

Содержание программы кандидатского экзамена по дисциплине "Математическая биология, биоинформатика"

1. Теоретические и методологические основы биологической информатики. Биоинформатика – интегративная дисциплина

1.1. Предметная область биоинформатики – изучение организации и функционирования биологических систем на основе теоретических представлений, методов и технических средств информатики (науки, изучающей все аспекты получения, хранения, преобразования, передачи и использования информации). Гносеологические корни биоинформатики. Взаимодействие биологических отраслей, математических дисциплин, семиотики, лингвистики, философии. Бионика. Биокибернетика. История возникновения биоинформатики в ходе развития информационных наук и технологий. Фундаментальные и прикладные аспекты биоинформатики.

1.2. Классическая теория информации. Теория кодирования. Энтропия как мера неопределенности стационарного случайного процесса. Количество информации и способы его измерения. Избыточность сигналов. Сжатие данных. Ошибки при передаче и хранении данных. Дискретные каналы связи с памятью и без памяти. Помехозащитное кодирование. Теорема Шеннона о пропускной способности канала связи.

1.3. Теория динамических систем. Синергетика (Г. Накен). Явления самоорганизации. Критика термодинамической трактовки информации (Д.С. Чернавский). Макро- и микроинформация. Виды и свойства информации. Понятия «ценности» и «осмысленности» информации. Рецепция и генерация информации. Сигнал как процесс, несущий информацию; дискретные (цифровые) и непрерывные (аналоговые) сигналы. Соотношение понятий «данные», «сообщение», «информация», «знания».

1.4. Теория вероятностей. Случайные величины, их распределение и моменты. Законы больших чисел. Центральная предельная теорема. Понятие случайного процесса.

1.5. Математическая статистика. Планирование исследований. Типы данных. Статистический анализ данных.

1.6. Математическая логика. Алгебра логики. Логические выражения и логические операции. Множества и операции над ними. Отношения и функции.

1.7. Теория алгоритмов. Три класса алгоритмических моделей. Машина Тьюринга. Алгоритмы Маркова. Алгоритмически неразрешимые проблемы.

1.8. Системы счисления. Понятие о форматах чисел. Непозиционные системы; римская система записи чисел. Позиционные системы; десятичная система, двоичный код. Перевод чисел из одной позиционной системы в другую. Коды представления информации.

1.9. Системный анализ. Основные свойства системы: разнообразие, сложность, связность, устойчивость, управляемость, целостность. Типы систем. Задачи структурного анализа систем. Структурная сложность систем. Иерархия как способ преодоления сложности. Аксиомы системной сложности, виды сложности (автономная, вычислительная, динамическая, эволюционная). Понятие устойчивости и адаптируемости систем. Реализация принципов устойчивости и адаптируемости в автоматических и автоматизируемых системах.

1.10. Знаковые системы (семиотика). Синтаксис, семантика и прагматика знака.

1.11. Теория распознавания образов (М.М. Бонгард, И.М. Гельфанд). Обучение.

1.12. Моделирование реальных систем, процессов и явлений. Математические модели. Имитационные модели; моделирование по времени и по событиям. Теоретические модели больших систем (алгебраические, теоретико-множественные, логические, сетевые, графовые и т.д.). Текстовые модели представления знаний и данных. Примеры моделей живых систем.

1.13. Теория принятых решений (исследование операций); концепции и механизмы выбора. Выбор оптимального решения; математическое программирование. Многокритериальные задачи. Теория игр; математические модели поиска рациональной стратегии поведения в конфликтных ситуациях.

1.14. Интеллектуальные (когнитивные) системы. Представление знаний; семантические сети, фреймы. Моделирование рассуждений. Диалоговые системы. Экспертные системы. Принципы информационного поиска. Теория нейросетей.

2. Вычислительная техника

2.1. История появления и развития вычислительной техники. Электронные (цифровые), аналоговые и гибридные вычислительные машины.

2.2. Классификация электронных вычислительных машин (ЭВМ). Архитектура ЭВМ. Состав устройств ЭВМ, их назначение. Структурная схема фоннеймановской ЭВМ. Интегральные схемы. Микропроцессоры.

2.3. Кодирование и передача информации в ЭВМ. Способы представления чисел и методы преобразования информации. Машинная реализация арифметических операций.

2.4. Основные функциональные блоки центрального обрабатывающего устройства (процессора) ЭВМ. Назначение и структура арифметико-логического устройства ЭВМ. Принципы работы и состав узлов управления ЭВМ.

2.5. Запоминающие устройства ЭВМ. Классификация памяти. Постоянная, оперативная, сверхоперативная память. Виды памяти, используемой в устройствах ЭВМ.

2.6. Структура и характеристики внешних (периферийных) устройств ЭВМ. Организация обмена информацией между центральным обрабатывающим устройством и внешними устройствами ЭВМ. Внешние запоминающие устройства (ВЗУ); области их использования.

Устройства ввода-вывода. Унифицированные системы связей – интерфейсы. Буквенно-цифровые печатающие устройства. Ввод, вывод и обработка графических изображений. Читающие устройства для ввода информации с документов, устройства речевого ввода-вывода.

2.7. Персональные ЭВМ; классификация, назначение. Принципиальная структурная схема. Основные технические характеристики: объем внутренней памяти, тактовая частота и разрядность микропроцессора.

2.8. Многомашинные вычислительные системы, их особенности и структура. Локальные и глобальные вычислительные сети.

2.9. Системы телеобработки информации. Структура звеньев передачи данных.

3. Программное управление ЭВМ

3.1. Понятие алгоритма. Основные свойства и типы алгоритмов. Структурное проектирование программ.

3.2. Принципы программного управления ЭВМ. Команды, системы кодирования, системы адресации. Состав программного обеспечения ЭВМ.

3.3. Системное программное обеспечение. Операционная система. Организация файлов на диске. Хранение, поиск и обработка данных. Диалоговый (интерактивный) режим работы на компьютере.

3.4. Прикладное программное обеспечение. Текстовые и графические редакторы. Системы управления базами данных (СУБД). Табличные процессоры. Коммуникационные (сетевые) программы. Прикладные программы специального назначения (пакеты прикладных программ).

3.5. Системы программирования. Языки программирования ЭВМ. Классификация языков. Принцип построения трансляторов. Применение языков программирования (PASCAL, BASIC) для решения медико-биологических задач.

4. Информационные технологии. Использование в биологии и медицине

4.1. Проблемы информационного обеспечения биомедицинских исследований – фундаментальных и прикладных. Источники информации. Информационные потребности и информационное поведение специалистов по фундаментальным и прикладным отраслям (биологов, биотехнологов, врачей и др.).

4.2. Базы и банки данных.

Обработка данных. Классы структур данных: иерархические, сетевые и реляционные. Уровни представления данных. Языки описания и манипулирования данными. Системы управления базами данных (СУБД). Архитектура СУБД. Основные конструкции структур данных. Функции СУБД. Категории пользователей СУБД. Система администрирования банком данных, ее компоненты и функции.

4.3. Информационный поиск. Основные понятия и виды поиска. Информационно-поисковые языки. Понятия пертинентности, смысловой и формальной релевантности. Критерии выдачи. Модели поиска. Стратегии поиска. Функциональная эффективность поиска. Поисковые массивы, способы их организации. Понятия об ассоциативном поиске и условиях его реализации.

4.4. Интеллектуальные информационные системы. Взаимодействие «человек–компьютер»; поддержка и усиление интеллектуальной активности человека. Прогнозирование свойств структурированных объектов в базах данных с неполной информацией в областях фармакологии, токсикологии, биохимии, медицинской диагностики, психологии и др.

4.5. Гипертекстовые системы.

4.6. Гипермедиа-системы. Представление зрительной и звуковой информации в цифровой форме.

4.7. Построение экспертных систем. Извлечение экспертных знаний.

4.8. Базы знаний. Классификационные системы: иерархические, фасетные, алфавитно-предметные классификации. Тезаурусные методы представления знаний.

4.9. Сетевые и коммуникационные технологии. Глобальные, территориальные и локальные сети. Средства передачи данных; средства хранения и обработки данных.

5.0. Технологии телекоммуникации. Интернет. Понятия Web-канала, Web-страницы, гиперссылки и т.д. Электронная почта. Телеконференции. Интернет как средство профессионального общения и решения конкретных задач биологии и медицины.

5. Живые системы. Информационные биологические процессы

5.1. Биология – интегративная наука, изучающая живые организмы; редукционистский и холистический подходы. Понятия «жизнь, живое» с позиций биологии, кибернетики, философии. Отличительные признаки живого. Характеристики живого как сложной системы. Самоорганизация биологических систем.

Понятие «биологическая информация». Принципы восприятия, передачи и обработки информации в организме.

5.2. Методология изучения живых систем.

Уровни организации и уровни изучения живой материи: макромолекулы, клетки, органы, ткани, организмы, популяции, виды, биогеоценозы, биосфера. Систематика живых организмов. Биологическое разнообразие. Современные биологические дисциплины.

5.3. Планирование и основные этапы биологического исследования. Статистические методы обработки медико-биологических данных. Пакеты компьютерных программ. Базы и банки биологических и медицинских данных. Информационная поддержка исследований. Экспертные системы. Системы медицинской диагностики. Принципы моделирования

биологических систем и процессов. Фрактальный анализ в медико-биологических исследованиях.

5.4. Химические компоненты и молекулярная организация живого. Свойства молекул воды. Малые органические молекулы живой клетки. Макромолекулы – углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты. Метаболические процессы. Ферменты.

5.5. Кинетика и термодинамика биологических процессов.

5.6. Вирусы – структуры, занимающие пограничное положение между живой и неживой материей. Строение. Жизненные циклы. Бактериофаги.

5.7. Прокариоты (доядерные организмы) и эукариоты (истинноядерные); основные различия.

5.8. Бактерии. Размножение. Условия существования. Основные группы.

5.9. Эукариотическая клетка; основные компоненты, компартментация в клетках высших организмов. Особенности структурно-функциональной организации растительных и животных клеток.

5.10. Биологическое узнавание. Межклеточные коммуникации. Хемотаксисы. Сверхслабые излучения клеток и тканей. Межклеточная адгезия. Межклеточные соединения (плотные соединения, щелевые контакты).

Механизмы поддержания нормальной организации тканей. Регенерация.

5.11. Химическая клеточная сигнализация; аналоговый характер. Медиа-торные вещества. Рецепторные белки плазматических мембран. Внутриклеточные рецепторы. Взаимодействие лиганд-рецептор; лекарственные и токсические влияния.

5.12. Электрическая клеточная сигнализация; дискретный характер. Биопотенциалы.

5.13. Наследственность и изменчивость на разных уровнях организации живого (молекулярном, клеточном, организменном и популяционном). Мутагенез. Геномика: компьютерное картирование генов и геномов. Компьютерная протеомика. Основы генной инженерии. Селекция микроорганизмов, растений, животных. Основы биотехнологии.

5.14. Индивидуальное развитие организмов. Дифференцировка и специализация клеток. Запрограммированная гибель клеток (апоптоз). Органогенез. Биогенетический закон. Старение; соотношение роли генетических факторов и условий жизни.

5.15. Злокачественные новообразования как следствие нарушения молекулярно-генетических и клеточных регуляторных механизмов.

5.16. Функциональные системы растительных организмов. Регуляторные и адаптационные механизмы. Автотрофное питание. Фотосинтез, дыхание. Экскреция азотистых веществ, осморегуляция. Рост и развитие. Иммунитет.

5.17. Гомеостатические системы животных организмов. Принципы регуляции внутренней среды, адаптации к изменениям внешних условий. Регуляция метаболизма. Ферментативные реакции. Метаболические пути. Кислотно-щелочное равновесие. Транспорт газов крови. Водный и электролитный баланс. Гемопоз; механизмы регуляции образования эритроцитов. Свертывание крови. Поддержание жидкого состояния внутренней среды. Регуляция кровообращения. Гипертензия и гипотензия. Регуляция дыхания. Регуляция функций желудочно-кишечного тракта. Жажда, голод. Терморегуляция. Приспособление и адаптация к воздействию экологических факторов (высота, давление, температура, газовый состав воздуха, шум, вибрация, ускорение и др.). Нейроэндокринная регуляторная система. Нейромедиаторы, гормоны. Иммунная система. Молекулярно-клеточные механизмы иммунитета; иммунное узнавание. Взаимодействие нейроэндокринной и иммунной систем. Эволюция систем физиологической регуляции.

5.18. Биомеханика. Опорно-двигательный аппарат. Скелетные мышцы; сократительный аппарат и проприорецепторы. Двигательные центры головного и спинного мозга; регуляция позы и движений.

5.19. Нейроинформатика. Фундаментальные аспекты: изучение информационных процессов в нервной системе организмов разного филогенетического уровня; интегративные функции центральной нервной системы и т.д. Технологические аспекты: компьютерные

методы проведения и поддержки биологических и медицинских исследований, мультимедиа-системы и т.д. Когнитивные системы. Нейробиологические основы теории распознавания образов и теории нейросетей (нейрокомпьютинг). Моделирование процессов мышления и человеко-машинного общения.

5.20. Сенсорные системы организмов разных таксономических групп. Таксисы бактериальных, растительных и животных организмов.

Переработка сенсорной информации на разных уровнях нервной системы. Восприятие ощущений. Аккомодация. Зрение. Слух. Вестибулярная система. Вкус и обоняние. Температурные (тепловые и холодные) рецепторы. Механорецепторы кожи. Механорецепторы и хеморецепторы внутренних органов. Болевая чувствительность. Орган боковой линии рыб. Электрорецепторы рыб. Осфрадии моллюсков.

5.21. Биология поведения. Коммуникации организмов. Этология. Психо-физиология.

5.22. Сообщества организмов. Экологические системы. Популяции. Биогеоценозы. Динамика численности сообществ; моделирование. Методы биоконтроля с позиций информатики. Поведение живых организмов в системе конкурирующих видов, в системе “хищник–жертва”.

5.23. Эволюция живой природы как процесс передачи, накопления, хранения информации. Теории видообразования.

5.24. Биосфера. Структура, эволюция, условия устойчивости. Антропогенные воздействия. Биомониторинг и экологический прогноз. Методы анализа и моделирования экологических процессов. Экологические принципы природопользования и охраны природы. Ноосфера (В.И. Вернадский).