

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебно-методической работе

Елина Е.Г.

проф. д.ф.н.



2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы численного анализа экспериментальных данных

Направление подготовки
03.03.03 «Радиофизика»

Профили подготовки
«Информационные технологии и компьютерное моделирование
в радиофизике»,
«Информационные технологии в системах радиосвязи»

(2013 год приема)

Квалификация (степень) выпускника:
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов
2016

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

1. Знакомство бакалавров с классическими и современными методами исследования структуры сигналов, включая существующие тенденции развития методов их анализа с учетом специфики процессов, регистрируемых в рамках физических экспериментов (нестационарность, ограниченная длительность, наличие помех и т.д.);
2. Приобретение опыта цифровой обработки временных рядов в процессе практических занятий, предусмотренных программой данного курса;
3. Формирование системы компетенций, направленных на овладение базовыми знаниями в области математики и естественных наук и использование этих методов в профессиональной деятельности, развитие способности самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии, а также владение компьютером и современными информационными технологиями.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика», профиль «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике». Индекс дисциплины -- Б1.В.ОД.4. Дисциплина изучается в 7 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе освоения ряда дисциплин бакалавриата, таких как дисциплины модулей «Математика», «Общая физика», «Физика колебательных и волновых процессов» и «Информатика», изучаемых в 1 – 6 семестрах.

Данная дисциплина интегрирована в систему дисциплин, разработанных на кафедре радиофизики и нелинейной динамики, имеющих целью обучение студентов современным методам теоретического и численного исследования сложных нелинейных процессов и систем. Освоение данной дисциплины необходимо для успешного прохождения преддипломной практики, а также для написания выпускной квалификационной работы. Данная дисциплина также является необходимой для студентов, планирующих продолжение обучения в магистратуре по направлению «Радиофизика» на кафедре радиофизики и нелинейной динамики СГУ.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина «Методы численного анализа экспериментальных данных» способствует приобретению следующих компетенций:

- способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2);
- владение компьютером на уровне опытного пользователя, применение информационных технологий (ПК-3).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные подходы к анализу экспериментальных данных, включая спектрально-корреляционный анализ, расчет мер сложности, методы вычисления основных характеристик колебательных процессов (мгновенной амплитуды, мгновенной частоты и фазы);

- методы анализа нестационарных процессов;
- методы цифровой фильтрации.

Уметь:

- корректно подходить к решению проблемы выбора параметров при практическом применении методов анализа экспериментальных данных;
- критически оценивать результаты компьютерных расчетов и погрешность вычисления характеристик исследуемых сигналов.

Владеть:

- спектрально-корреляционным анализом;
- вейвлет-анализом;
- методами количественного описания сложности и предсказуемости случайных данных, регистрируемых при проведении физических экспериментов.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 час.), включая лекции (18 часов), практические занятия (54 часа) и самостоятельную работу (36 часов).

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самост. раб.	
	Введение	7	1	1	-	-	1	Опрос, проверка конспектов.
1	Спектрально-корреляционный анализ	7	1-3	4	12	-	7	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
2	Цифровая фильтрация	7	3-4	2	6	-	4	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
3	Метод аналитического сигнала	7	4	1	6	-	4	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
4	Флуктуационный анализ	7	5	2	6	-	4	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
5	Вейвлет-анализ	7	6-7	3	9	-	8	Опрос, проверка конспектов, проверка отчетов по практическим работам.
6	Методы анализа сложности сигналов	7	7-8	2	6	-	4	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
7	Реконструкция динамических систем	7	8-9	3	9	-	4	Опрос, проверка конспектов, проведение интерактивных занятий.
	Итого: 108			18	54		36	Зачет с оценкой

Содержание учебной дисциплины

Введение. Основные понятия. Детерминированные и случайные процессы. Проблема нестационарности экспериментальных данных. Особенности анализа нестационарных временных рядов.

Тема 1. Спектрально-корреляционный анализ

Вероятностные методы. Плотность распределения вероятностей, и ее вычисление по временному ряду. Моментные функции, свойства и особенности расчета автокорреляционных и взаимных корреляционных функций. Применение корреляционного анализа в задачах радиолокации. Спектральный анализ. Основные свойства преобразования Фурье. Эффекты, обусловленные конечной длиной реализации. Частота отсчетов Найквиста. Теорема Котельникова. Дискретное Фурье-преобразование. Эффекты утечки. Использование оконных функций, их основные характеристики. Спектральная плотность мощности, методы ее вычисления. Функция когерентности. Параметрические методы определения спектров.

Практикум: Корреляционный анализ. Спектральный анализ. Сопоставление оконных функций.

Тема 2. Цифровая фильтрация

Методы цифровой фильтрации. Характеристики цифровых фильтров. Рекурсивные и нерекурсивные фильтры. Фильтрация данных с помощью прямого и обратного преобразований Фурье. Методы сведения к стационарности. Модели тренда и способы его устранения. Цифровая фильтрация нестационарных данных.

Практикум: Цифровая фильтрация зашумленных сигналов.

Тема 3. Метод аналитического сигнала

Концепция аналитического сигнала. Преобразование Гильберта. Понятие мгновенной фазы, амплитуды и частоты. Основные свойства преобразования Гильберта. Методы вычисления преобразования Гильберта. Квадратурные составляющие случайного процесса.

Практикум: Метод аналитического сигнала. Сравнение двух методов расчета преобразования Гильберта.

Тема 4. Флуктуационный анализ

Скейлинговые характеристики спектрального, корреляционного и флуктуационного анализов, их взаимосвязь. Задачи об одномерных случайных блужданиях. Проблема исследования длительных корреляций нестационарных процессов. Анализ флуктуаций относительно тренда.

Практикум: Флуктуационный анализ.

Тема 5. Вейвлет-анализ

Концепция вейвлетов. Сопоставление Фурье- и вейвлет-преобразований. Дискретное и непрерывное вейвлет-преобразование. Обратное преобразование. Свойства базисных функций вейвлет-преобразования. Частотно-временная локализация. Возможности вейвлет-анализа. Энергетические характеристики. Мера локальной перемежаемости, мера контрастности. Анализ сигналов, имеющих локальные особенности. Мультифрактальный анализ на основе вейвлет-преобразования. Масштабная инвариантность, скейлинг. Фрактальные множества, фрактальные меры и фрактальные функции. Топологическая размерность, размерность Хаусдорфа, емкость, обобщенная фрактальная размерность. Спектр сингулярностей. Мультифрактальный формализм. Показатели Гельдера. Анализ сингулярностей нестационарных данных с помощью вейвлетов. Метод структурных функций.

Практикум: Вейвлет-анализ. Частотно-временной анализ нестационарных процессов.

Тема 6. Методы анализа сложности сигналов

Основные понятия. Представление о символической динамике. Алгоритмическая сложность. Сложность по Лемпелю-Зиву. Методы сравнения сложности экспериментальных данных. Энтропия источника и методы ее вычисления. Блочные энтропии. Особенности скейлингового поведения блочных энтропий. Проблемы, связанные с конечностью временного ряда.

Практикум: Энтропия источника. Расчет блочных и динамических энтропий.

Тема 7. Реконструкция динамических систем

Теорема Такенса. Условия применимости теоремы Такенса. Метод задержек. Параметры реконструкции: время задержки, размерность пространства вложения. Проблема выбора оптимальных значений параметров. Метод последовательного дифференцирования координат, метод интегральной фильтрации. Корреляционная размерность аттрактора и методы ее вычисления. Алгоритм Грассбергера-Прокаччо. Корреляционный интеграл. Масштаб начала фрактальности, диапазон масштабной инвариантности. Требования, предъявляемые к временным рядам для корректного вычисления размерности. Анализ случайных данных с помощью корреляционного интеграла. Методы оценки предсказуемости данных. Нормированная ошибка предсказания, ее вычисление по массиву реконструированных векторов. Методы расчета ляпуновских показателей по временным рядам. Алгоритм Вольфа, Свифта, Суинней, Вастано. Расчет второго показателя. Другие методы вычисления ляпуновских экспонент по экспериментальным данным.

Практикум: Расчет корреляционной размерности. Ляпуновские показатели.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Программа дисциплины предусматривает чередование образовательного материала, ставящего проблему, с активной и интерактивной формами занятий посредством выполнения системы заданий по анализу лекционного материала. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 37,5% от общего числа аудиторных занятий по данному курсу. Занятия лекционного типа составляют 25% (Согласно ФГОС количество часов, отведенных на занятия лекционного типа, в целом по Блоку 1 должно составлять не более 40 процентов от общего количества часов аудиторных занятий).

Общая образовательная схема дисциплины строится по традиционной технологии обучения: сначала учебный материал сжато преподносится студентам лекционным методом, а затем прорабатывается, усваивается и применяется на практических занятиях в компьютерном классе; результаты усвоения проверяются в форме зачета.

Освоение материала происходит в рамках технологии проблемного обучения, поскольку проведение практических занятий с применением компьютерного моделирования имеет широкие возможности для создания проблемных ситуаций посредством активизирующих действий преподавателя, который формулирует задания и ставит конкретные вопросы, направленные на обобщение, обоснование, конкретизацию, логику рассуждения; побуждает делать сравнения (например, при анализе результатов численного счета различными методами и сравнении результатов численного моделирования с теоретическими данными) и выводы, сопоставлять результаты; ставит проблемные задачи (например, что произойдет, если изменить параметры системы, выбрать другую базовую модель для исследования того или иного явления, изменить параметры численной схемы при проведении компьютерного эксперимента и т.п.).

Студенты на практике знакомятся с различными методами численного анализа экспериментальных данных. В процессе усвоения теоретического материала и выполнения практических работ студенты приобретают навыки проведения самостоятельных научных исследований сложной динамики нелинейных систем. Для самостоятельной работы также

предлагаются задания, требующие чтения специальной литературы и использования возможностей компьютерного эксперимента.

В рамках изучения данной дисциплины используются мультимедийные образовательные технологии: электронные лекции (презентации) с использованием программы Open Office.

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

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; 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; - для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию обучающихся могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического 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

Важную роль при освоении дисциплины «Методы численного анализа экспериментальных данных» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 03.03.03 «Радиофизика».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины.

Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
Тема 1	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 2	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»

Тема 3	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 4	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 5	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 6	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Тема 7	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Итого часов на самостоятельную работу: 36 часов		

Формы текущего контроля работы студентов

1. Просмотр конспектов лекций.
2. Проверка выполнения практических заданий.
3. Ответы на вопросы, вынесенные на самостоятельное изучение (на интерактивных занятиях).

Промежуточная аттестация студента осуществляется в соответствии с учебным планом в конце седьмого семестра. Итоги обучения оцениваются в форме зачета.

Материалы для текущего контроля успеваемости и средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в Приложении «Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине».

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 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	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	15	0	30	15	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента 7 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 1-3 балла;
- от 61% до 70% – 4-7 балла;
- от 71% до 80% – 8-10 баллов;
- от 81% до 90% – 11-14 баллов;
- не менее 91% занятий – 15 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

от 0 до 30 баллов.

Критерии оценки:

Решение практических задач, подготовка отчетов о выполненных практических работах – 0-30 баллов

Самостоятельная работа

от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

Решение заданий для самоконтроля – 0-15 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация

36-40 баллов – ответ на «отлично»

30-35 баллов – ответ на «хорошо»

25-29 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0-24 баллов – «не удовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 2 семестр по дисциплине «Методы численного анализа экспериментальных данных» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы численного анализа экспериментальных данных» в оценку:

85-100 баллов	«отлично»
71-84 баллов	«хорошо»
51-70 баллов	«удовлетворительно»
0-50 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Методы численного анализа экспериментальных данных»

а) Основная литература

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2009. – 856 с. (в НБ СГУ – 16 экз.)
2. Павлов А.Н. Методы анализа сложных сигналов [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов физического факультета. - Саратов: Научная книга, 2008. – 120 с. (ЭБ УМЛ, Текст ID=195)
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Москва: Солон-пресс, 2008. – 400 с.
<http://www.iprbookshop.ru/20857>

б) Дополнительная литература

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. Санкт-Петербург: «Питер», 2007. – 752 с. (в НБ СГУ – 13 экз.)
2. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьёва Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов. – Санкт-Петербург: Изд-во ВНУ-Петербург, 2005. – 754 с. (в НБ СГУ – 5 экз.)
3. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов – М: Мир, 2005. – 672 с. (в НБ СГУ – 3 экз.)
4. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории – М: Техносфера, 2006. – 272 с. (в НБ СГУ – 13 экз.)
5. Чуи К. Введение в вейвлеты. – М.: Мир, 2001. – 416 с. (в НБ СГУ – 1 экз.)
6. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2006. – 368 с. (в НБ СГУ – 16 экз.)
7. Безручко Б.П., Смирнов Д.А. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. - Саратов: ГосУНЦ "Колледж", 2005. – 320 с. (в НБ СГУ – 25 экз.)

в) Рекомендуемая литература

1. Бендат Дж.С., Пирсол А.Дж., Прикладной анализ случайных данных.– М.: Мир, 1989.
2. Дженкинс Г., Ваттс Д., Спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1971.
3. Отнес Р., Эноксон Л.. Прикладной анализ временных рядов. – М.: Мир, 1982.
4. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук, том 166, № 11, стр. 1145-1170 (1996)
http://ufn.ru/ufn96/ufn96_11/Russian/r9611a.pdf
2. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук, том 171, № 5, стр. 465-501 (2001)
http://ufn.ru/ufn01/ufn01_5/Russian/r015a.pdf
3. Сайт кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ (электронные версии учебных пособий, подготовленных сотрудниками кафедры) <http://chaos.sgu.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Методы численного анализа экспериментальных данных»

Компьютерные классы физического факультета (ауд. 88 и 69а 8-го учебного корпуса) и кафедры радиофизики и нелинейной динамики (ауд. 52 3-го учебного корпуса). Помещения соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных, научно-исследовательских и научно-производственных работ.

Персональные ЭВМ, объединенные в локальную сеть и с выходом в Интернет.

Электронные презентации лекций.

Мультимедиапроектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика», профили «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике», «Информационные технологии в системах радиосвязи»

Автор:

д.ф.-м.н., профессор


Павлов А.Н.

Программа разработана в 2012 г. (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол № 7 от 07 сентября 2012 г.)

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол № 7 от 14 марта 2016 г.)

Зав. кафедрой радиофизики и нелинейной динамики
д.ф.-м.н., профессор


Анищенко В.С.

Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор


Аникин В.М.