

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ
ОБРАЗОВАНИЮ

Учебно-методическое объединение по специальностям
автоматики, электроники, микроэлектроники и радиотехники

Индекс УМО — 19.05.34.89

УТВЕРЖДЕНО
УМО по специальностям
автоматики, электроники,
микроэлектроники и радиотехники

ПРОГРАММА

дисциплины

**«АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА
БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ»**

для высших учебных заведений
по специальности

19.05 — Биотехнические и медицинские
аппараты и системы

Ленинград, 1990 г.

Теребовлянская типография

в. 1306 т. 80 05 1990 г.

1. ПРЕДИСЛОВИЕ.

Современные медицина, биология и физиология все шире используют в практической деятельности автоматические и автоматизированные системы, комплексы и устройства анализа экспериментальной информации о состоянии биообъекта в различных условиях функционирования. При этом разработка новых методов и технических средств изучения живой природы в значительной мере опирается на знание основных закономерностей функционирования и взаимодействия отдельных подсистем живого организма, на знание и правильное использование существующих математических методов анализа биологических сигналов. Необходимо также учитывать, что разработка автоматических и автоматизированных методов диагностики состояний возможна только при использовании коррективных методов выделения полезной для диагностики информации, при построении статистически оправданных математических моделей изучаемых явлений и механизмов, при применении помехозащищенных методов передачи сигнальной информации.

Создание перспективных методов и систем для решения отмеченных выше задач невозможно без знания основных задач анализа сигналов, особенностей фильтрации и исследования сигнальной информации о биообъекте, принципов синтеза специализированной аппаратуры обработки экспериментальной информации.

Учебная дисциплина «Автоматизация обработки и анализа биомедицинской информации» призвана дать студентам специальности 19.05 необходимые знания по методам анализа биологических сигналов и научить их использовать эти знания при разработке сложных биотехнических систем диагностики состояния.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

2.1. Содержание учебных занятий.

2.1.1. Введение.

Предмет дисциплины и ее задачи. Краткие сведения о развитии средств анализа информации. Значение решения проблем автоматизации сбора, обработки и интерпретации медико-биологических данных для решения задачи улучшения медицинского обслуживания населения. Организация государственного и отраслевых фондов алгоритмов и программ по обработке медико-биологической информации.

Структура, содержание дисциплины; ее связь с другими дисциплинами учебного плана. Место дисциплины в подготовке инженера по специальности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы».

2.1.2. Получение и представление медико-биологических данных.

Системный подход как методология разработки методов и технических средств сбора, представления и анализа медико-биологической информации. Особенности биологического объекта и экспериментальных данных о его свойствах и состоянии. Основные источники медико-биологических данных.

Способы представления медико-биологической информации. Непрерывное и дискретное описание параметров биообъекта. Таблица экспериментальных данных, методы ее формирования. Статистическая и динамическая таблицы. Свойства таблицы экспериментальных данных. Дуализм таблицы.

2.1.3. Общая характеристика и модели биологических сигналов и медико-биологических данных.

Классификация данных медико-биологического наблюдения. Случайный процесс, случайный сигнал, случайная величина, случайное событие, случайная функция, случайный поток, случайный вектор как модели данных медико-биологического наблюдения.

Особенности описания одномерных, двумерных и многомерных сигналов. Стационарные сигналы, эргодические сигналы. Аддитивные нестационарные сигналы. Квазистационарные сигналы. Мультипликативные, нестационарные сигналы.

Основные параметры, описывающие сигналы. Функция распределения и плотность распределения сигналов. Моментные, корреляционные и структурные функции. Спектральная плотность мощности. Спектор реализации.

2.1.4. Предварительная обработка сигналов.

Обобщенная структура блока предварительной обработки сигналов.

Обнаружение сигнала как статистическая задача. Модель помех, сопровождающих процесс регистрации сигнала. Нормальный шум. Отношение сигнал/шум. Обнаружение сигнала при однократном предъявлении. Метод накопления. Разделение нескольких сигналов на фоне помех. Обнаружение неполностью известных сигналов. Восстановление исходного сигнала. Критерии обнаружения. Отношение правдоподобия, байесова стратегия. Последовательный анализ.

Фильтрация биологических сигналов. Оптимальная линейная фильтрация по минимуму среднеквадратической ошибки, по максимуму отношения сигнал/шум. Минимально-фазовые системы фильтрации. Синтез оптимальных фильтров. Цифровые фильтры.

Сглаживание и центрирование сигналов. Центрирование к среднему значению. Операторы сглаживания, основанные на принципе наименьших квадратов. Оператор текущего среднего. Операторы экспоненциального сглаживания. Энергетические фильтры, реализующие операции текущего и экспоненциального сглаживания.

2.1.5. Корреляционный анализ.

Роль корреляционного анализа в медико-биологических исследованиях. Авто- и кросскорреляционные функции стационарных случайных сигналов, их свойства. Методы расчета автокорреляционной функции. Принцип знакововпадения. Оценка корреляционной функции методом ортогональных преобразований. Корреляционный анализ нестационарных сигналов. Аппроксимация и интерполяция корреляционных функций.

Эффективность оценок корреляционных функций биологических сигналов. Интервал корреляции. Методы определения интервала корреляции. Связь интервала корреляции с шириной полосы частот сигнала.

Функция когерентности. Методы расчета, критерии. Использование функции когерентности при изучении данных электроэнцефалографических исследований.

2.1.6. Спектральный анализ сигналов.

Особенности спектрального анализа сигналов в медико-биологической практике. Интервал определения сигнала и интервал ортогональности. Системы базисных функций. Быстрые алгоритмы вычисления спектров.

Аппроксимация сигналов ортогональными многочленами. Неравенство Бесселя. Обобщенный ряд Фурье. Равенство Парсеваля. Интегральная свертка. Обобщенная автокорреляционная функция сигнала и ее связь с энергетическим спектром.

Спектрально-корреляционный анализ нестационарных и квазистационарных биологических сигналов. Определение спектральных характеристик ЭКГ, ЭЭГ и других биомедицинских сигналов. Структурные схемы спектроанализаторов.

2.1.7. Анализ случайных потоков.

Простейший поток событий. Распределение Пуассона. Поток с ограниченным последствием: потоки Пальма и Эрланга. Аппроксимация реальных потоков.

Марковские процессы и цепи Маркова. Марковский процесс как модель описания поведения биообъекта и состояния биосистемы. Поглощающие, регулярные, эргодические цепи Маркова.

2.1.8. Анализ биомедицинской информации как задача выделения однородных групп данных.

Понятие об однородности данных. Отношение эквивалентности. Функции близости и функции связи. Оценка однородности групп данных. Расстояние между классами как мера близости. Функционалы разбиения множества экспериментальных данных на однородные классы.

Алгоритмические методы автоматической классификации и кластеризации данных. Иерархические процедуры. Параллельные и последовательные процедуры группировки данных. Функционалы качества группировки.

Анализ многомерных наблюдений с использованием корреляционной связи. Центрирование и нормирование данных. Особенности построения алгоритмов группировки наблюдений с использованием корреляционного метода. Метод корреляционных плеяд. Алгоритмы экстремальной группировки признаков.

2.1.9. Статистические методы классификации многомерных наблюдений.

Параметрические и непараметрические методы. Случай полностью известной априорной информации о классах. Байесовское решающее правило. Рандомизированное решающее правило. Случай неизвестных вероятностей появления наблюдений каждого класса. Минимаксное, субминимаксное и комбинированное решающие правила. Неоднозначность в построении решающего правила при отсутствии информации об объектах разных классов. Критерий среднего ожидаемого качества классификации.

2.1.10. Методы построения разделяющих функций в задачах классификации медицинских данных.

Линейные разделяющие функции и поверхности решений. Обобщенные линейные разделяющие функции. Случай двух линейно разделимых классов. Минимизация перцептронной функции критерия разбиения. Коррекция ошибок разбиения. Минимизация квадратичной ошибки. Стохастическая аппроксимация. Процедуры линейного программирования. Метод потенциальных функций. Случай многих классов.

2.1.11. Методы исследования взаимозависимости многомерных данных и снижения размерности пространства описаний.

Понятие «геометрической структуры» данных. Анализ многомерных геометрических структур данных. Основные подходы к проблеме снижения размерности пространства исходного описания данных.

Метод главных компонент. Геометрическая интерпретация и экстремальные свойства главных компонент. Применение метода для снижения размерности пространства описания. Главные компоненты в задачах классификации.

Факторный анализ, основные проблемы. Модель факторного анализа. Методы оценки факторных нагрузок. Центроидный метод. Метод максимального правдоподобия. Вращение факторов. Факторный анализ и классификация наблюдений.

2.1.12. Принятие решения и вопросы выбора альтернатив при анализе информации.

Принятие решения как составная часть процесса анализа информации. Основы процесса выбора альтернатив. Способы задания отношений и операции над ними. Отношения эквивалентности, порядка, доминирования. Функции выбора, порождаемые бинарными отношениями. Логические формы функций выбора. Классы функций выбора.

Задача оценивания результатов анализа данных. Общая схема экспертизы. Методы обработки экспертной информации: статистический, алгебраический, шкалирования. Формирование исходного множества альтернатив. Задача выбора альтернатив. Функция полезности и ее свойства. Оптимизация функции полезности.

2.1.13. Типы медицинских изображений, способы их обработки.

Классификация биомедицинских изображений и проблема автоматизации их анализа. Оптические, радиологические, ультразвуковые и другие изображения, схема получения. Типы и характеристики, описывающие изображение. Статистические характеристики. Изображения при электронно-микроскопических исследованиях.

Вычислительная техника в задачах обработки плоских изображений. Две задачи распознавания зрительных образов: классификация и идентификация. Пространство признаков. Источники и характер помех. Отношение сигнал/шум.

Фильтрация плоских изображений. Анизотропная и рекуррентная фильтрации. Статистическое оценивание. Фильтрация импульсных помех.

Коррекция амплитудной характеристики передачи видеoinформации. Коррекция нелинейных искажений. Корректирующие фильтры на базе дискретных преобразований. Алгоритмы быстрых двумерных преобразований. Реализация цифровых фильтров.

Минимизация объема анализируемой видеoinформации. Автоматические методы поиска информативных участков. Метод «активной» строки. Амплитудная и временная селекция. Дискретные электронные апертуры при поиске объектов в изображении. Методы автоматического сегментирования. Препарирование изображения. Критерии эффективности алгоритмов.

2.1.14. Принципы построения вычислительных систем анализа медико-биологической информации.

Классификация вычислительных систем анализа медико-биологической информации. Принципы системного анализа данных биомедицинского обследования. Особенности синтеза математического обеспечения. Программно-аппаратные требования, предъявляемые к системам. Типовое и специализированное математическое обеспечение вычислительных систем. Роль фондов алгоритмов и программ.

Операции поиска и упорядочения данных. Формализованная медицинская машинная карта. Контроль и защита данных. Основные требования к центральному и периферическому оборудованию. Терминальные системы вычислительных систем. Требования к терминальной сети. Методы организации терминальной сети. Интерфейсы для связи с центральным оборудованием.

2.1.15. Заключение.

Основные тенденции и направления совершенствования методов анализа медико-биологической информации и их аппаратного обеспечения.

2.2. Содержание разделов дисциплины для самостоятельного изучения.

2.2.1. Структурный анализ сигналов. Задача структурно-временного анализа сигналов. Эффективность оценки структурной функции для сигналов со стационарными приращениями. Методы оценки сигналов со стационарными приращениями.

2.2.2. Структурно-лингвистический подход к анализу формы сигналов. Кодирование формы. Набор образующих. Анализ формы ЭКС.

2.2.3. Методы многомерного шкалирования данных. Многомерное масштабирование. Метод нелинейного отображения данных. Итерационная процедура минимизации невязки многомерной структуры анализируемых данных и образа структуры в пространстве пониженной размерности. Методы начального упорядочения структур образов данных для итерационной процедуры. Критерии невязки структур. Адаптивные алгоритмы отображения многомерных структур.

2.2.4. Структурно-графический разведывательный анализ экспериментальных наблюдений. Задачи классификации и идентификации данных. Выбор информативных параметров.

2.2.5. Принятие решений на основе лингвистической переменной. Истинность решений, Лингвистический подход к моделированию принятия решений.

2.3. Примерный перечень тем лабораторных занятий.

1. Исследование плотности вероятности случайного процесса.

2. Исследование статистических характеристик биологических процессов.

3. Исследование время-импульсного метода анализа случайных процессов.

4. Исследование методов накопления при выделении сигналов на фоне помех.

5. Исследование корреляционного метода анализа случайных процессов.

6. Исследование корреляционных соотношений биопотенциалов мозга человека.

7. Исследование методов разложения биомедицинских сигналов и процессов по базисным функциям.

8. Исследование статистических критериев при распознавании биомедицинских данных.

9. Исследование методов снижения размерности пространства описания объектов наблюдения.

10. Исследование методов сжатия биомедицинской сигнальной информации.

11. Исследование методов классификации экспериментальных данных с использованием процедуры экспертного опроса.

12. Исследование методов измерения характеристик изображения биологических микроструктур.

13. Исследование методов формирования сечений в радиозотопной диагностике.

2.4. Примерный перечень тем практических занятий.

1. Проверка гипотез о законах распределения выборочных медико-биологических данных.

2. Методы сглаживания биологических сигналов.
 3. Расчет оптимального фильтра.
 4. Расчет диапазона квазистационарности и определенные корреляционных связей при анализе ЭЭГ и ЭКГ.
 5. Расчет спектральных составляющих в базисах Фурье и Уолша при исследовании ритмики ЭКС.
 6. Применение теории марковских процессов для синтеза медицинских диагностических устройств.
 7. Расчет скорости принятия решения по стратегии Байеса, по процедуре Вальда для набора экспериментальных данных.
 8. Последовательные и параллельные процедуры классификации данных.
 9. Методы снижения размерности пространства описаний.
- 2.5. Курсовая работа.

Задачей курсового проектирования является анализ разноплановых биологических данных с применением различных алгоритмических методов и методик, а также синтез и расчет различных устройств, предназначенных для обнаружения, фильтрации и анализа сигналов.

3. ЛИТЕРАТУРА.

Основная.

1. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания. — М.: Высш. шк., 1977.
2. Мармарелис П., Мармарелис В. Анализ физиологических систем: Метод белого шума.—М.: Мир, 1981.
3. Коваленко И. Н., Филиппова А. А. Теория вероятностей и математическая статистика.—М.: Высш. шк., 1982.
4. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа.—М.: Мир, 1983.
5. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях.—М.: Мир, 1983.
6. Анисимов Б. В., Курганов В. Д., Злобин В. К. Распознавание и цифровая обработка изображений.—М.: Высш. шк., 1983.

7. Браверман Э. М., Мучник И. Б. Структурные методы обработки эмпирических данных.—М.: Наука, 1983.
8. Попечителей Е. П., Романов С. В. Анализ числовых таблиц в биотехнических системах обработки информации.— Л.: Наука, 1985.

Дополнительная.

1. Романенко А. Ф., Сергеев Г. А. Аппроксимативные методы анализа случайных процессов.—М.: Энергия, 1974.
2. Розанов Ю. А. Случайные процессы.—М.: Наука, 1977.
3. Мудров В. И., Кушко В. А. Методы обработки измерений.—М.: Сов. радио, 1976.
4. Романов С. В. Методы принятия решений в медицинской диагностике. — Л.: ЛЭТИ, 1981.
5. Попечителей Е. П., Романов С. В. Интерактивные методы обработки биомедицинской информации, — Л.: ЛЭТИ, 1983.
6. Романов С. В. Принятие решений в медико-биологическом эксперименте. — Л.: ЛЭТИ, 1989.
7. Кузин Л. Т. Основы кибернетики. 2 2-х т.—М.: Энергия, 1979.
8. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. — М.: Мир, 1976.
9. Терехина А. Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. — М.: Наука, 1986.

Программу составил:
канд. техн. наук, доцент

С. В. РОМАНОВ.

Председатель НМС по специальности
19.05 — Биотехнические и медицинские
аппараты и системы,
д-р техн. наук, проф.

В. М. АХУТИН.