

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 № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Визуализация изображений в медицине

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Медицинская физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.1.15 Визуализация изображений в медицине относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-3: Способен проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ИД ПК-3: Демонстрация способности проводить научные исследования с помощью современной приборной базы, сложного физического оборудования и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ИД ПК-3: Знать принципы, основные методы и алгоритмы анализа и восстановления изображений из проекционных данных. Уметь выбирать метод решения конкретной томографической задачи и применять различные методы регуляризации возникающих некорректных задач. Владеть навыками программирования алгоритмов обработки изображений.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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	
	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф
Введение в дисциплину.	9	4		4	5
Преобразование Радона. Проекционная теорема.	9	4		4	5
Интегральные методы восстановления изображения.	17	4	8	12	5
Алгебраические методы восстановления изображения.	17	4	8	12	5
Текстурный анализ. Основные характеристики текстур.	13	4	4	8	5
Классификация и сегментация текстур.	14	4	4	8	6
Выделение и описание особых точек на изображении.	14	4	4	8	6
Оценивание движения на видеоизображении.	14	4	4	8	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в компьютерную томографию.
1. Общие сведения.
2. Классификация томографических задач.
3. Физические основы методов томографии.
4. Трансмиссионная реконструктивная томография.
5. Эмиссионная реконструктивная томография.
6. Акустическая томография.
2. Преобразование Радона. Проекционная теорема.
1. Постановка томографической задачи.
2. Преобразование Радона.
3. Свойства преобразования Радона.
4. Обобщенная проекционная теорема.
5. Проекционная теорема для преобразования Фурье.
6. Обратное проецирование.
7. Свойства обратного проецирования
3. Интегральные методы восстановления изображения.
1. Метод Фурье.
2. Метод свертки и обратного проецирования.

3. Метод ρ - фильтрации слоеграмм.
4. Алгебраические методы восстановления изображения.
 1. Построение систем линейных уравнений по проекционным данным.
 2. Регуляризация решения систем линейных уравнений методом Качмажа.
 3. Регуляризация решения систем линейных уравнений методом сингулярного разложения.
 4. Итерационная схема регуляризации по принципу максимума энтропии (МЭ)
5. Томографический метод Монте-Карло.
5. Текстурный анализ изображений.
 1. Текстуры описатели на основе локального двоичного разбиения.
 2. Текстуры описатели на основе градиента.
 3. Текстуры описатели на основе матрицы смежности.
 4. Текстуры описатели на основе фильтров Габора.
6. Классификация и сегментация текстур.
 1. Линейный метод опорных векторов.
 2. Проблема линейной неразделимости.
 3. Нелинейный метод опорных векторов.
4. Метод k -средних.
7. Характерные точки изображения.
 1. Пространство масштабов.
 2. Критерии характерных точек.
 3. Описатели характерных точек.
 4. Современные алгоритмы нахождения и описания характерных точек.
 5. Сопоставление и фильтрация характерных точек.
8. Оценивание движения объектов.
 1. Блочные методы оценки движения объектов.
 2. Оптический поток.
 3. Проблема апертуры.
 4. Метод Лукаса-Канаде.
 5. Пирамидальный метод Лукаса-Канаде.
 6. Метод Фарнебака.

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.

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений. [Электронный ресурс] – Москва : Техносфера, 2012. – 1104 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/73514>.
2. Терещенко С.А. Методы вычислительной томографии. [Электронный ресурс] – Москва : Физматлит, 2004. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59381>.
3. Неронов Ю.И. Магнитный резонанс в томографии и в спектральных исследованиях тканей живого организма. [Электронный ресурс] – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2007. – 104 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/43433>.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Найти преобразование Радона для двумерного диска с распределением плотности

$$f(x, y) = \begin{cases} \rho_0, & x^2 + y^2 < R^2 \\ 0, & x^2 + y^2 > R^2 \end{cases}$$

2. Найти результат обратного проецирования, если преобразование Радона от распределения плотности равно $\hat{f}(\rho, \theta) = \rho$.

3. Применить метод Качмажа с начальным приближением $x = (0, 0, 0, 0)$ следующей системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 1 \\ x_3 + x_4 = 5 \\ x_1 + x_3 = 2 \\ x_2 + x_4 = 4 \end{cases}$$

4. Вычислить локальное двоичное разбиение и градиент на основе масок Собеля для центрального пикселя на изображении размером 3x3, если яркости пикселей составляют матрицу:

$$I = \begin{bmatrix} 0 & 12 & 30 \\ 18 & 42 & 90 \\ 24 & 56 & 82 \end{bmatrix}$$

5. Вычислить гистограмму направленных градиентов с четырьмя столбцами и диапазоном углов от 0 до 360 градусов для двумерных векторов градиента со значениями (1, 0), (0, 1), (-1, 0), (0, -1), (1, 1), (-1, 1), (-1, -1), (1, -1).

6. Вычислить положения трех кластеров на следующей итерации метода k-средних, если кластеризация производится для набора точек с координатами (3, 1), (9, 1), (9, 7), (7, 9), (2, 7), а текущие положения кластеров - (5, 2), (2, 8), (8, 8).

7. Проверить наличие проблемы апертурности для области изображения размером 2x2, значения двумерных векторов градиента в которой (1, -1), (-1, 1), (-1, 1), (1, -1).

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	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 ПК-3

1. Основная задача томографии.
2. Физические принципы формирования проекционных данных, заложенные в рентгеновской, ультразвуковой и ЯМР томографии.
3. Преобразование Радона для прямолинейной томографии.
4. Обобщенная проекционная теорема. Проекционная теорема для преобразования Фурье.
5. Восстановление изображения из проекционных данных методом Фурье.
6. Восстановление изображения из проекционных данных методом свертки и обратного проецирования.
7. Основные принципы алгебраических методов восстановления изображения.
8. Восстановление изображения из проекционных данных методом Качмажа.
9. Восстановление изображения из проекционных данных на основе сингулярного разложения.
10. Текстурный анализ изображений. Основные характеристики текстур. Локальное двоичное разбиение, гистограммы направленных градиентов, матрица смежности, фильтры Габора.
11. Метод опорных векторов для классификации текстур.
12. Метод k-средних для сегментации текстур.
13. Определение характерных точек на изображении. Пространство масштабов. Критерии особых точек. Описатели особых точек. Современные алгоритмы определения и описания характерных точек на изображении. Сопоставление и фильтрация характерных точек.
14. Оценивание движения объектов на видеоизображении. Блоковые методы. Методы оценки оптического потока. Проблема апертуры. Пирамидальный метод Лукаса-Канаде. Метод Фарнебака.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	успешное выполнение практических заданий, выданных преподавателем, владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить точки активного роста нового знания.
не зачтено	невыполнение практических заданий, выданных преподавателем, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации.

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

Основная литература:

1. Симонов Е. Н. Томографические измерительные информационные системы: рентгеновская компьютерная томография : учебное пособие / Симонов Е. Н. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. - 440 с. - Рекомендовано УМО «Ядерные физика и технологии» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции НИЯУ МИФИ - Медицина. - ISBN 978-5-7262-1520-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=716365&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Левин Геннадий Генрихович. Оптическая томография. - М. : Радио и связь, 1989. - 224 с. - 3.20., 1 экз.
 2. Хелгасон Сигурдур. Преобразование Радона / пер. с англ. А. Г. Сергеева ; под ред. Б. И. Завьялова ; с предисл. В. С. Владимирова. - М. : Мир, 1983. - 150 с. - 1.10., 2 экз.

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

<http://e.lanbook.com/book/73514>.
<https://e.lanbook.com/book/59381>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Конаков Антон Алексеевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.11.2024, протокол № б/н.