

Министерство образования Российской Федерации
Ставропольский государственный университет

«Утверждаю»
Проректор по учебной работе
В.С. Белозеров

«_____» _____ 20__ г.

Компьютерная обработка результатов измерений
Статистические методы обработки экспериментальных данных

ПРОГРАММА

для студентов, обучающихся по специальности — «Физика, ПМиИ»

Объем занятий: всего 63 часов

Изучается в 7/8 семестре

Разработана: ст. преподавателем кафедры
теоретической физики Емельяновым Э.В.

Дата разработки: 1 сентября 2008 г.

Согласована: декан ФМФ

_____/_____/

«_____» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой

_____/_____/

Рассмотрено УМК ФМФ

«_____» _____ 20__ г.

протокол №____

Председатель УМК _____

Емельянов Эдуард Владимирович

Компьютерная обработка результатов измерений
Статистические методы обработки экспериментальных данных

Подписано в печать 6 ноября 2008 г. Гарнитура Computer Modern.

Формат 60 × 80 1/16. Тираж 1 экз. Цена договорная.

Отпечатано в домашней типографии Емельянова Э.В.



(FDL) Емельянов Э.В., 2008

Ставрополь, 2008 г.

1 Пояснительная записка

Данная программа разработана для подготовки студентов четвертого курса физико–математического факультета специальностей «Физика» (курс «Компьютерная обработка результатов измерений») и «Прикладная математика и информатика» (курс дисциплины специализации «Статистические методы обработки экспериментальных данных»).

Данный курс разработан в соответствии со стандартом к знаниям, которыми должен владеть выпускник физико–математического факультета. Курс «Компьютерная обработка результатов измерений» рассчитан на 52 аудиторных часа, из них 14 часов лекционных и 38 часов лабораторных занятий, кроме того, в почасовое планирование курса входят 6 часов СКР. Курс «Статистические методы обработки экспериментальных данных» рассчитан на 50 аудиторных часов (14 часов лекционных и 36 часов практических занятий) и 10 часов СКР.

Целью курса является подготовка студента — будущего специалиста — к самостоятельной целенаправленной научной деятельности с возможностью наиболее эффективного использования рабочего времени для обработки экспериментальных результатов. Ознакомление с возможностями современных математических пакетов для ЭВМ очень важно для начинающего специалиста: он должен иметь представление в какой программе и какими методами можно решить поставленную задачу наиболее эффективно и быстро. В разработанном курсе все лабораторные работы выполняются в среде MatLab (версии не позднее 7.4.0.336). Однако, учитывая проприетарный характер MatLab, возможно с небольшими изменениями проводить лабораторные работы в свободных пакетах Scilab (являющийся наиболее приближенным к MatLab математическим пакетом) и Maxima.

При работе в операционной системе Linux возможно требовать у студентов предоставлять результаты работ в виде научного отчета, оформленного при помощи системы профессиональной верстки \LaTeX (в рамках СКР студенты должны научиться верстать научные работы в системе \LaTeX).

Курс базируется на знания, которыми должен владеть студент физико–математического факультета на четвертом курсе: основы теории вероятностей и комбинаторики, математический анализ, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ. Так как некоторые методы являются относительно новыми,

- [4] Говорухин В., Цибулин В. Компьютер в математическом исследовании. Учебный курс. — СПб.: Питер, 2001. — 624 с.
- [5] Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2005. — 604 с.
- [6] Чен К., Джиглин П., Ирвинг А. MATLAB в математических исследованиях: Пер. с англ. — М.: Мир, 2001. — 346 с.
- Дополнительная литература:**
- [7] Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. — М.: Высш. шк., 1987. — 630 с.
- [8] Кнут Д.Э. Все про \TeX ./ Пер. с англ. М.В. Лисиной. — Протвино: АО R \TeX , 1993. — 592 с.: ил.
- [9] Львовский С.М. Набор и верстка в системе \LaTeX . — 3-е изд., испр. и доп. — М.: МЦНМО, 2003. — 448 с.
- [10] Pan G. W. Wavelets in electromagnetic and device modeling. — John Wiley & Sons, Inc., Hobocen, New Jersey, 2003. — 531 p.

с изображениями. Коррекция гистограммы.

Получение Фурье–спектра изображения. Фурье–фильтрация изображения. Применение вейвлет–анализа для фильтрации изображений.

Построение корреляционных функций пары изображений. Построение скелета изображения. Сравнение изображений по их скелетам, Фурье–спектрам и базисным коэффициентам вейвлет–разложения.

Для проведения лабораторных работ рекомендуется следующее программное обеспечение:

<i>Круг решаемых задач</i>	<i>Программный пакет</i>
Операционная система	GNU/Linux (полная конфигурация для разработки и графического использования, ядро не позднее 2.6.16, графический менеджер KDE), например, ASP Linux 12, Suse 10.3.
Офисный пакет	Open Office 2.4
Пакет символьных вычислений	Maxima, Maple, средства MatLab
Комплексный математический пакет	MatLab, Scilab
Пакет обработки астрономических изображений	MIDAS
Оформление научных результатов	L ^A T _E X

Список литературы

Основная литература:

- [1] *Интернет–энциклопедия*: <http://wikipedia.org> (Википедия).
- [2] Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. — М.: Техносфера, 2006 — 616 с.
- [3] Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. — Изд. 7-е, стер. — М.: Высш. шк., 2001. — 479 с.

либо же подразумевают более глубокие познания, каждая лабораторная работа сопровождается кратким теоретическим введением, в котором в конспективной форме приведены основные знания, необходимые для выполнения данной работы.

Курс включает в себя семь разделов. Каждый из них (за исключением первого) сопровождается как лекционными, так и лабораторными занятиями.

В результате освоения курса «Компьютерная обработка результатов измерения» студенты должны:

- уметь выполнять основные виды вычислений в среде MatLab и/или открытых аналогах;
- иметь представление о наиболее распространенных численных методах решения систем уравнений, полиномиальных и дифференциальных уравнений;
- уметь работать со случайными величинами: вычислять их основные характеристики; находить зависимости случайных величин; аппроксимировать, интерполировать и экстраполировать численные зависимости;
- знать основные методы очистки одно– и двумерных сигналов от шумов, находить корреляционные зависимости, получать спектрограммы сигналов и уметь с ними работать.

2 Тематический план

2.1 Курс «Компьютерная обработка результатов измерений»

№п/п	Тема	Лекции	Лаб. раб.
1.	Общие сведения об измерениях. Виды сигналов. Обзор методов анализа сигналов	2	—
2	Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения	2	4
3.	Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности	2	4
4.	Теория оценок	2	8
5.	Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения	2	4
6.	Анализ временных рядов. Фурье и вейвлет-анализ	2	8
7.	Обработка изображений	2	10
	Итого:	14	38

Вейвлет-фильтрация сигналов.

Восстановление сильно зашумленных сигналов при помощи вейвлет- и Фурье-преобразований.

Практические занятия

Построение полиномов различной степени для заданного временного ряда. Восстановление временных рядов при помощи полиномов. Оценка среднего квадратичного отклонения для построенных аппроксимаций.

Построение Фурье-спектра заданных временных рядов. Сравнение рядов по их спектрам. Фильтрация низко- и высокочастотных помех при помощи преобразования Фурье.

Разложение заданных временных рядов по различным базисам вейвлетов. Вейвлет-интерполяция сигналов. Фильтрация шумов при помощи вейвлет-преобразований.

7. **Обработка изображений.**

Курс лекций

Изображение как двумерный сигнал. Основные характеристики изображений. Гистограмма. Методы получения изображений. Аналитическая модель изображения. Методы коррекции изображений. Основные операции с изображениями, преобразования изображений. Виды шумов изображений. Методы очистки изображений от простейших шумов. Повышение качества изображения методом коррекции гистограммы.

Фурье- и вейвлет-анализ изображений. Спектрограмма изображения. Восстановление изображения по его спектру. Краевые эффекты и методы избавления от них. Фильтрация изображений при помощи преобразований Фурье.

Проблема распознавания изображений. Обнаружение заданного элемента на изображении методом корреляционного анализа. Построение скелета изображения. Методы сравнения изображений.

Практические занятия

Изменение масштаба изображений. Основные методы интерполяции изображений. Построение гистограмм изображений. Медианная фильтрация системы изображений от случайных шумов. Определение систематических шумов методом «плоского поля». Основные алгебраические операции

помощи критериев Стюдента и «хи квадрат». Оценка количества измерений случайной величины для получения заданной точности измерения.

5. Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения.

Курс лекций

Понятие системы линейных уравнений. Определитель системы уравнений. Методы определения сходимости системы. Методы нахождения корней системы уравнений: деление матриц, приведение дополненной матрицы к диагональному виду.

Аналитические и численные методы решения степенных уравнений: аналитическое решение квадратных и кубических уравнений; итерационные методы. Расчет погрешности определения величины корней уравнения. Определение количества итераций для достижения заданной точности корня уравнения. Методы нахождения комплексных корней уравнения.

Линейные дифференциальные уравнения в полных производных. Методы аналитического и численного решения дифференциальных уравнений. Частные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений. Дифференциальные уравнения в частных производных. Частные аналитические и численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Практические занятия

Решение различными способами систем уравнений с пятью, десятью и двадцатью неизвестными. Сравнение полученных результатов. Оценка невязки решений. Нахождение решений с минимальной невязкой.

6. Анализ временных рядов. Фурье– и вейвлет–анализ.

Курс лекций

Аппроксимация временных рядов полиномиальными трендами. Кусочно-линейная интерполяция, интерполяция сплайнами. Понятие ряда Фурье. Прямое и обратное преобразования Фурье. Построение Фурье–спектра временного ряда. Аппроксимация временных рядов при помощи преобразований Фурье. Применение преобразований Фурье для фильтрации сигналов.

Понятие вейвлета. Основные виды вейвлетов. Вейвлет–анализ сигналов.

2.2 Курс дисциплины специализации «Статистические методы обработки результатов экспериментальных данных»

№п/п	Тема	Лекции	Лаб. раб.
1.	Общие сведения об измерениях. Виды сигналов. Обзор методов анализа сигналов	2	—
2	Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения	2	4
3.	Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности	2	4
4.	Теория оценок	2	6
5.	Системы линейных уравнений. Степенные уравнения. Дифференциальные уравнения	2	4
6.	Анализ временных рядов. Фурье и вейвлет-анализ	2	8
7.	Обработка изображений	2	10
Итого:		14	36

В рамках СКР рассматриваются вопросы оформления результатов научной деятельности в \LaTeX (в скобках указано почасовое планирование для специализации «Прикладная математика и информатика»):

1. Общее оформление текста в \LaTeX : структура исходных кодов, понятие преамбулы и тела документа, основные команды и окружения для форматирования текста, специальные абзацы, таблицы, сноски, линейки — 2 (2) часа СКР.
2. Оформление формул: внутритекстовые и выключные формулы, спецзнаки, матрицы, коммутативные диаграммы — 2 (4) часа СКР.
3. Общее оформление статьи: рубрикация документа, создание титульного листа, оглавления, списка литературы, автоматизация создания предметного указателя, вставка плавающих иллюстраций и таблиц — 2 (4) часа СКР.

3 Содержание дисциплины

1. *Общие сведения об измерениях. Виды сигналов. Обзор методов анализа сигналов.*

Курс лекций

Измерение как вероятностный процесс. Одномерные и двумерные сигналы. Методы получения экспериментальных данных: визуальные измерения, измерения при помощи аналоговых устройств, измерения при помощи цифровых устройств. Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно. Спектральный анализ. Фильтрация сигналов в радиоэлектронике.

Проприетарные и открытые компьютерные пакеты обработки экспериментальных данных и моделирования. Основные математические пакеты для операционной системы Linux: Scilab, Maxima, MatLab и пр.

2. *Статистика и вероятность. Случайные величины и распределения.*

Курс лекций

Понятие случайной величины и вероятности. Зависимые и независимые величины. Равномерное распределение. Нормальное распределение и его частные случаи.

Корреляция и ковариация. Обнаружение зависимых переменных корреляционным методом. Использование автокорреляционной функции для исследования сигналов.

Виды шумов. Понятие белого шума. Отношение сигнал/шум.

Практические занятия

Графическое отображение различных видов распределений. Получение наборов случайных величин с различными видами распределений. Методы зашумления сигналов. Определение относительного сдвига двух одинаковых сигналов при помощи автокорреляционной функции.

3. *Теория физических измерений. Систематические и случайные погрешности.*

Курс лекций

Теория измерения физических величин в классической и квантовой механике. Погрешность измерения и методы ее экспериментального расчета.

Абсолютная и относительная погрешность. Погрешность функции нескольких случайных величин, методы ее экспериментальной и аналитической оценки. Влияние систематических погрешностей на результат измерения. Методы уменьшения систематической погрешности.

Понятия средней величины, среднего квадратичного отклонения и дисперсии. Оценка линейной зависимости методом наименьших квадратов. Применение метода наименьших квадратов для нелинейных функций одной переменной. Применение метода наименьших квадратов для функции двух переменных.

Практические занятия

Методы очистки линейных сигналов от шумов: аппроксимация функцией, нахождением среднего арифметического набора сигналов, нахождением медианы набора сигналов. Определение среднего квадратичного отклонения в наборе сигналов. Восстановление линейной зависимости методом наименьших квадратов. Восстановление экспоненциальной, квадратичной и синусоидальной зависимостей методом наименьших квадратов, определение для этих зависимостей величины систематической и случайной погрешности. Сравнение экспериментально полученных погрешностей с вычисленными аналитически. Применение метода наименьших квадратов к функции двух переменных.

Графическое отображение функций одной и двух случайных переменных.

4. *Теория оценок.*

Курс лекций

Понятие оценки измеряемой величины. Метод моментов. Доверительные интервалы. Методы оценки функции распределения случайной погрешности. Критерий Стьюдента. Критерий «хи квадрат». Доверительные интервалы. Понятие исправленного среднего. Оценка необходимого количества измерений для получения заданной точности измеряемой величины.

Практические занятия

Определение вида распределения случайной погрешности в ряде измерений. Расчет среднего и исправленного среднего. Оценка доверительного интервала среднего значения. Расчет доверительной средней величины при