Методы и алгоритмы обработки и анализа данных

Лекторы:
Валид Аль-Хайдри

Язык:
Русский

Трудоемкость:
3 з.е.

Форма контроля:
Зачет

Образовательная программа:
Беспроводные технологии (магистратура)
1 семестр

Пререквизиты:
Математический анализ
Линейная алгебра
Программирование

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
16	16	
*1 академический час = 45 минутам		

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.

Содержание курса

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 использование 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.

Рекомендуемые ресурсы

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

Политика оценивания

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 томе 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 гауссовою функцию аподизации ЯМР-спектра и сравнить с экспоненциальной.