

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

«Утверждаю»

Декан факультета ВМК МГУ  
имени М.В. Ломоносова

академик



\_\_\_\_\_ Е.И. Моисеев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Вейвлет-анализ и его приложения»**

Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки – 01.06.01 «Математика и механика»

Направленность (профиль) – «Теория вероятностей и математическая статистика» (01.01.05)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вейвлет-анализ и его приложения

### 2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

### 3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление 01.06.01 «Математика и механика». Направленность (профиль) «Теория вероятностей и математическая статистика» (01.01.05).

### 4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к специальным дисциплинам вариативной части образовательной программы и является дисциплиной по выбору.

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

### 6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов.

28 часов составляет контактная работа с преподавателем – 24 часа занятий лекционного типа, 0 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0 часов индивидуальных консультаций, 0 часа мероприятий текущего контроля успеваемости, 2 часа групповых консультаций, 2 часа мероприятий промежуточной аттестации.

80 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

## 7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по математическому анализу, линейной алгебре, функциональному анализу, теории вероятностей и математической статистике в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата и магистратуры по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе обучения используются учебные пособия и статьи журналов из международных баз данных.

## 9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа учащегося, часы			
		из них					из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	<b>Всего</b>

<p><b>Тема 1. Основные понятия Фурье-анализа</b></p> <p>Ряды Фурье, преобразование Фурье и их основные свойства.</p> <p>Линейные фильтры. Быстрое преобразование Фурье. Оконное преобразование Фурье.</p>	20	4	-	-	-	-	4	16	-	16
<p><b>Тема 2. Основные понятия Вейвлет-анализа</b></p> <p>Особенности вейвлет-анализа. Вейвлет-ряды. Кратномасштабный анализ. Построение масштабирующей функции. Алгоритмы разложений и реконструкции.</p> <p>Непрерывное вейвлет-преобразование. Частотно-временная локализация.</p>	32	8	-	-	-	-	8	24	-	24
<p><b>Тема 3. Применение методов вейвлет-анализа в задачах сжатия данных и подавления шума</b></p>	32	8	-	-	-	-	8	24	-	24

<p>Методы поиска сингулярностей. Виды пороговой обработки. Типы порогов.</p> <p>Несмещенная оценка риска. Статистические свойства оценки.</p>											
<p><b>Тема 4. Применение методов вейвлет-анализа при решении обратных задач.</b></p> <p>Обращение линейных однородных операторов методами вейвлет-анализа. Оценка риска.</p> <p>Решение задач локальной реконструкции томографических изображений. Методы подавления шума при реконструкции томографических изображений.</p>	<b>20</b>	4	-	-	-	-	<b>4</b>	<b>16</b>	-	<b>16</b>	
<p><b>8. Промежуточная аттестация – устный экзамен</b></p>	4	4									
<b>Итого</b>	<b>108</b>						<b>28</b>	<b>80</b>			

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы, подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации.

## 11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная учебно-методическая литература

- 1) Захарова Т.В., Шестаков О.В. Теория вейвлетов и ее применение в обработке сигналов. М.: МастерПринт. 2018.
- 2) Шестаков О. В. Вероятностно-статистические методы анализа и обработки сигналов на основе вейвлет-алгоритмов. М.: АРГАМАК-МЕДИА. 2016.

Дополнительная учебно-методическая литература

- 1) Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
- 2) Троицкий И.Н. Статистическая теория томографии. - М.: Радио и связь, 1989.
- 3) Boggess A., Narkowich F. A First Course in Wavelets with Fourier Analysis. - Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- 4) Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов. - М: Мир, 2005.
- 5) Шестаков О.В. Вероятностные модели в томографии. Учебное пособие. М.: МАКС Пресс. 2008. 132 С.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- 1) <http://www.wavelet.org/>
- 2) <http://www.exponenta.ru/>
- 3) <http://mathworld.wolfram.com/>

Информационные технологии, используемые в процессе обучения

Программное обеспечение для создания и просмотра pdf-документов Adobe Reader  
Издательская система LaTeX.

### Материально-техническая база

Для преподавания дисциплины требуется класс, оборудованный маркерной или меловой доской и проектором.

## **12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ**

Русский

## **13. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ**

д.ф.- м.н., профессор Шестаков Олег Владимирович ([oshestakov@cs.msu.su](mailto:oshestakov@cs.msu.su))

Приложение

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Вейвлет-анализ и его приложения»

Промежуточная аттестация состоит из экзамена, проверяющего приобретенные знания.

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ из соответствующих карт компетенций					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>	
Знать: основные методы, потенциальные возможности и особенности современных статистических процедур анализа и обработки данных	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных методах построения математических моделей, потенциальных возможностях и особенностях современных статистических процедур анализа и обработки данных	В целом сформированные, но неполные знания об основных методах построения математических моделей, потенциальных возможностях и особенностях современных статистических процедур анализа и обработки данных	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных методах построения математических моделей, потенциальных возможностях и особенностях современных статистических процедур анализа и обработки данных	Сформированные систематические знания об основных методах построения математических моделей, потенциальных возможностях и особенностях современных статистических процедур анализа и обработки данных	устный экзамен
Уметь решать базовые задачи анализа и обработки данных и разрабатывать практические алгоритмы	Отсутствие умений	Фрагментарные умения в области решения базовых задач анализа и обработки данных и разработки практические алгоритмы для решения этих задач	В целом сформированное, но не систематическое умение решать базовые задачи анализа и обработки данных и разрабатывать практические	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение решать базовые задачи анализа и обработки данных и разрабатывать практические	Сформированное систематическое умение решать базовые задачи анализа и обработки данных и разрабатывать практические	устный экзамен



ритмы для решения этих задач			алгоритмы для решения этих задач	алгоритмы для решения этих задач	алгоритмы для решения этих задач	
Владеть навыками оптимального выбора методов и параметров при решении задач анализа и обработки данных	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора методов и параметров при решении задач анализа и обработки данных	В целом сформированное, но не систематическое владение навыками оптимального выбора методов и параметров при решении задач анализа и обработки данных	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора методов и параметров при решении задач анализа и обработки данных	Сформированное систематическое владение навыками оптимального выбора методов и параметров при решении задач анализа и обработки данных	устный экзамен

### Фонды оценочных средств

#### Список вопросов для индивидуального собеседования на промежуточной аттестации.

1. Ряды Фурье и их основные свойства.
2. Преобразование Фурье и его основные свойства.
3. Линейные фильтры. Теорема о свертке. Инвариантные фильтры.
4. Оконное преобразование Фурье и его основные свойства.
5. Вейвлеты Хаара. Алгоритмы разложения и реконструкции.
6. Кратномасштабный анализ. Масштабное соотношение. Выражение вейвлет-функции через масштабирующую функцию.
7. Общие алгоритмы разложения и реконструкции.
8. Построение масштабирующей функции.
9. Вейвлеты Добеши.
10. Непрерывное вейвлет-преобразование. Основные свойства.
11. Подавление шума с помощью пороговой обработки вейвлет-коэффициентов. Универсальный Порог. SURE-порог. Обобщенная кросс-валидация.
12. Оценка среднеквадратичного риска. Теорема о несмещенности.
13. Статистические свойства оценки риска при различных стратегиях выбора порога.
14. Использование вейвлет-анализа для решения обратных статистических задач.
15. Статистические свойства оценки риска при обращении линейных однородных преобразований.
16. Преобразование Радона. Основные свойства. Формулы обращения.

17. Линейная регуляризация формул обращения преобразования Радона.
18. Применение вейвлет-анализа для решения задач вычислительной томографии.

**Примерные контрольные задания для промежуточной аттестации.**

КЗ ПА1.

1. Доказать теорему о свертке.
2. Доказать ортонормированность базиса Хаара.

КЗ ПА2.

1. Вывести формулу обращения оконного преобразования Фурье.
2. Доказать несмещенность оценки риска мягкой пороговой обработки.

**Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Экзаменационные билеты.