

Методы и алгоритмы обработки и анализа данных

Lecturers:

Валид Аль-Хайдри

**Language:**

Русский

Credit points:

3 з.е.

Monitoring type:

Зачет

Educational Program:

Беспроводные технологии (магистратура)

1 семестр

Prerequisites:

Математический анализ

Линейная алгебра

Программирование

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
16	16	
*1 academic hour = 45 minutes		

В рамках курса рассматриваются основные характеристики сигналов, их классификация и способ моделирования. Рассмотрен спектральный анализ данных, в том числе прямое и обратное преобразование Фурье, а также оконное преобразование Фурье. В рамках курса предлагаются к рассмотрению непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование, а также преобразование Гильберта-Хуанга и анализ сингулярного спектра. Особое внимание уделяется методам обработки и анализа сигналов в ЯМР спектроскопии. В курсе также рассматривается статистическая обработка и анализ данных, включая корреляционный и регрессионный анализ. Практическая часть предполагает применение таких программных средств как Python и MATLAB.

Course content

1 семестр

Методы и алгоритмы обработки и анализа биомедицинских сигналов

Структура курса

Разделы
1. Введение в теорию сигналов и систем
1.1 Понятие сигнала. Классификация сигналов. Детерминированные и стохастические сигналы. Основные характеристики сигналов. Математическое описание сигналов. Моделирование сигналов.
1.2. Построение моделей случайных и детерминированных сигналов в среде PYTHON.
1.3 Дискретизация и квантование сигналов. Случайные сигналы, шумы и помехи. Системы преобразования сигналов.
1.4 Децимация и интерполяция сигналов
2. Преобразование Фурье
2.1 Ряд Фурье. Тригонометрический ряд Фурье. Комплексная форма ряда Фурье. Спектр периодического и непериодического сигнала.
2.2. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Вычислительная сложность ДПФ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).
2.3 Прямое и обратное преобразование Фурье. Спектральный анализ одномерных и двумерных данных. Программная реализация преобразования Фурье. Недостатки Фурье-преобразования.
2.4 Оконное преобразование Фурье (ОПФ). Свертка сигналов. Оконные функции. Оконное преобразование в MATLAB и PYTHON. Недостаток оконного преобразования Фурье.
3. Вейвлет-анализ
3.1. Свойства вейвлетов. Операция сдвига и масштабирования. Непрерывное вейвлет-преобразование (НВП). Дискретное вейвлет-преобразование (ДВП). Реализация вейвлет-преобразований в MATLAB и PYTHON. Направления применения использования вейвлет-преобразования. Использование вейвлет-преобразования в ML
4. Преобразование Гильберта-Хуанга
Метод эмпирической модовой декомпозиции сигналов. Огибающие сигналов. Функции внутренних мод сигналов. Алгоритм формирования функций внутренних мод. Критерий останова итераций. Практические примеры применения ЭМД. Спектральный Анализ Гильберта. Преобразование гильберта и аналитический сигнал. Мгновенная амплитуда, фаза и частота сигнала. Примеры спектра Гильберта. Программная реализация python.
5. Анализ сингулярного спектра
Этапы разложения и восстановления. Вложение. Траекторная матрица. Сингулярное разложение. Спектр собственных значений. Собственная тройка. Группировка элементарных матриц. Критерий группировки. Ортогональное проецирование (диагональное усреднение). Программная реализация python. Практические примеры.
6. Методы обработки и анализа сигналов в ЯМР спектроскопии
Основы получения ЯМР-спектра. Разрешение спектра. Соотношение сигнал/шум. Факторы, влияющие на качества ЯМР-спектра. Обработка ЯМР спектров: Уменьшение размерности данных, комбинирование данных катушек. Усреднение. Фазирование. Аподизация. Заполнение нулями. Подбор функции формы пика ЯМР-спектра. Интегрирование пиков ЯМР-спектра.
7. Статистический анализ одномерных данных
Генеральная совокупность и выборка. Точечные оценки параметров распределения. Статистические ряды. Гистограмма и полигон частот. Эмпирическая функция распределения. Проверка статистических гипотез. Проверка нормальности распределения. Интервальные оценки параметров распределения.
8. Статистический анализ двумерных данных
Корреляционный анализ. Корреляционные характеристики случайных ссигналов. Вычисление корреляционных характеристик случайных сигналов в MATLAB.
9. Регрессионный анализ
Парный регрессионный анализ. Парная модель. Метод наименьших квадратов. Коэффициентом детерминации. Оценка тесноты связи. Множественная линейная регрессия.

Recommended resources

1. Вохник О.М., Зотов А.М., Короленко П.В., Рыжикова Ю.В. Моделирование и обработка стохастических сигналов и структур. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2013. – 125 с.: ил.
2. Частотно-временной анализ пульсовых сигналов с помощью преобразования Гильберта-Хуанга: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: специальность 01.04.03 Радиофизика / Омпоков Вячеслав Дамдинович. - Улан-Удэ, 2019. - 19 с.
3. Голяндина Н. Э. Метод «Гусеница» - SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. СПб.: ВВМ, 2003. С. 85.
4. Jamie Near, Ashley D. Harris, Christoph Juchem, Roland Kreis, Małgorzata Marjańska, Gülin Öz, Johannes Slotboom, Martin Wilson, Charles Gasparovic. Preprocessing, analysis and quantification in single-voxel magnetic resonance spectroscopy: experts' consensus recommendations. February 2020 <https://doi.org/10.1002/nbm.4257>
5. Шорохова, И. С. Статистические методы анализа: [учеб. пособие] / И. С. Шорохова, Н. В. Кисляк, О. С. Мариев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 300 с.
6. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов. Учебное пособие. 1999. 152 с.: ил
7. Павлейно М.А., Ромаданов В.М. Спектральные преобразования в MATLAB. – СПб., 2007
8. Давыдов, А. В. Сигналы и линейные системы. Тематические лекции / А. В. Давыдов - Екатеринбург : УГГУ : ИГиГ, 2005. - 262 с.
9. Магнитно-резонансная спектроскопия: учебное пособие / [А. Г. Труфанов, И.В. Литвиненко, Д.А. Тарумов и др.]. — Казань: Бук, 2018. — 150 с.
10. Maria Isabel OSORIO GARCIA. Advanced Signal Processing For Magnetic Resonance Spectroscopy, 2011

Grading Policy

Оценочные средства дисциплины: домашнее задание, зачет.

Максимальное итоговое количество баллов за курс - 100, минимальное - 60.

Менее 60 баллов - дисциплина не сдана.

Итоговая аттестация складывается из результата выполнения 10 домашних заданий (каждая оценивается в 8 баллов) и оценки за зачет (20 баллов).

Формат проведения: зачет в письменной форме.

Минимальное количество баллов - 10, максимальное - 20 баллов. Промежуточная аттестация осуществляется с учетом посещаемости аудиторных занятий и выполнения 50% домашних заданий.

Тип самостоятельных заданий

Примеры домашних заданий:

1. Смоделировать полигармонический сигнал. Смоделировать частотно-модулированный сигнал. Смоделировать зашумленный сигнал с разным уровнем шума.
2. Дан сигнал с частотой дискретизации равна 1000 Гц. Требуется изучить процесс децимации (уменьшения частоты дискретизации) разными коэффициентами. Построить графики полученных копий сигнала, где в оси абсцисс должно быть не номер отчета, а время. Дополнительно использовать функцию stem. Оформить код в виде функции, которая принимает на вход: сигнал, исходная частота дискретизации, желаемая частота дискретизации. Изучить программную реализацию алгоритмов интерполяции.
3. Изучить и доработать код для вычисления коэффициентов Фурье.
4. Сравнить алгоритмы БПФ теоретически и с использованием реальных 1D сигналов: pyFFTW, numpy.fft, scipy.fftpack.
5. Проверить на практике (написать код на python) теорию свертки “свертка во временной области эквивалентна умножению в частотной области; умножение во временной области эквивалентно свертке в частотной области”.
6. Сравнить результаты оконного преобразования Фурье частотно-модулированного сигнала с помощью разных оконных функций.
7. Сравните результаты БПФ, ОПФ, НВП и ДВП на одном и том же сигнале.
8. Ensemble empirical mode decomposition (EEMD), Complete ensemble EMD with adaptive noise (CEEMDAN).
9. Написать функцию, реализующую алгоритм сингулярного спектрального анализа.
10. Реализовать гауссовую функцию аподизации ЯМР-спектра и сравнить с экспоненциальной.