

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Математического и прикладного анализа
А.И. Шашкин
подпись, расшифровка подписи
23.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.06 Математические основы компьютерной томографии
Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

01.04.02 Прикладная математика и информатика

2. Профиль подготовки/специализация: Математические основы и программирование компьютерной графики

3. Квалификация (степень) выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *Математического и прикладного анализа*

6. Составители программы: Ляхов Лев Николаевич, Доктор физико-математических наук, профессор

7. Рекомендована: НМС факультета 22.03.2024 протокол №5
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2024-2025

Семестр(ы): 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Дисциплина «Математические основы компьютерной томографии» имеет своей целью изучение перспективных методов неразрушающего исследования внутренней структуры объектов различной природы, основанных на принципах компьютерной томографии.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи дисциплины:

1. изучить преобразования Абеля, Радона, лучевое преобразование, их свойства и некоторые формулы их обращения;

2. усвоить основные принципы практического применения томографии;
3. получить общее представление о математическом аппарате современной томографии;
4. изучить классические задачи томографии и алгоритмы их решения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Дисциплина «Математические основы компьютерной томографии» включена в вариативную часть обязательной части профессионального цикла.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-2;	способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	<p>знать: нужные математические аспекты необходимые для оптимального выбора алгоритма исследования прикладных моделей томографии.</p> <p>уметь: пользоваться выбранным пакетом прикладных программ для решения задач компьютерной томографии.</p> <p>владеть:</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 2/72.

Форма промежуточной аттестации *Дифференцированный зачет.*

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		7 семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия		36		
в том числе:	лекции	24		
	практические	12		
	лабораторные	-		
Самостоятельная работа		36		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – ___ час.)				
Итого:		72		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Общие принципы томографии. Краткий обзор областей приложения.	Объяснение основных принципов томографии на примере рентгеновской томографии. Уравнение томографии. Различные схемы сбора проекционных данных. Двумерные и трёхмерные задачи, возможные обобщения на задачи более высокой размерности. Медицинская томография (включая SPECT, PET и ЯМР). Приложения в промышленности, импедансная

		томография. Томография в научных исследованиях.
1.2	Интегральные преобразования (Абе́ля, Радо́на, лучево́е), их свойства	Преобразование Абе́ля, вывод формулы его обращения. Преобразование Радо́на и лучево́е преобразование для n-мерного случая. Простейшие свойства этих интегральных преобразований. Связь с преобразованием Фу́рье, теорема о центральном слое. Формулы обращения для n-мерного случая (без вывода). Вывод формулы обращения двумерного преобразования Радо́на.
1.3	Элементы теории некорректно поставленных задач.	Определение корректно поставленной задачи по Адамару. Примеры некорректно поставленных задач. Некорректность задач томографии, её следствия. Понятие регуляризующего алгоритма. Примеры регуляризации задач томографии.
1.4	Алгоритмы двумерной томографии	Переход от формулы обращения двумерного преобразования Радо́на к алгоритму фильтрации и обратного проецирования. Реализация процедуры обратного проецирования. Фильтрация проекций как регуляризующий алгоритм для сингулярного преобразования Гильберта. Теорема о свёртке, фильтрация проекций в пространственной и частотной областях. Примеры фильтров часто используемых в томографии, изучение их свойств. Алгоритм Фу́рье-синтеза.
2. Практические занятия		
2.1	Общие принципы томографии. Краткий обзор областей приложения.	Объяснение основных принципов томографии на примере рентгеновской томографии. Уравнение томографии. Различные схемы сбора проекционных данных. Двумерные и трёхмерные задачи, возможные обобщения на задачи более высокой размерности. Медицинская томография (включая SPECT, PET и ЯМР). Приложения в промышленности, импедансная томография. Томография в научных исследованиях.
2.2	Интегральные преобразования (Абе́ля, Радо́на, лучево́е), их свойства	Преобразование Абе́ля, вывод формулы его обращения. Преобразование Радо́на и лучево́е преобразование для n-мерного случая. Простейшие свойства этих интегральных преобразований. Связь с преобразованием Фу́рье, теорема о центральном слое. Формулы обращения для n-мерного случая (без вывода). Вывод формулы обращения двумерного преобразования Радо́на.
2.3	Элементы теории некорректно поставленных задач.	Определение корректно поставленной задачи по Адамару. Примеры некорректно поставленных задач. Некорректность задач томографии, её следствия. Понятие регуляризующего алгоритма. Примеры регуляризации задач томографии.
2.4	Алгоритмы двумерной томографии	Переход от формулы обращения двумерного преобразования Радо́на к алгоритму фильтрации и обратного проецирования. Реализация процедуры обратного проецирования. Фильтрация проекций как регуляризующий алгоритм для сингулярного преобразования Гильберта. Теорема о свёртке, фильтрация проекций в пространственной и частотной областях. Примеры фильтров часто используемых в томографии, изучение их свойств. Алгоритм Фу́рье-синтеза.
3. Лабораторные работы		
3.1	Общие принципы	Объяснение основных принципов томографии на

	томографии. Краткий обзор областей приложения.	примере рентгеновской томографии. Уравнение томографии. Различные схемы сбора проекционных данных. Двумерные и трёхмерные задачи, возможные обобщения на задачи более высокой размерности. Медицинская томография (включая SPECT, PET и ЯМР). Приложения в промышленности, импедансная томография. Томография в научных исследованиях.
3.2	Интегральные преобразования (Абея, Радона, лучевое), их свойства	Преобразование Абея, вывод формулы его обращения. Преобразование Радона и лучевое преобразование для n-мерного случая. Простейшие свойства этих интегральных преобразований. Связь с преобразованием Фурье, теорема о центральном слое. Формулы обращения для n-мерного случая (без вывода). Вывод формулы обращения двумерного преобразования Радона.
3.3	Элементы теории некорректно поставленных задач.	Определение корректно поставленной задачи по Адамару. Примеры некорректно поставленных задач. Некорректность задач томографии, её следствия. Понятие регуляризующего алгоритма. Примеры регуляризации задач томографии.
3.4	Алгоритмы двумерной томографии	Переход от формулы обращения двумерного преобразования Радона к алгоритму фильтрации и обратного проецирования. Реализация процедуры обратного проецирования. Фильтрация проекций как регуляризующий алгоритм для сингулярного преобразования Гильберта. Теорема о свёртке, фильтрация проекций в пространственной и частотной областях. Примеры фильтров часто используемых в томографии, изучение их свойств. Алгоритм Фурье-синтеза.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практически	Лабораторны	Самостоятельна	Всего
		и	е	е	я работа	
1	Общие принципы томографии. Краткий обзор областей приложения.	4	4		8	16
2	Интегральные преобразования (Абея, Радона, лучевое), их свойства	4	4		10	18
3	Элементы теории некорректно поставленных задач.	4	4		8	16
4	Алгоритмы двумерной томографии	4	4		10	18
	Итого:	24	12		36	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа над математическим текстом должна побуждать к самостоятельному продумыванию материала, вызывать посильное участие студента в получении результатов. Для

самостоятельной работы рекомендуется выполнение упражнений и задач, что весьма полезно для активного усвоения методов анализа математических моделей. Именно процесс активного продумывания материала при попытках решения задач помогает выработать правильные интуитивные представления о глубоких и абстрактных понятиях математики, для понимания которых недостаточно обычных нематематических представлений, вырабатываемых при традиционном изучении дисциплин, связанных с моделированием в отраслевых науках.

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем ежедневной планомерной работы.

Общие рекомендации. Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Работа с конспектом лекций. Рекомендуется просматривать конспект сразу после занятий, отметить материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Нужно попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендованную литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, то рекомендуется сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю за консультацией.

Необходимо регулярно отводить время для повторения теоретического и практического материала, проверяя свои знания, умения и навыки.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гельфанд И. М., Гиндикин С. Г., Граев М. И. Избранные задачи интегральной геометрии. М.: Добросвет. 2000. 206 с.
2	Ляхов Л. Н. Преобразование Радона на плоскости // Л. Н. Ляхов, И. П. Половинкин, О. И. Попова, Э. Л. Шишкина. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011. . – 82 с.
3	Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии// Наттерер Ф. – М.: Мир, 1990. – 279 с.
4	Тихонов А.Н., Арсенин В.Я., Тимонов А.А. Математические задачи компьютерной томографии. М: Наука, 1987.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Мешков В. З. Преобразование Радона // В. З. Мешков, А. Т. Астахов. – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2005. – 14 с.
6	Терещенко С. А. Методы вычислительной томографии // С. А. Терещенко. – М.: Физматлит, 2004. – 318 с.

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

№ п/п	Источник
7	http://www.vsu.ru

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

№ п/п	Источник
1	Гельфанд И. М., Гиндикин С. Г., Граев М. И. Избранные задачи интегральной геометрии. М.: Добросвет. 2000. 206 с.
2	Ляхов Л. Н. Преобразование Радона на плоскости // Л. Н. Ляхов, И. П. Половинкин, О. И. Попова, Э. Л. Шишкина. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2011. . – 82 с.
3	Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии// Наттерер Ф. –

	М.: Мир, 1990. – 279 с.
4	Тихонов А.Н., Арсенин В.Я., Тимонов А.А. Математические задачи компьютерной томографии. М: Наука, 1987.
5	Мешков В. З. Преобразование Радона // В. З. Мешков, А. Т. Астахов. – Воронеж: ЛОП ВГУ, 2005. – 14 с.
6	Терещенко С. А. Методы вычислительной томографии // С. А. Терещенко. – М.: Физматлит, 2004. – 318 с.
7	http://www.vsu.ru

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:
проектор, документ-камера

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-2; Способен использовать современные методы разработки и алгоритмы исследования прикладных моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ	Знать: Различные схемы сбора проекционных данных.	Уравнение томографии. Различные схемы сбора проекционных данных. Двумерные и трёхмерные задачи, возможные обобщения на задачи более высокой размерности.	Практические задания Домашние работы
	Уметь: определять корректно поставленные задачи по Адамару.	Определение корректно поставленной задачи по Адамару. Примеры некорректно поставленных задач. Некорректность задач томографии, её следствия. Понятие регуляризующего алгоритма. Примеры регуляризации задач томографии	Практические задания Домашние работы
Промежуточная аттестация			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом биоинформатики, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения задач в области биоинформатики. Правильные ответы на вопросы билета, правильно решенная задача, правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Содержатся отдельные пробелы в теоретических знаниях.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания теоретического материала.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные теоретические знания, допускает грубые ошибки при решении контрольных заданий.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Объяснение основных принципов томографии на примере рентгеновской томографии. Уравнение томографии.
2. Различные схемы сбора проекционных данных.
3. Двумерные и трёхмерные задачи, возможные обобщения на задачи более высокой размерности. Медицинская томография (включая SPECT, PET и ЯМР).
4. Приложения в промышленности, импедансная томография. Томография в научных исследованиях.
5. Преобразование Абеля, вывод формулы его обращения. Преобразование Радона и лучевое преобразование для n-мерного случая. Простейшие свойства этих интегральных преобразований. Связь с преобразованием Фурье, теорема о центральном слое.
6. Формулы обращения для n-мерного случая (без вывода). Вывод формулы обращения двумерного преобразования Радона.
7. Определение корректно поставленной задачи по Адамару. Примеры некорректно поставленных задач. Некорректность задач томографии, её следствия.
8. Понятие регуляризующего алгоритма. Примеры регуляризации задач томографии.

9. Переход от формулы обращения двумерного преобразования Радона к алгоритму фильтрации и обратного проецирования.
10. Реализация процедуры обратного проецирования. Фильтрация проекций как регуляризирующий алгоритм для сингулярного преобразования Гильберта.
11. Теорема о свёртке, фильтрация проекций в пространственной и частотной областях. Примеры фильтров часто используемых в томографии, изучение их свойств.
12. Алгоритм Фурье-синтеза.

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.4 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): устного опроса; письменных работ (контрольные). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.