

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Теория и практика обработки акустических сигналов и полей

2. Лекторы.

2.1. к.ф.-м.н., с.н.с. Дмитриев Константин Вячеславович, н.с. к.т.н. Зотов Дмитрий Игоревич, кафедра акустики, burov@phys.msu.ru, тел. 939-30-81.

3. Аннотация дисциплины.

Курс состоит в систематическом изложении базовых знаний по современной теории обработки сигналов и полей, в том числе акустического характера. Даются сведения о методах оценивания постоянных и изменяющихся со временем параметров сигналов, способах обнаружения сигналов в условиях наличия помех, математических преобразованиях, полезных при съеме и анализе данных. Представлены компьютерные методы параллельной обработки информации. Рассмотрение сопровождается описанием основных математических моделей, а также практическими примерами. Знание курса нужно для самостоятельной научно-исследовательской и практической работы студентов на кафедре акустики.

4. Цели освоения дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся приобретёт знания в области современной теории обработки сигналов и полей, научится применять для их анализа параллельные вычисления, сможет использовать полученные знания для решения практических задач акустики.

5. Задачи дисциплины.

Задачами курса являются: (1) систематическое изложение основ современной теории обработки сигналов и полей; (2) практическое ознакомление с особенностями определения параметров статистических моделей; (3) знакомство с методами параллельного программирования в задачах компьютерной обработки информации.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ОНК-2; М-ИК-2; М-ПК-8

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-ИК-3; М-ПК-1; М-ПК-2; М-ПК-3; М-ПК-5; М-СПК-1

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

знать основы теории статистического оценивания параметров сигналов и полей, особенно акустического характера;

уметь применять к сигналам и полям различные преобразования, позволяющие выполнять их детальный анализ;

владеть методами параллельного программирования для практического решения задач, связанных с обработкой сигналов и полей;

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр				Всего
	1	2	3	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	...72	...		...	...72
Аудиторная работа:	...36	...		...	...36
Лекции, акад. часов	...18	...		...	...18
Семинары, акад. часов	...18	...		...	...18
Лабораторные работы, акад. часов	...	...		...	...
Самостоятельная работа, акад. часов	...36	...		...	...36
Вид промежуточной аттестации (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	ЭКЗ.	...		...	...

№ раздела, название раздела	№ темы	Название темы	Структура и содержание дисциплины				Форма текущего контроля успеваемости
			Содержание темы	Аудиторная нагрузка, отводимая на лекционный материал темы, ак.ч.	Названия семинаров по теме. Аудиторная нагрузка, отводимая на каждый семинар темы, ак.ч.	Самостоятельная работа: название темы самостоятельной работы; трудоемкость темы, ак.ч.	
1. Методы обнаружения сигналов и оценивания их постоянных и изменяющихся параметров	1	Оценивание постоянных параметров сигнала	<i>Байесовский подход. Функция правдоподобия. Оценка максимального правдоподобия.</i>	1 ак.ч.	<i>Критерии Байеса и Неймана-Пирсона в задаче обнаружения сигналов. 1 ак. ч.</i>	Определение наличия сигнала на фоне известной помехи. 2 ак. ч.	<i>Об ДЗ</i>
	2	Метод максимального правдоподобия и метод моментов	<i>Характеристики оценок неизвестных параметров. Нижняя граница дисперсии несмещённых оценок. Количество информации. Неравенство Рао-Крамера. Метод моментов, его преимущества и недостатки.</i>	1 ак. ч.	<i>ММП и оптимальная фильтрация. 1 ак. ч.</i>	Определение наличия сигнала на фоне неизвестной помехи. 2 ак. ч.	<i>Об ДЗ</i>
	3	Оценивание изменяющихся параметров сигналов	<i>Модели случайных процессов. Рекуррентное оценивание. Фильтр Калмана. Авторегрессионная модель. Модель скользящего среднего. Уравнения Юла-Уокера.</i>	2 ак.ч.	<i>Метод максимальной энтропии, 1 ак. ч.</i>	Определение параметров АРСС модели для заданной реализации сигнала. 2 ак. ч.	<i>Об, ДЗ, КР</i>
1. Анализ сигналов и полей с помощью преобразований	1.	Одномерные преобразования сигналов	<i>Спектральный анализ. Z-преобразование, его свойства. Связь с преобразованием Фурье. Преобразование Гильберта.</i>	2 ак. ч.	<i>Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. 2 ак. ч.</i>	Локализация движущегося объекта с помощью спектрального и и корреляционных методов. 2 ак. ч.	<i>Об, ДЗ</i>
	2.	Вейвлеты	<i>Оконное преобразование Фурье. Непрерывное вейвлет-преобразование. Дискретное вейвлет-преобразование. Частотно-временная плотность. Фреймворковые операторы.</i>	2 ак. ч.	<i>Особенности и связь ВП и ОПФ. 2 ак. ч.</i>	Анализ реализации сигнала с помощью ВП. 6 ак. ч.	<i>Об, ДЗ</i>
	3.	Методы сжатия данных при измерении.	<i>Методы получения разреженных данных при съеме информации. Построение базисов наблюдения. Методы восстановления исходных изображений из разреженных данных.</i>	1 ак. ч.	<i>Способ выделения значимой информации при измерении. 1 ак.ч.</i>	Оценка уровня шума на качество восстановления сжатого изображения. 2 ак. ч.	<i>Об, ДЗ</i>
3. Параллельные методы обработки	1.	Классификация параллелизма. Мелкозернистый параллелизм.	<i>Классификация параллельных архитектур по Флинну. Уровни параллелизма. Микроуровень, вычислительный конвейер. Уровень команд, векторные вычисления (SSE, AVX), VLIW</i>	1 ак. ч.	<i>Обзор методов распараллеливания программ. 1 ак. ч.</i>	Оценка возможной степени распараллеливания программ. 2 ак. ч.	<i>Об, ДЗ</i>
	2	Многопоточный (крупнозернистый) параллелизм	<i>Многопоточный параллелизм для многопроцессорных систем с разделенной (MPI) и с общей (OpenMP) памятью.</i>	2 ак. ч.	<i>Методы многопоточного программирования OpenMP 1 ак.ч Интерфейс MPI 1 ак.ч</i>	Создание и оценка эффективности программ с использованием OpenMP. 4 ак. ч.	<i>Об, ДЗ, КР</i>
	3	Распараллеливание с использованием GPGPU	<i>Архитектура GPU. Средства для программирования на GPGPU и гетерогенных системах (CUDA, OpenCL, OpenACC)</i>	2 ак. ч.	<i>Методы параллельных вычислений на графических процессорах. 2 ак. ч.</i>	Оценка возможности декомпозиции алгоритма для распараллеливания на GPU. 4 ак. ч.	<i>Об, ДЗ</i>

4.	Проблемы и средства многопоточного программирования	<i>Проблемы многопоточного программирования. Задача взаимного исключения. Механизмы синхронизации. Типовые задачи синхронизации. Взаимоблокировка.</i>	2 ак. ч.	<i>Особенности межпоточной синхронизации</i>	Анализ решения проблемы одновременного доступа потоков к критическим секциям данных. 4 ак. ч.	<i>Об, ДЗ, КР</i>
----	---	--	----------	--	--	-----------------------

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости.

1. Домашнее задание (ДЗ);
2. Контрольная работа (КР);
3. Коллоквиум (К);
4. Обсуждение (Об).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина по выбору.
2. Вариативная часть, блок профессиональной подготовки, дисциплина магистерской программы
3. Курс связан с рядом дисциплин, преподаваемых на физическом факультете. К началу изучения курса студент должен владеть знаниями методов математической физики, а также «Акустика океана. Статистическая гидроакустика», с которыми данный курс методически связан.
 - 3.1. Дисциплины, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины: методы математической физики, «Акустика океана. Статистическая гидроакустика».
 - 3.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: «Современные методы обработки сигналов и полей».

10. Образовательные технологии

Изложение в основном ведётся традиционным способом (с использованием фломастеров, мела и доски). Помимо этого предполагается выполнение студентами практических задач на компьютере дома или в лаборатории.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации:

- Метод максимального правдоподобия
- Неравенство Рао-Крамера
- Эффективность оценки, критерий минимальности дисперсии
- Метод моментов
- Фильтр Калмана
- Оценка параметров АРСС модели
- Уравнения Юла-Уокера
- Z-преобразование
- Преобразование Гильберта
- Дискретное преобразование Фурье
- Непрерывное Вейвлет-преобразование
- Дискретное Вейвлет-преобразование
- Избыточность информации при съеме данных.
- Способы восстановления исходной информации из разреженных данных.
- Классификации параллельных архитектур и уровней распараллеливания.
- Степень параллелизма. Закон Амдала. Закон Густафсона-Барсиса.
- Микроуровневый параллелизм и параллелизм на уровне команд.
- Метод распараллеливания на уровне потоков для систем с общей памятью.

Метод распараллеливания на уровне потоков для систем с разделенной памятью.
Отличие архитектур GPU от архитектуры x86.
Использование управляемых кешей в GPU.
Высокоуровневые механизмы синхронизации параллельно исполняемых потоков.
Типовые задачи синхронизации.

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации:
Оценки максимального правдоподобия при простой и квадратичной характеристиках потерь.
Оценка максимального правдоподобия величины с гауссовским распределением на фоне гауссового шума.
Оценки максимального правдоподобия и их дисперсии для различных распределений, их эффективность.
Оценка параметров гамма-распределения методом моментов
Охарактеризовать сетку локализации оконного преобразования Фурье и дискретного вейвлет-преобразования.
Оценка возможного ускорения алгоритма при его распараллеливании.
Изобразить схему распараллеливания для задачи параллельного суммирования или умножения матрицы.
Изобразить схему взаимоблокировки двух одновременно исполняемых потоков.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

12.1. При изучении курса основное внимание следует уделять практическим особенностям применения излагаемых математических методов.

12.2. Литература

Основная литература

1. Васильев К.К. Методы обработки сигналов. – Ульяновск: Типография УлГТУ. 2001. – 80 с.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
3. Donoho, D. L., Compressed Sensing, IEEE Transactions on Information Theory, V. 52(4), 1289–1306, 2006
4. Корнеев В., Киселев А. «Современные микропроцессоры» 2003 – 448с.
5. Антонов А.С. «Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP»: Учеб. пособие. М.: Издательство Московского университета, 2012.-344 с
6. А. В. Боресков «Параллельные вычисления на GPU
7. Архитектура и программная модель CUDA: Учебное пособие» М.: Издательство Московского университета, 2012.-336 с
8. Гергель В.П. «Высокопроизводительные вычисления для многоядерных многопроцессорных систем» Издательство Нижегородского государственного университета, Нижний Новгород, 2010 421с

13. Материально-техническое обеспечение

13.1. Помещения - учебная аудитория. Лекционные и семинарские занятия по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями к материально-техническим условиям реализации ООП (п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика»). Ауди-

торный фонд для проведения учебных занятий включает достаточное количество аудиторий для проведения лекций и семинарских занятий с количеством посадочных мест не менее 12 в каждой аудитории.

13.2. Оборудование – доска, фломастеры или мел.

Специализированные компетенции профильной направленности обучения (специализированные компетенции магистерской программы)	
М-СПК-1	способность свободно владеть методами современной обработки акустических сигналов и полей, необходимыми для решения задач оценки параметров сигналов и построения описывающих их моделей, а также способность и готовность применять на практике навыки численной обработки сигналов, в том числе с использованием параллельных вычислений.

