

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан механико-математического факультета
Захаров А.М.



"12" _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ

Направление подготовки магистратуры

01.04.02 - «Прикладная математика и информатика»

Профиль подготовки магистратуры

Математические и компьютерные методы обработки информации

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

очная

Саратов,

2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Лукомский С.Ф.		
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		5.03.2021
Заведующий кафедрой	Захаров А.М.		10.03.2021
Специалист Учебного управления			10.03.2021

1. Цели освоения дисциплины «Вейвлет анализ»

Целями освоения дисциплины «Вейвлет анализ» являются выработка у студентов навыков использования методов вейвлет анализа в задачах обработки информации. На протяжении последнего столетия основным инструментом в задачах обработки сигналов являлся гармонический анализ. После работ Малла и Добеши (1989г) значительное место в обработке сигналов, особенно в прикладных задачах, занимает вейвлет анализ.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Вейвлет анализ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профилю подготовки «Математические и компьютерные методы обработки информации» и является дисциплиной по выбору Б1.В.ДВ.4.

Дисциплина «Вейвлет анализ» является одним из основным инструментом в теории и практике обработки сигналов. Теория вейвлетов и КМА, возникшая около 30 лет назад произвела настоящую революцию в прикладных вопросах. Курс опирается на основные разделы классического дифференциального и интегрального исчисления, теорию функций, функционального анализа, теорию графов.

3. Результаты обучения по дисциплине «Вейвлет анализ»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-1. Способен демонстрировать фундаментальные знания в математических и естественных науках, программировании и информационных технологиях	1.1_М.ПК-1. Применяет на практике фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знать: фундаментальные понятия, методы и алгоритмы, используемые в теоретических и прикладных задачах информатики Уметь: -разрабатывать алгоритмы решения прикладных задач Владеть: –навыками разработки программных комплексов.
	2.1_М.ПК-1. Формулирует и решает стандартные и не стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности.	Знать: -стандартные задачи, возникающие в исследовательской деятельности. Уметь: –грамотно формулировать возникающие проблемы. Владеть: -навыками решения стандартных задач в области математической обработки информации.

	<p>3.1_М.ПК-1. Использует информационные технологии при решении технических, экономических и управленческих задач, программирует.</p>	<p>Знать: -современные языки программирования Уметь: -грамотно создавать необходимые типы данных. Владеть: современными информационными технологиями</p>
	<p>4.1_М.ПК-1. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.</p>	<p>Знать: –актуальные проблемы математики и информатики . Уметь: -использовать имеющиеся знания в исследовательской деятельности. Владеть: –современной терминологией в исследуемой отрасли</p>
	<p>5.1_М.ПК-1. Создает, анализирует и реализует программное обеспечение</p>	<p>Знать: -современное программное обеспечение и его возможности. Уметь: -создавать, анализировать и реализовывать программное обеспечение. Владеть: – методами реализации программное обеспечение</p>
<p>ПК-7 Способен преподавать учебные курсы, дисциплины или проводить отдельные виды учебных занятий; разрабатывать под руководством специалиста более высокой квалификации учебно-методического обеспечения реализации учебных курсов, дисциплин или отдельных видов учебных занятий; Способен организовать научно-исследовательскую, проектную, учебно-профессиональную и иную деятельности обучающихся под руководством специалиста более высокой</p>	<p>1.1_М.ПК-7. Обладает высоким уровнем знаний в специализированной области конкретной дисциплины, т.е. знаком с новейшими теориями, интерпретациями, методами и технологиями.</p>	<p>Знать: -новейшие теории в изучаемой проблеме Уметь: -находить новые идеи в публикациях и генерировать свои. Владеть: – широким спектром математических методов в изучаемой проблеме</p>
	<p>2.1_М.ПК-7. Практически осмысливает и интерпретирует новейшие явления в теории и на практике; является достаточно компетентным в методах независимых исследований, интерпретирует результаты на высоком уровне.</p>	<p>Знать: - появляющиеся новейшие идеи и методы в теории и на практике; Уметь: -выделять перспективные идеи среди множества других. Владеть: – различными методами решения одной и той же задачи</p>

квалификации	3.1_М.ПК-7. Вносит оригинальный, вклад в каноны дисциплины; демонстрировать оригинальность и творчество в том, что касается владения дисциплиной; обладает развитой компетенцией на профессиональном уровне. Использует педагогически обоснованные формы, методы, способы и приемы организации контроля и оценки освоения учебного курса, дисциплины, применяет современные оценочные средства.	Знать: - основные математически теории и существующие педагогические формы в процессе обучения и контроля Уметь: -применять современные оценочные средства и создавать свои. Владеть: – педагогическими формами и методами в процессе обучения и контроля
--------------	---	---

4. Структура и содержание дисциплины «Вейвлет анализ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се мес тр	Нед еля сем ест ра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекц	Практ.занятия		КС Р	СР	Кон троль	
					Общая трудоемкость	Из них: практическая подготовка				
1	Ортогональные системы сжатий и сдвигов	2	1-5	4	4	4	2	4	18	Отчет по разделу
2	Кратномасштабный анализ и вейвлеты	2	6-11	6	6	6	2	6	18	Отчет по разделу
3	Вейвлеты Хаара, Мейера и Добеши и	2	12-18	6	6	6	2	6	18	Отчет по практической подготовке. Контрольная работа
Промежуточная аттестация		2		16	16	16	6	16	54	Экзамен
Общая трудоемкость дисциплины				108 часов						

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Ортогональные системы сжатий и сдвигов

Ортогональные системы сдвигов, критерий ортогональности. Принадлежность функции замыканию линейной оболочки сдвигов. Системы сжатий и сдвигов, их ортогональность.

Системы Рисса, альтернативное определение через конечные суммы. Система Рисса как базис в замыкании своей линейной оболочки. Оценка суммы квадратов коэффициентов по системе Рисса. Система Рисса как безусловный базис. Получение ортонормированного базиса из базиса Рисса.

2. КМА и построение вейвлетов

Определение кратно масштабного анализа (КМА), масштабирующая функция. Критерий включений подпространств, образующих КМА. Масштабирующее уравнение во временной и частотной областях. Методы построения КМА. Выполнение аксиом КМА..

3. Вейвлеты Хаара, Мейера и Добеши.

Построение вейвлетов по заданному КМА. Система Хаара как вейвлет-система. Вейвлеты Добеши. КМА Котельникова-Шеннона. Вейвлеты Кравченко.

Темы практических занятий (практической подготовки)

Практические занятия 1-3. Ортогональные системы сжатий и сдвигов

Ортогональные системы сдвигов, критерий ортогональности. Принадлежность функции замыканию линейной оболочки сдвигов. Системы сжатий и сдвигов, их ортогональность. Системы Рисса, альтернативное определение через конечные суммы. Система Рисса как базис в замыкании своей линейной оболочки. Оценка суммы квадратов коэффициентов по системе Рисса. Система Рисса как безусловный базис. Получение ортонормированного базиса из базиса Рисса.

Практические занятия 4-5. КМА и построение вейвлетов

Определение кратно масштабного анализа (КМА), масштабирующая функция. Критерий включений подпространств, образующих КМА. Масштабирующее уравнение во временной и частотной областях. Методы построения КМА. Выполнение аксиом КМА..

Практические занятия 6-8. Вейвлеты Хаара, Мейера и Добеши.

Построение вейвлетов по заданному КМА. Система Хаара как вейвлет-система. Вейвлеты Добеши. КМА Котельникова-Шеннона. Вейвлеты Кравченко.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

1) Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- создание диалогического пространства в организации учебного процесса;
- использование принципов социально – психологического обучения в учебной и внеучебной деятельности;
- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- формирование психологической готовности преподавателей к использованию интерактивных форм обучения, направленных на развитие внутренней активности студентов; использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:
 - стимулирование мотивации и интереса в области анализа сложных систем и обработки данных и в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
 - повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
 - развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;

- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи с представителями научных организаций и представителями различных научных школ.

2) *Практическая подготовка* осуществляется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Обучающиеся продолжают формировать профессиональные умения и навыки по обработке и анализу научной информации и результатов исследований, полученные во ВВЕДЕНИИ В НИР

Прохождение практической подготовки в рамках практических занятий формирует способность проводить исследовательскую деятельность в математике, формулировать и решать стандартные задачи в исследовательской деятельности. Обучающиеся продолжают формировать профессиональные умения и навыки при прохождении *Технологической практики*, при подготовке курсовой работы.

Примеры профессиональных действий: умение работать с литературой, сравнивать изложение одних и тех же вопросов в различных источниках; решение задач аналитического характера; самостоятельное доказательство отдельных фактов; оформление результатов научно-исследовательских работ.

Примеры задач. При проведении практической подготовки студенты решают задачи, направленные на формирование исследовательских умений и навыков в использовании кейсов в прикладных вопросах.

Особенности проведения занятий для граждан с ОВЗ и инвалидностью

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены следующие формы организации учебного процесса и контроля знаний:

- для *слабовидящих*:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для *глухих и слабослышащих*:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости студентам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для *лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих* все контрольные задания по желанию студентов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации учебного процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все студенты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов предполагает индивидуальную работу с учебно-методической литературой: учебниками, задачками, конспектами лекций, методическими пособиями. Консультации лектора помогают усвоению материала. Контроль за успеваемостью осуществляется в форме бесед учебного и творческого характера, опроса, индивидуальных заданий, контрольных работ, коллоквиумов.

Часть самостоятельных занятий посвящена выполнению домашних заданий и подготовке к семинарам, докладам, обсуждениям, дискуссиям. Проверка домашних заданий проводится на практических занятиях. По каждому разделу проводятся контрольные мероприятия для проверки степени усвоения.

Контрольные вопросы готовятся к каждому разделу. Примерный перечень вопросов по дисциплине.

1. Система Рисса, альтернативное определение через конечные суммы.
2. Система Рисса как базис в замыкании своей линейной оболочки.
3. Критерий принадлежности функции к замыканию линейной оболочки системы сдвигов.
4. Получение ортонормированного базиса из базиса Рисса.
5. Определение кратно масштабного анализа (КМА), масштабирующая функция.
6. Критерий включений подпространств, образующих КМА.
7. Масштабирующее уравнение во временной и частотной областях.
8. Методы построения КМА. Выполнение аксиом КМА.
9. Построение Вейвлетов по заданному КМА.
10. Система Хаара как Вейвлет-система.
11. Вейвлеты Мейера, Добеши, Кравченко

Отчет по разделу 1

1. Ортонормированные системы и системы Рисса

Отчет по разделу 2

2. Вейвлеты Кравченко.

Контрольная работа (25 баллов)

1. Критерий принадлежности функции пространству V_n . (1+4 баллов)\|\
2. Определение вейвлета и его преобразование Фурье. (1+4 баллов)\|\
3. Ортогональность системы сдвигов вейвлета. (1+4 балла)\|\
4. Ортогональность сдвигов вейвлета пространству V_0 (5 баллов).\|\
5. Необходимое условие маски (5)

План самостоятельной работы.

2 семестр. Преобразование Фурье дельта-функции Дирака. КМА Котельникова-Шеннона, Преобразование Фурье функции Гаусса. Преобразование Фурье характеристической функции отрезка, принцип неопределенности. Сплайн-вейвлеты.

Оценочные средства по практической подготовке в рамках практических занятий

По итогам *практической подготовки* составляется письменный отчет. Студенты представляют на кафедру отчеты о практической подготовке в печатной и электронной форме, оформленные в соответствии с правилами и требованиями, установленными Университетом. После проверки и предварительной оценки этих отчетов руководителями

практической подготовки (с их подписью) студенты устно отчитываются по практике. Основными целями отчета являются:

- краткое изложение теоретических и практических основ изученных ранее результатов, использованных в ходе прохождения практической подготовки;
- формализация и детальное изложение разработок, осуществленных студентом в ходе прохождения практической подготовки;
- выводы, полученные в результате выполнения работ по практической подготовке.

Типовой отчет по практике включает следующие разделы:

- 1) титульный лист с наименованием темы работы, выполненной на практике;
- 2) введение с обоснованием актуальности изучаемой задачи, формулировкой целей работы, ее кратким содержанием и возможных применений;
- 3) постановка задачи, построение ее математической модели и теоретическое обоснование решения задачи;
- 4) разработка алгоритма решения рассматриваемой задачи;
- 5) реализация алгоритма на одном из языков программирования и проверка правильности программы на конкретном примере;
- 6) список литературы, использованной при работе и цитированной в отчете;
- 7) приложения с основными текстами программы и результатами выполнения программы (если они есть).

Экзаменационные билеты

Билет №1

1. Определение вейвлета и его преобразование Фурье.

Билет №2

1. Ортогональность системы сдвигов вейвлета

Билет №3

1. Ортогональность сдвигов вейвлета пространству V_0 .

Билет №4

1. Представление функции f из подпространства V_1 в виде прямой суммы

Билет №5

1. Вейвлет базис пространства L_2

Билет №6

1. Построение КМА по заданной масштабирующей функции. Проверка аксиомы A_1 (включение).

Билет №7

1. Построение КМА по заданной масштабирующей функции. Проверка аксиомы A_2 (пересечение).

Билет №8

1. Построение КМА по заданной масштабирующей функции. Проверка аксиомы A_3 (объединение).

Билет №9

1. Построение КМА по заданной масштабирующей функции. Проверка аксиомы A_4 .

Билет №10

1. Построение КМА по заданной масштабирующей функции. Проверка аксиомы А5.

Темы курсовых работ

Не предусмотрены

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Др. виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	0	0	25	20	0	20	35	100

Программа оценивания учебной деятельности студента за 2 семестр:

Лекции

Оценивание не предусмотрено.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

Студент представляет письменный отчет по практической подготовке. Устный отчет студента включает раскрытие целей и задач практической подготовки, описание выполненной работы с указанием примененных методов и средств, ее количественных и качественных характеристик, выводы.

Анализ результатов практической подготовки проводится по следующим параметрам:

1. объем и качество выполненной работы;
2. качество аналитического отчета, выводов и предложений;
3. соблюдение сроков выполнения работы;
4. самостоятельность, инициативность, творческий подход к работе;
5. своевременность представления и качество отчетной документации.

(от 0 до 15 баллов)

Критерии оценки:

- менее 25% – 0 баллов;
- от 25% до 50% – 5 баллов;
- от 51% до 75% – 10 баллов;
- от 76% до 100% – 20 баллов.

Самостоятельная работа [20 баллов]

:Оценивается качество и количество выполненных работ, проверяется грамотность в оформлении и правильность выполнения

Критерии оценки:

- менее 25% - 0 баллов
- от 25% до 50% - 10 баллов
- от 51 % до 75 % - 15 баллов
- от 76 % до 100 % - 20 баллов

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Контрольная работа 25 баллов

Критерии оценки:

- менее 25% - 0 баллов
- от 25% до 50% - 5 баллов
- от 51 % до 75 % - 15 баллов
- от 76 % до 100 % - 25 баллов

Промежуточная аттестация – экзамен от 0 до 35 баллов

Промежуточная аттестация проводится в виде письменных ответов на вопросы и индивидуальных собеседований.

При проведении промежуточной аттестации

ответ на **«отлично»** оценивается от **31 до 35 баллов**;

ответ на **«хорошо»** оценивается от **25 до 30 баллов**;

ответ на **«удовлетворительно»** оценивается от **20 до 24 баллов**;

ответ на **«неудовлетворительно»** оценивается **0 баллов до 19 баллов**.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Вейвлет анализ» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Вейвлет анализ» в оценку (экзамен):

от 85 до 100 баллов	«отлично»
от 75 до 84 баллов	«хорошо»
от 60 до 74 баллов	«удовлетворительно»
меньше 60 баллов	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Вейвлет анализ»

а) литература

1. Демидович Б.П., Кудрявцев В.А. Краткий курс высшей математики : Учеб. пособие для вузов -296экз.
2. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 1986-2006. 12 экз
3. Волосивец С.С. и др. Новые методы аппроксимации и оптимизации в задачах действительного и комплексного анализа; Саратов. Нац. Исслед. Гос. Ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2016. – 294с. А996349-ОХФ, А996350-ОХФ-ЧЗ-4, А996351-ОХФ.
4. Лукомский С.Ф и др. Новые методы аппроксимации и оптимизации в задачах действительного и комплексного анализа. Саратов. Нац. Исслед. Гос. Ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2015 – 303с. А994270-ОХФ, А994271-ОХФ, А994272-ОХФ-ЧЗ-4
5. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории : учеб. пособие / К. Блаттер ; под ред. А. Г. Кюркчана ; пер. с нем. Т. Э. Кренкеля. - Москва : Техносфера, 2006. - 271, 13 экз
6. Новиков И.Я., Протасов В.Ю., Скопина М.А. Теория всплесков. М.:Физматлит, 2005.- 616с.- ISBN 5-9221-0642-2. - Экз-ры: ОХФ(2), ОХФ-ЧЗ-4(1).
7. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов. И.Мир, 2005. А908971-ОХФ, А909218-ОХФ, А909219-ОХФ.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. https://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2013/12/04/fast_fourier.pdf
2. https://www.sgu.ru/sites/default/files/textdocsfiles/2016/05/19/garmwavelet_analys.pdf
3. https://archive.rosnou.ru/pub/0002011/Important/fundamental_problems/Kravchenko_V_F_Teoriya_atomarnyh_funksij_v_tsifrovoj_obrabotke_sverhshirokopolosnyh_signalov.pdf

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Вейвлет анализ»

Учебная аудитория с обязательным наличием специализированной доски, мела (маркера), ноутбука с программным обеспечением, проекционной техники, экрана и с возможностью размещения всех обучающихся.

Практическая подготовка в рамках практических занятий проводится на кафедре математического анализа и в других структурных подразделениях университета: научно-образовательный математический центр «Математика технологий будущего», Образовательно-научный институт наноструктур и биосистем, Управление цифровых и информационных технологий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **01.04.02 - «Прикладная математика и информатика»** и профилю подготовки **«Математические и компьютерные методы обработки информации»**

Автор, доктор физико-математических наук, профессор С.Ф.Лукомский

Программа актуализирована на заседании кафедры математического анализа **протокол № 13 от 10 марта 2021 г.**

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. **Новиков И.Я. Стечкин С.Б.** Основы теории всплесков. УМН, 53:6(324), 1998, 53-128
2. **И.Добеши.** Десять лекций по вейвлетам. Ижевск:НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, 464с.
3. **Hongkai Zhao.** Mathematics in Image Processing. AMS., 2013
4. **В. Ф. Кравченко, И. Пустовойт.** Новые ортогональные вейвлеты Кравченко. *ДАН*, 2009, том 428, № 5, с. 601–607
5. **Б.С.Кашин, А.А.Саакян.** Ортогональные ряды. Москва, АФЦ, 1999, 560с. А871110-ОХФ.
6. **К.Чуи.** Введение в вейвлеты . Мир, 2001, 412с. А876554-ОХФ.