

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУВО «НИУ «МЭИ»
по научной работе
Драгунов В.К.

подпись

«__» _____ 2023 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ
В АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 2.2. Электроника, фотоника,
приборостроение и связь

Научная специальность – 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского
назначения

Москва, 2023

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Введение

Понятие организма. Свойства живого организма. Составляющие организма. Классификация методов диагностики организма. Основные виды диагностики и примеры технических средств. Чувствительность и специфичность методов диагностики.

1.2. Гемодинамика

Линейная и объёмная скорость кровотока. Основное уравнение гемодинамики. Вычисление объёмной скорости и разности давления. Общее периферическое сопротивление сосудов. Виды давления. Распределение давления и скорости движения крови в сосудистой системе. Минутный объём (МО) кровотока. Методы определения МО.

1.3. Измерение артериального давления (АД)

Метод Рива-Роччи. Метод Короткова. Осциллометрический метод. Мониторинг артериального давления. Показатели суточного ритма АД.

1.4. Фонокардиография (ФКГ) Электрокардиография (ЭКГ)

Стетоскопы, фонендоскопы. Фонокардиография. Тоны и шумы сердца. Потенциал покоя. Потенциал действия. Основные функции сердца. Распространение волны возбуждения в сердце. Отведение. Стандартные электрокардиографические отведения от конечностей. Электрическая ось сердца. Информативные параметры ЭКГ. Ортогональная ЭКГ. Векторкардиография. Суточный монитор Холтера. Вариабельность ритма сердца. Ритмограмма. Спектрограмма ритма. Диагностические классы нарушений ЭКГ.

1.5. Электроэнцефалография (ЭЭГ)

Строение головного мозга. Электроэнцефалограмма. Накожные электроды и их размещение. Основные ритмы ЭЭГ. ЭЭГ во время сна. Парадоксальный сон. ЭЭГ при эпилепсии. Метод вызванных зрительных потенциалов ЭЭГ.

1.6. Электромиография (ЭМГ)

Электромиография. Состав миографа. Основные методы исследований. Потенциал Двигательной Единицы (ДЕ). Определение количества ДЕ. Поверхностная ЭМГ. Стимуляционная ЭМГ. М-ответ, скорость распространения в дистальных отделах мотонейрона.

1.7. Реография (РЕО)

Частотная зависимость импеданса биоткани. Реограмма. Вывод основного уравнения реографии. Биполярная и тетраполярная реография.

2. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ И ДАННЫХ

2.1. Применение методов прикладной статистики для обработки медико-биологических данных

Способы представления медико-биологической информации. Основные шкалы измерений. Эмпирические характеристики случайных величин.

Статистическая гипотеза, статистический критерий, уровень значимости и доверительный уровень, критическая область и область принятия, ошибки первого и второго рода. Параметрические гипотезы. t-критерий Стьюдента. Непараметрические гипотезы. Статистические критерии согласия. Критерий «хи-
2

квадрат» Пирсона.

Корреляционный анализ. Корреляционные поля и корреляционные таблицы; ковариация; коэффициент линейной корреляции Пирсона. Дисперсионный анализ. Межгрупповая и внутригрупповая дисперсия. Регрессионный анализ. Парная регрессия на основе метода наименьших квадратов. Интерполяция каноническим полиномом, интерполяция сплайнами.

2.2. Методы снижения размерности и классификации данных

Факторный анализ. Метод главных компонент. Многомерное шкалирование. Диаграмма Шепарда.

Дискриминантный анализ. Постановка задачи классификации, методы описания классов. Методы Байеса, логистической регрессии, градиентного спуска, опорных векторов, ближайших соседей, деревьев решений. Обучающая выборка, тестовая выборка. Кросс-валидация. Ошибки классификации первого и второго рода. Точность.

Кластерный анализ. Постановка задачи кластеризации, методы описания кластеров и их графического представления. Расстояния между объектами. Расстояния между кластерами. Иерархические алгоритмы кластеризации. Метод К средних. Выбор метрики и гиперпараметров.

Нейронные сети. Математическая модель нейрона, функции активации. Сети с прямой передачей сигнала, персептрон, многослойный персептрон. Применение нейронных сетей (НС) для обработки медико-биологических данных. Одномерные, двумерные сверточные сети. Локальные рецептивные поля, разделяемые веса и смещения, пулинговые слои. Сверточные нейронные сети (СНС) для классификации медицинских данных. Препроцессинг (подготовка базы данных для обучения).

2.3. Математические основы анализа биомедицинских сигналов

Природа биомедицинских сигналов (БМС), примеры. Цели анализа БМС. Компьютерная диагностика, основанная на анализе БМС.

Геометрические методы в теории сигналов: линейное пространство сигналов; понятие координатного базиса. Обобщенные ряды Фурье. Спектральный анализ периодических и импульсных сигналов. Спектральный анализ случайных процессов, непараметрические и параметрические методы. Корреляционный анализ детерминированных и случайных сигналов. Применение спектрального и корреляционного методов для анализа биомедицинских сигналов. Непрерывный и дискретный вейвлет-анализ. Сопоставление вейвлет-преобразования с преобразованием Фурье. Применение вейвлет-анализа для обработки биомедицинских сигналов.

Анализ узкополосных сигналов. Аналитический сигнал и комплексная огибающая узкополосных сигналов. Преобразование Гильберта. Методы определения комплексной огибающей.

2.4. Цифровая обработка биомедицинских сигналов

Дискретизация и квантование непрерывных сигналов. Выбор частоты дискретизации. Теорема Котельникова. Связь спектральных представлений непрерывного и дискретного сигналов. Дискретное преобразование Фурье. Цифровая корреляция. Цифровая свертка.

Особенности спектрального анализа дискретных сигналов на ограниченном

интервале времени. Применение оконных функций.

Линейная фильтрация сигналов. Синхронное усреднение. Фильтры скользящего среднего. Фильтрация в частотной области. Оптимальные фильтры.

3. МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

3.1. Обзор и классификация медицинской техники

Медицинские изделия (МИ). Процедура регистрации МИ. Методы построения классификаторов: иерархический, фасетный. ОКП, ОКПД2, ТНВЭД. Номенклатурная классификация МИ по видам. Номенклатурная классификация МИ по классам в зависимости от потенциального риска их применения. Номенклатура МИ ЕАЭС. Всемирная номенклатура МИ (GMDN).

3.2. Приборы для электрофизиологической диагностики

Структура усилителя биопотенциалов (УБП). Требования к УБП. Согласование УБП с электродами. Методы подавления сетевой помехи. Классическая двухкаскадная схема дифференциального усилителя. Многофазный усилитель. Многоканальный усилитель с вычитанием. Выбор АЦП. Шумовые характеристики УБП. Особенности УБП для ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, ЭГЭГ. Защита УБП от статического электричества. Схема контроля контактного сопротивления электродов. Схема детектора сетевых помех.

Электрокардиографы (ЭКГФ). Типы ЭКГФ, основные параметры. ЭКГФ с микропроцессорным управлением (на примере ЭК1ТЦ-01). Компьютерные ЭКГФ: основные функции программного обеспечения. Кардиомониторы (КМН). Холтеровские КМН.

Электроэнцефалографы (ЭЭГФ). Типы ЭЭГФ, способы отведений. Структурные схемы ЭЭГФ. Основные функции программного обеспечения компьютерных ЭЭГФ

Электромиографы (ЭМГФ). Особенности сигналов поверхностной и игольчатой ЭМГ. Обобщенная структурная схема компьютерного ЭМГФ. Режимы стимуляции. Интегратор ЭМГ.

Реографы (РГФ). Идея метода. Виды РГФ. Выбор частоты измерений. Системы отведений. Структурная схема реографа типа Р4-02.

Электробезопасность. Маркировка и расположение изоляции для приборов классов I и II, типы ВF и CF. Измерение тока утечки.

3.3. Технические средства электрокардиостимуляции

Основные виды электрической стимуляции сердца (ЭСС). Основная задача и принципы ЭСС. Алгоритмы работы модели проводящей системы сердца без стимуляции, при предсердной стимуляции, при желудочковой стимуляции. Современные методы ЭСС. Временные наружные кардиостимуляторы (КС). Постоянные имплантируемые КС. Основные виды имплантируемых КС (однокамерные, двухкамерные, трехкамерные). Методика стимуляции имплантированных КС. Принцип работы имплантированных КС.

3.4. Медицинские приборы для лабораторного анализа

Контроль качества клинических лабораторных исследований. Внутрилабораторный контроль качества результатов лабораторных исследований. Контрольные карты. Межлабораторный и внешний контроль качества.

Классификация гематологических анализаторов. Измеряемые показатели. Кондуктометрические гематологические анализаторы. Метод измерения. Гематологические анализаторы, использующие проточную цитометрию и цитофлуориметрию. Гематологические микроскопы-анализаторы. Определение гемостаза. Три основных механизма остановки кровотечения. Классификация коагулометров. Механические и оптико-механические коагулометры. Лазерные агрегометры. Метод регистрации агрегации тромбоцитов по флуктуации светопропускания (ФСП-метод). Импедансные агрегометры. Механический тромбоэластограф. Оптико-механический тромбоэластограф. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Ручной метод измерения СОЭ. Основные принципы измерения в автоматических анализаторах СОЭ. Преимущество наклонного расположения пробирок.

Классификация анализаторов мочи. Анализируемые параметры. Анализаторы мочи, использующие проточную цитофлуориметрию. Анализаторы мочи, использующие тест-полоски.

Клиническая биохимия. Реакции, выполняемые на биохимических анализаторах. Измерение активности фермента. Биохимические анализаторы. Иммунохимические методы исследований. Приборы для иммунохимического анализа.

Электрофоретические анализаторы. Средства плоскостного электрофореза. Структурная схема и принцип действия прибора с горизонтальным расположением пластин. Средства диск-электрофореза. Капиллярные электрофоретические анализаторы. Структурная схема и принцип действия прибора. Изотахофорез.

3.5. Применение ультразвука в медицине

Основные акустические величины. Уравнения гидроакустики. Плоские УЗ волны. Сферические УЗ волны. Распространение ультразвуковых волн в присутствии границы раздела акустически разнородных сред. Излучатели ультразвука и их основные характеристики. Типы УЗ датчиков. Основные характеристики УЗ сканеров. Продольная и поперечная разрешающая способность, чувствительность, динамический диапазон.

Ультразвуковая диагностика в медицине. Использование УЗ волн в медицинской диагностике. Основные принципы ультразвуковой визуализации. Эхо-импульсные методы визуализации: А-М эхограммы, В эхограммы. Области применения. Артефакты, классификация, примеры. Методы оценки качества изображения УЗ сканеров. Фантомы. Эффект Доплера в акустике. Доплеровские приборы УЗ диагностики в непрерывном и импульсном режимах.

3.6. Компьютерная томография

Характеристики изображения. Особенности цифрового представления изображений. Особенности зрительного восприятия. Описание процесса регистрации в спектральной области. Восстановление (воспроизведение) изображения методом частотной коррекции. Регуляризация метода частотной коррекции.

Алгебраические и интегральные методы в задачах КТ. Лучевая КТ. Преобразование Радона. Алгоритм двумерной реконструкции по Фурье. Алгоритм обращения фильтрованных проекций.

Рентгеновская КТ (РКТ). Источники и детекторы рентгеновского излучения. Способы сканирования в РКТ. Лучевой интеграл и представление результатов реконструкции в РКТ. Калибровка сканера в РКТ. Способы снижения полихроматических артефактов. Метрологические характеристики рентгеновских томографов.

Радиоактивность и радионуклидная диагностика. Способы получения радионуклидов. Позитронная ЭКТ. Лучевой интеграл в ПЭКТ. Сканирование в ПЭКТ. Источники искажений в ЭКТ и их учет.

ЯМР томография. Физические основы ЯМР. Уравнение Блоха. Возбуждение колебаний поперечной намагниченности ВЧ импульсами. Пространственное кодирование частоты свободной прецессии. Выбор сечения методом селективного возбуждения. Реконструкция по Фурье методом фазо-частотного кодирования. Виды кодирующих последовательностей. Получение контраста по T1 и по T2.

4. БИОТЕХНИЧЕСКЕ СИСТЕМЫ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

4.1. Основные понятия и принципы общей теории систем и теории биотехнических систем

Основные понятия и принципы теории систем. Понятие "Система", "Цель". Четыре аксиомы теории систем. Простая системная функциональная единица. Составная СФЕ. Виды блоков управления. Иерархия целей и систем. Функциональное состояние системы. Рассмотрение организма с позиций системного анализа. Гомеостаз. Основные сведения по системному подходу при сопряжении элементов живой и неживой природы. Системные закономерности искусственного жизнеобеспечения. Управление в биологических системах.

4.2. Классификация биотехнических систем

Определение, общие свойства и принципы синтеза биотехнических систем. Классификация биотехнических систем по их целевой функции. Биотехнические системы эргатического типа. Биотехнические системы управления поведением биологических объектов. Биотехнические информационно-измерительные системы медицинского назначения. Основы нечеткой логики в контексте проектирования БТС.

4.3. Биотехнические системы медицинского назначения

Синтез медицинских биотехнических систем терапевтического типа. Медицинские мониторинговые системы. Медицинские системы поддержки принятия решений врача. Медицинские роботизированные и робот-ассистированные комплексы. Медицинские системы для замещения утраченных функций. Нейронные сети и моделирование биотехнических систем. Искусственный интеллект и биотехнические системы. Биотехнические технологии.

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

5.1. Классификация моделей

Определение и свойства модели. Классификация моделей. Области применения математических моделей.

5.2. Аналитические модели

Модели биологических систем, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями первого порядка. Модель роста популяции с нижней критической границей численности. Модели взаимодействия двух популяций. Моделирование с помощью дифференциальных уравнений в частных производных.

5.3. Алгоритмические модели

Авторегрессионное моделирование. Методы определения параметров АР-модели. Моделирование точечных процессов: модель генерации сигнала электромиограммы. Моделирование с помощью клеточных автоматов.

5.4. Имитационное моделирование

Специфика имитационного моделирования биологических процессов и систем. Специализированные языки имитационного моделирования. Симуляторы NEST, NEURON.

5.5. Моделирование случайных событий и процессов

Псевдослучайная последовательность независимых чисел с равномерным законом распределения. Метод Монте-Карло. Моделирование случайных величин с заданными законами распределения.

Основная литература

1. Рангайян Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход : учебное пособие для вузов: пер. с англ. / Р. М. Рангайян . – М. :Физматлит, 2010 . – 440 с. - ISBN 978-5-9221-0730-3 .;
2. Немирко А. П., Манило Л. А., Калиниченко А. Н.- "Математический анализ биомедицинских сигналов и данных", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2017 - (248 с.).<https://e.lanbook.com/book/104986>.
3. Горицкий, Ю. А. Введение в математическую статистику : учебное пособие по курсу "Теория вероятностей и математическая статистика / Ю. А. Горицкий, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 112 с. - ISBN 978-5-7046-1609-2
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8112>;
4. Ростовцев В. С.- "Искусственные нейронные сети", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (216с.) <https://e.lanbook.com/book/122180>;
5. Корневский, Н. А. Биотехнические системы медицинского назначения : учебник для вузов / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей . – Старый Оскол : ТНТ, 2014 . – 688 с. - ISBN 978-5-94178-352-6 .;
6. Корневский, Н. А. Проектирование биотехнических систем медицинского назначения. Общие вопросы проектирования / Н. А. Корневский, З. М. Юлдашев . – Старый Оскол : ТНТ, 2020 . – 312 с. - ISBN 978-5-94178-562-9 .;
7. Илясов, Л. В. Биомедицинская аналитическая техника : учебное пособие для вузов / Л. В. Илясов . – СПб. : Политехника, 2012 . – 350 с. – (Учебное пособие для вузов) . - ISBN 978-5-7325-1012-6 .;
8. Жихарева, Г. В. Медицинские приборы для лабораторного анализа. Фотометры. Рефрактомеры. Поляриметры : учебное пособие / Г. В. Жихарева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 46 с. - ISBN 978-5-7046-2052-5 . <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10327>;

9. Жихарева, Г. В. Медицинские приборы для лабораторного анализа. Часть 1. Абсорбционные фотометры : учебное пособие / Г. В. Жихарева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-1640-5 <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=7711>.

10. Корневский, Н. А. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы : учебное пособие для вузов / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей, С. П. Серегин, Курский гос. технич. ун-т . – 2-е изд . – Курск : Курский гос. технич. ун-т, 2009 . – 986 с. - ISBN 978-5-7277-0506-3 .;

11. Корневский, Н. А. Узлы и элементы биотехнических систем : учебник для вузов / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей . – Старый Оскол : ТНТ, 2012 . – 448 с. - ISBN 978-5-94178-332-8 .;

12. Попечителей, Е. П. Системный анализ медико-биологических исследований : учебное пособие для вузов / Е. П. Попечителей . – Старый Оскол : ТНТ, 2014 . – 420 с. - ISBN 978-5-94178-409-7 .;

13. Корневский, Н. А. Эксплуатация и ремонт биотехнических систем медицинского назначения : учебное пособие для вузов / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей, С. П. Серегин . – Старый Оскол : ТНТ, 2014 . – 432 с. - ISBN 978-5-94178-330-4 .;

14. Яковлева, И. В. Безопасность медицинской техники: учебное пособие для вузов / И. В. Яковлева. – Старый Оскол : ТНТ, 2013. – 240 с. - ISBN 978-5-94178-379-3.

15. Поршнева С. В.- "Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2011 - (736 с.) https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=650;

16. Н. Н. Митракова, А. О. Евдокимов- "Компьютерная томография: конспект лекций", Издательство: "Поволжский государственный технологический университет", Йошкар-Ола, 2013 - (125 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=439250>;

Дополнительная литература

1. Волькенштейн М. В.- "Биофизика", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2012 - (608 с.) http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3898.

2. И. Ш. Абдуллин, Е. А. Панкова, Ф. С. Шарифуллин- "Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы", Издательство: "Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ)", Казань, 2011 - (106 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258619>

3. Вдовин В. М., Суркова Л. Е., Валентинов В. А.- "Теория систем и системный анализ", (3-е изд.), Издательство: "Дашков и К", Москва, 2016 - (644 с.) <https://e.lanbook.com/book/93352>;

«Согласовано»

Директор ИРЭ
к.т.н., доцент

Куликов Р.С.