 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).
3. Сжатие – восстановление изображения (архивация) методом «шаблонов». Сжатие – восстановление изображения (архивация) методом, аналогичным JPEG

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все практические задания, даны полные ответы на дополнительные вопросы по реализации
не зачтено	Выполнены не все практические задания или не даны ответы на дополнительные вопросы по реализации

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	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»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»



### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Линейные многомерные системы. Основные характеристики линейных систем. ЛИС-системы.
2. Характеристики многомерных сигналов в частотной области. Многомерное преобразование Фурье.
3. Дискретизация многомерных данных. Дискретное многомерное преобразование Фурье. Дискретизация при произвольном растре.
4. Двумерные унитарные преобразования.
5. Многомерное Z-преобразование. Передаточные функции систем, описываемых разностными уравнениями.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Обработка сигналов, передаваемых с помощью волновых полей. Фильтрация в пространстве волновое число – частота.
2. Формирование луча решеткой сенсоров. Диаграмма направленности. Влияние весовой функции приемников.
3. Формирование луча антенной решеткой методом фильтрации и суммирования.
4. Формирование луча антенной решеткой в частотном пространстве.
5. Двумерные случайные процессы. Классическое многомерное спектральное оценивание.

#### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК ОС-9

1. Пространственные методы улучшения изображения. Работа с гистограммами.
2. Пространственная фильтрация.
3. Сегментация изображений.
4. Распознавание образов. Методы распознавания на основе теории принятия решений.
5. Структурные методы распознавания образов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Обучаемый ответил на вопросы билета в полном объеме, ответил на дополнительный вопрос повышенной трудности.
отлично	Обучаемый ответил на вопросы билета в полном объеме, ответил на дополнительный вопрос.
очень хорошо	Обучаемый ответил на вопросы билета в полном объеме, но не ответил на дополнительный вопрос.
хорошо	Обучаемый ответил на вопросы билета с достаточной полнотой, продемонстрировал способность обоснования ответов с помощью преподавателя.

Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Обучаемый изложил, но недостаточно обосновал ответы на основные положения вопросов билета.
неудовлетворительно	Обучаемый не смог внятно изложить основные положения вопросов билета.
плохо	Обучаемый не ответил на вопросы билета

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Цифровая обработка изображений / Гонсалес Р., Вудс Р. - Москва : Техносфера, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645399&idb=0>.
2. Методы компьютерной обработки изображений / Гашников М.В., Глумов Н.И., Ильясова Н.Ю., Мясников В.В., Попов С.Б., Сергеев В.В., Сойфер В.А., Храмов А.Г., Чернов А.В., Чернов В.М., Чичева М.А., Фурсов В.А. - Москва : Физматлит, 2003., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645539&idb=0>.
3. Цифровая обработка сигналов / Оппенгейм А., Шафер Р. - Москва : Техносфера, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645438&idb=0>.
4. Обработка аэрокосмических изображений / Злобин В.К., Еремеев В.В. - Москва : Физматлит, 2006., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645848&idb=0>.
5. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях / Басараб М.А., Волосюк В.К., Горячкин О.В., Зеленский А.А., Кравченко В.Ф., Ксендзук А.В., Кутуза Б.Г., Лукин В.В., Тоцкий А.В., Яковлев В.П. - Москва : Физматлит, 2007., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=634851&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Кудрявцев В. Б. Распознавание образов : учебное пособие / В. Б. Кудрявцев, Э. Э. Гасанов, А. С. Подколзин. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2023. - 107 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-15338-5. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=842538&idb=0>.
2. Ермолаев Виктор Тимофеевич. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах связи : монография / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2011. - 368 с. - ISBN 978-5-91326-143-4 : 187.95., 68 экз.
3. Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин / пер. с англ. Э. Ф. Зайцева ; под ред. Л. А. Мееровича и Я. З. Цыпкина. - М. : Наука, 1971. - 255 с. : граф. - 1.20., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Среда разработки для приложений на языке C++

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: в том числе,

–высокотехнологичным оборудованием: станция приема и управления спутниками "Завиток-М"; радиочастотное оборудование, включая усилители, генераторы сигналов, источники тока, технологическое оборудования, включая термостол, паяльные станции, настольные лупы и стереоскопический микроскоп; средства измерения, включая детекторы, осциллографы, мультиметры;

–вычислительными ресурсами: современными компьютерами и 3 мобильными рабочими местами на базе современных ПК;

–специализированным прикладным программным обеспечением: программное обеспечение ТМПО-Pro ViLab обработки данных, используется для обработки данных измерений, параметров антенн, генерации и анализа графиков;

–офисным и мультимедийным оборудованием, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Перечисленное оборудование входит в состав Учебно-лабораторного интерактивного комплекса систем космической связи для проведения занятий для студентов при обучении созданию автоматизированных измерительных систем на основе интерактивного управления программируемыми средствами измерения, систем обработки сигналов, проектированию оборудования космических систем связи, измерениям параметров радиотехнических систем, а также для проведения практических занятий, предусмотренных программой.

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 ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.04.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 15.04.2024, протокол № б/н.