

Моделирование в медицине. Экспертные системы

Основные понятия моделирования

- **Моделирование** – это метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей.
- **Модель** – это новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса.

Процесс моделирования включает три элемента: *субъект* (исследователь), *объект* исследования, *модель*, опосредствующую отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Место моделирования в деятельности человека

Прототип (реальный объект, процесс)

Моделирование

Принятие решения

Построение моделей включает этапы:



Классификация моделей по области использования

- **Учебные модели** используются при обучении. Например, наглядные пособия, различные тренажеры, обучающие программы.
- **Опытные модели** используются для исследования объекта и прогнозирования его будущих характеристик. Например, опытная установка для проверки прочности шовного хирургического материала.
- **Научно-технические модели** создаются для исследования процессов и явлений. К таким моделям можно отнести модель движения планет Солнечной системы, модель камер сердца и его клапанов.
- **Игровые модели** — это различного рода игры: деловые, экономические, лечебные. С помощью таких моделей можно разрешать конфликтные ситуации, оказывать психологическую помощь, проигрывать поведение объекта в различных ситуациях.
- **Имитационные модели** имитируют реальность с той или иной степенью точности.

Классификация моделей по отрасли знаний

- Биологические
- Медицинские,
- Химические,
- Физические и т.д.

Типы моделей в зависимости от целей использования

- **Оптимизационные** – предназначены для определения новых свойств моделируемого объекта. Например, расчет вероятности развития осложнения после операции.
- **Описательные** - описывают поведение некоторой системы и не предназначены для целей управления. Например, формулы, описывающие изменение концентрации лекарственного вещества в крови после его введения .

Классификация моделей по способу представления

- **Предметные модели** - воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальном мире. Например, искусственный хрусталик, искусственный тазобедренный сустав, скелет человека
- **Информационные модели** – отражают свойства объектов, предметов или процессов с помощью ассоциативных знаков (слова, рисунки, схемы, чертежи, формулы и т.д.). Например, схема кровоснабжения сердца.

Типы информационных моделей: словесные, графические, математические.

В зависимости от структуры информационные модели делятся на *табличные, иерархические и сетевые*.

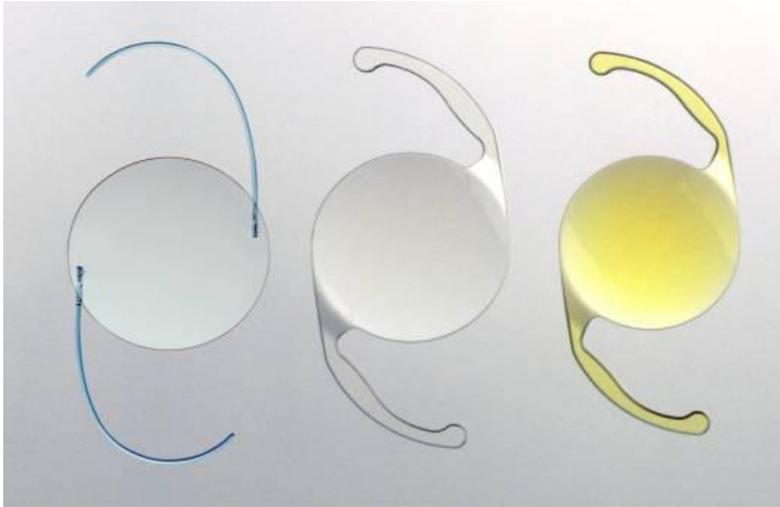
классификация информационных моделей в зависимости от временного

- **Статические** – модель описывает систему в определенный момент времени. Например, классификации заболеваний, методов исследования.
- **Динамические** – описывает процессы изменения и развития систем. Например, схематическое описание развития физиологических систем в процессе развития ребенка

Типы моделей в медицине

- **Вещественные** – имеют внешнее сходство с объектом моделирования. Например, протез нижней конечности.
- **Энергетические** – моделируют функцию организма при отсутствии внешнего сходства. Например, искусственная почка.
- **Смешанные** – моделируют и внешнее сходство объекта и его функцию. Например, дистанционно управляемый протез.
- **Информационные** – описывают объект с помощью ассоциативных знаков.
- **Биологические** – заболевания модулируют на животных. Например, крысы с эпилепсией, тугоухостью, артериальной гипертензией.

Вещественные модели (искусственный хрусталик, слуховые кости, тазобедренный сустав)



Энергетическая модель (аппарат искусственная почка)



Типы математических моделей в медицине

- **Детерминированные** – формула описывает функциональную связь между показателями. Например, минутный объем крови – это произведение фракции выброса крови левым желудочком сердца на частоту сокращений сердца.
- **Вероятностные** – результат оценивается с помощью вероятностных характеристик. Например, расчет анестезиологического и операционного риска по возрасту, исходным показателям функционирования систем организма, типа операции.

Цели математического моделирования в медицине

- Адекватно в короткий срок обобщить сложную сущность явлений и процессов в медицине
- Описать и понять факты, выявить взаимосвязи между элементами
- Найти рациональное решение с наибольшей полнотой и надежностью.
- Быстро и эффективно проверять гипотезы без обращения к эксперименту.
- Предсказывать поведение реальной системы.

Преимущества использования моделей в медицине

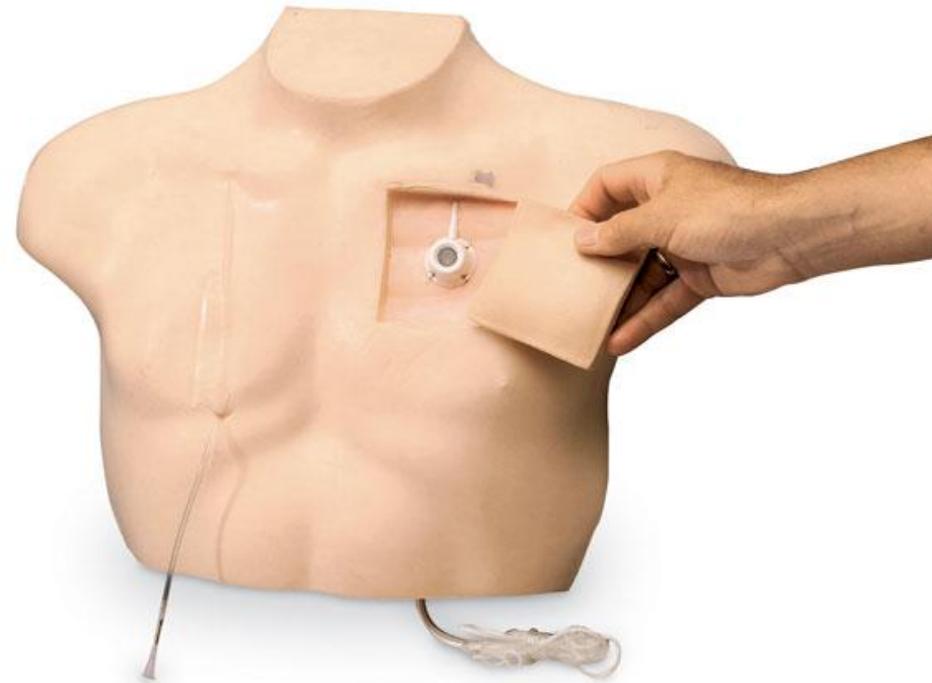
- 1. с помощью метода моделирования на одном комплексе данных можно разработать целый ряд различных моделей, по разному интерпретировать исследование, и выбрать наиболее плодотворную из них для теоретического истолкования.
- 2. в процессе построения модели можно сделать различные дополнения к исследуемой гипотезе и получить ее упрощение.
- 3. в случае сложных математических моделей можно применять компьютер и повысить аналитические возможности.
- 4. открывается возможность проведения модельных экспериментов.

Имитационное моделирование в медицине

- **Имитационное моделирование** — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с моделью называют имитацией (имитация — это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте).

Современная технология имитационного моделирования решает задачи в сфере здравоохранения и фармацевтической отрасли. Например, анализ бизнес-процессов при проектировании больниц, оптимизация количества персонала и медицинского оборудования, планирование выхода на рынок новых лекарственных препаратов.

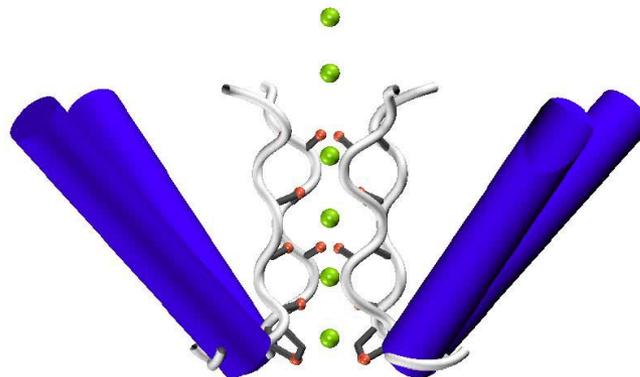
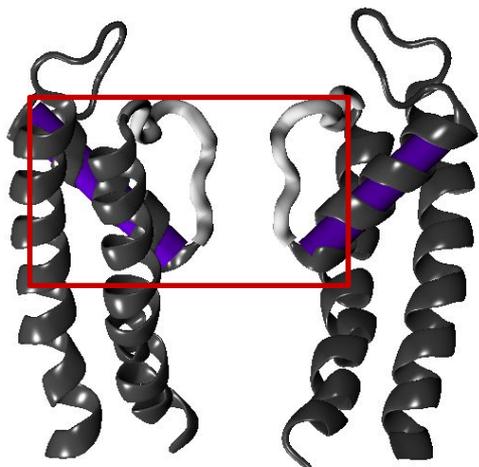
Имитаторы в медицине



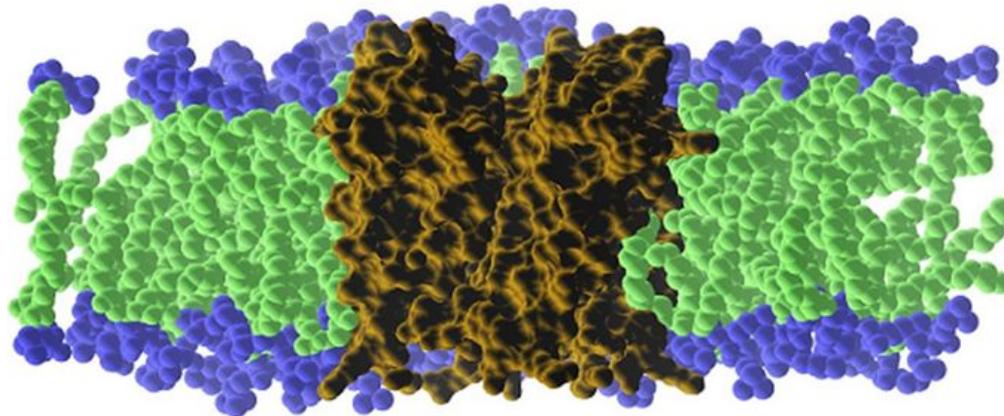
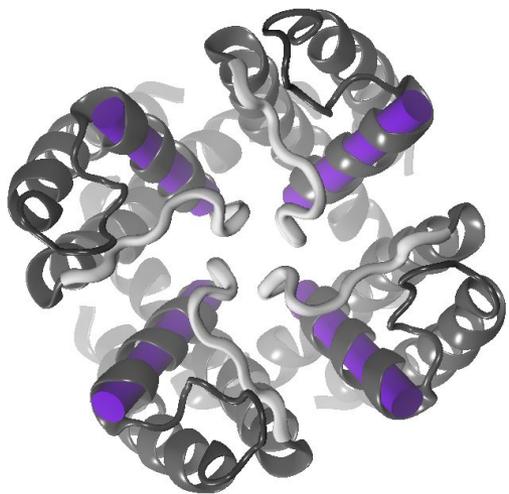
Молекулярное моделирование

- *Молекулярное моделирование* – это область исследований, которая привлекает теоретические и вычислительные методы для моделирования или имитации поведения молекул, состоящих от нескольких атомов и до «гигантских» биологических цепочек. Общей чертой методов молекулярного моделирования является атомистический уровень описания молекулярных систем.

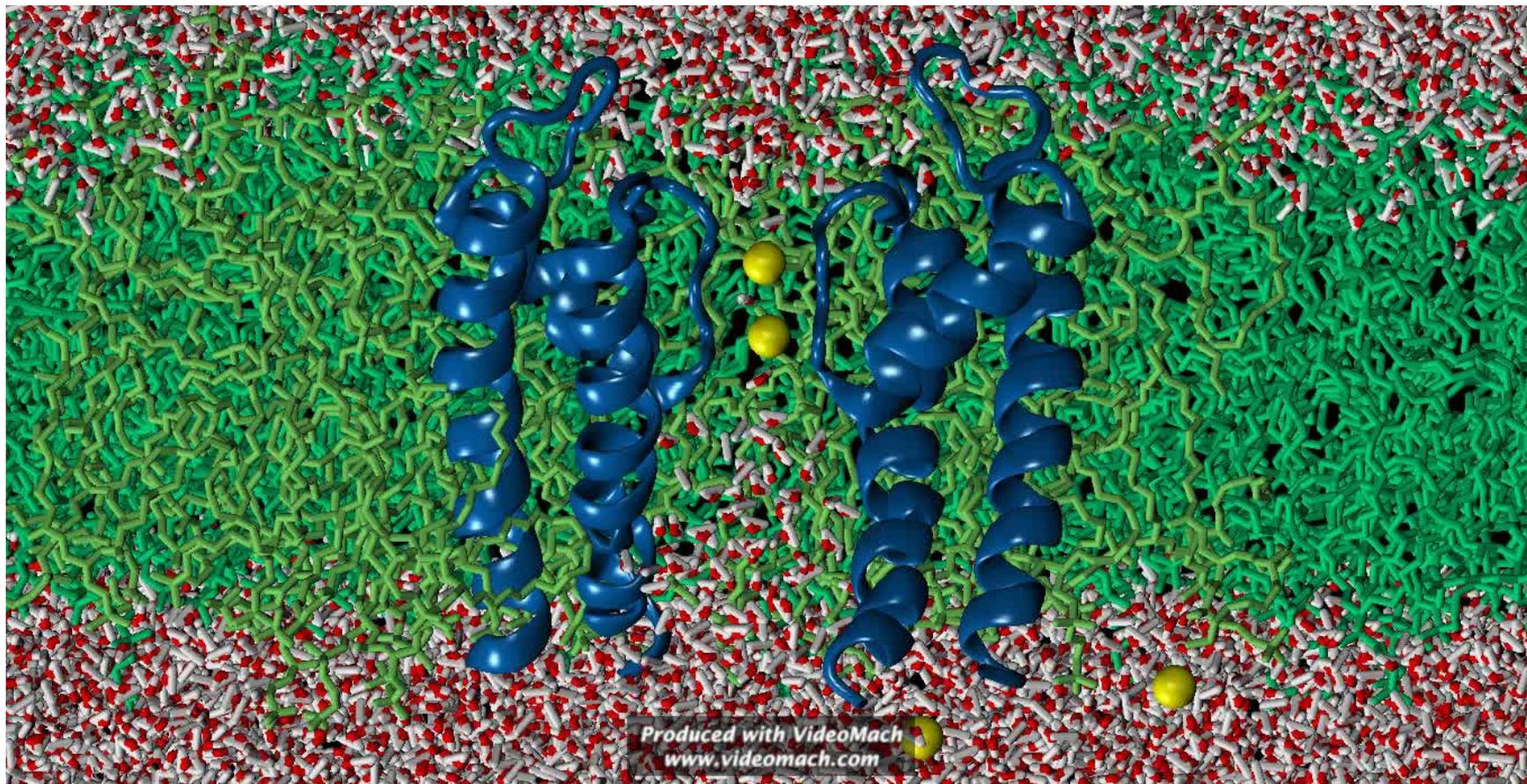
Молекулярное моделирование работы калиевого канала



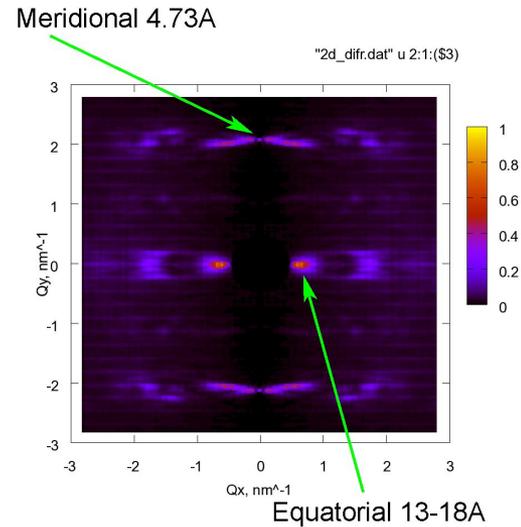
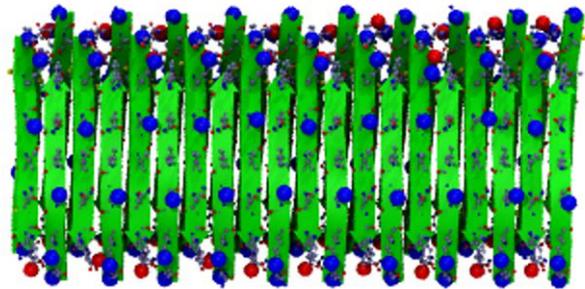
Produced with VideoMach
www.videomach.com



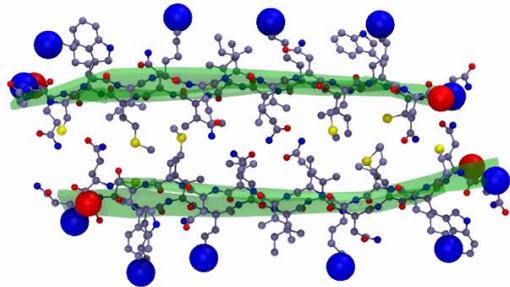
Модель транспорта калия через ионный канал



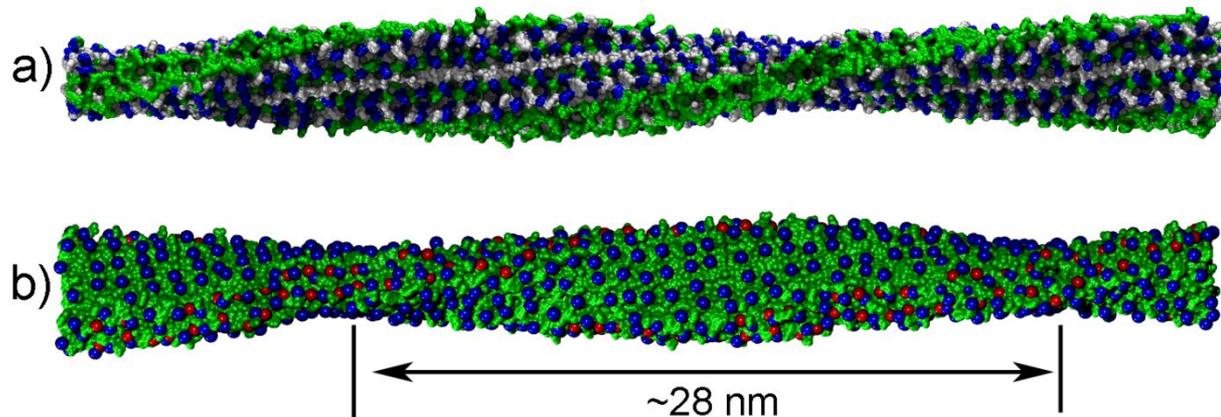
Структура фибрилл ENVITRA по данным моделирования



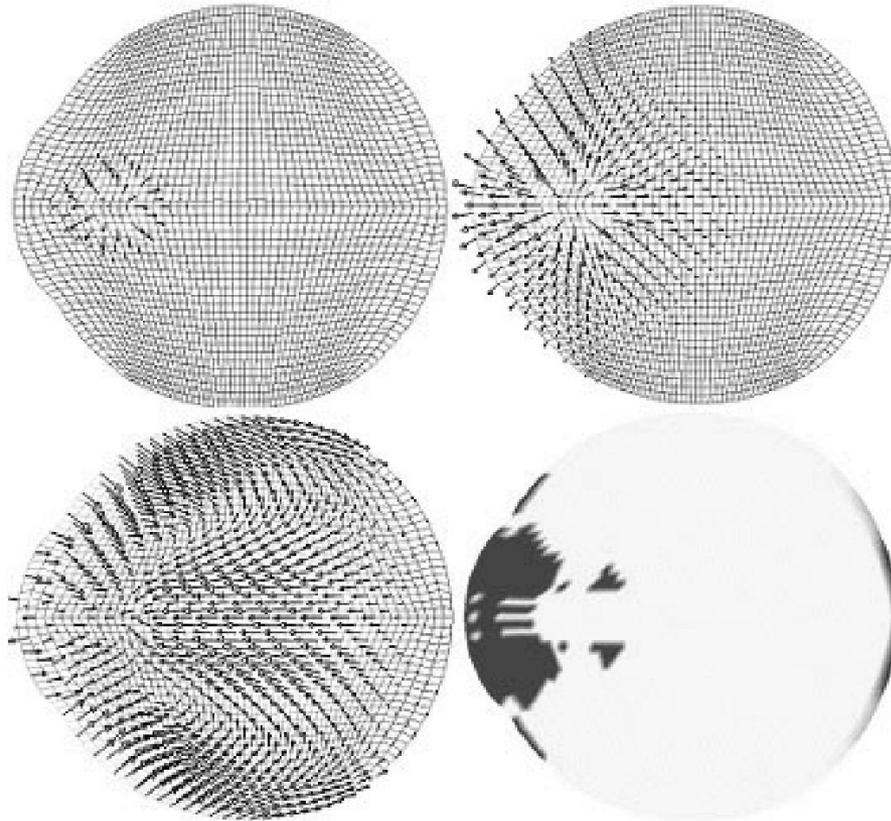
Релаксация фибриллы



Проверка на соответствие эксперименту

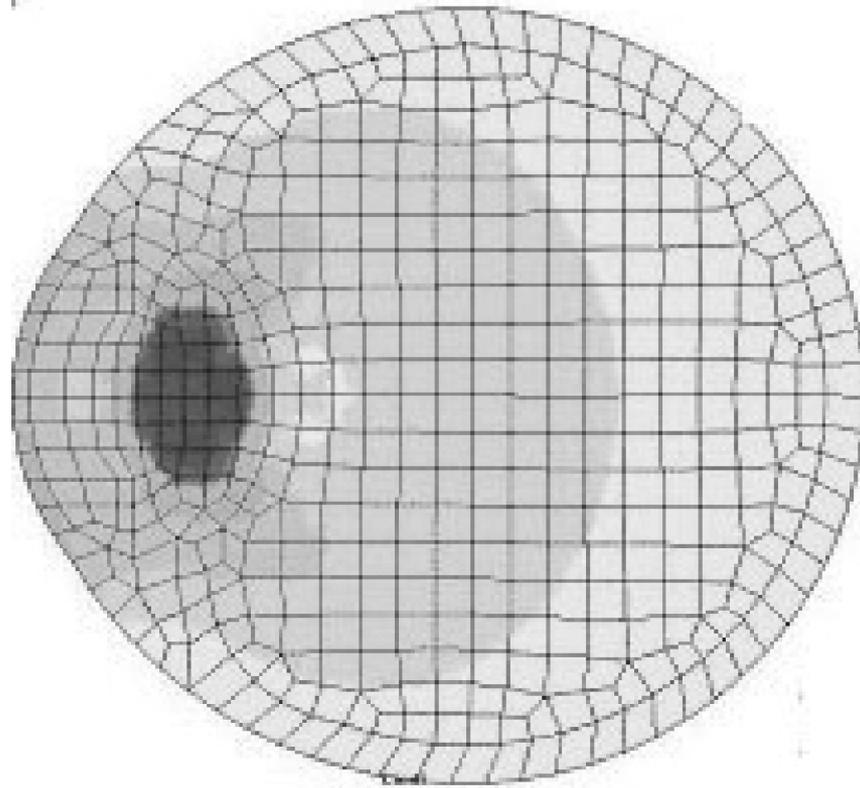


Примеры моделей

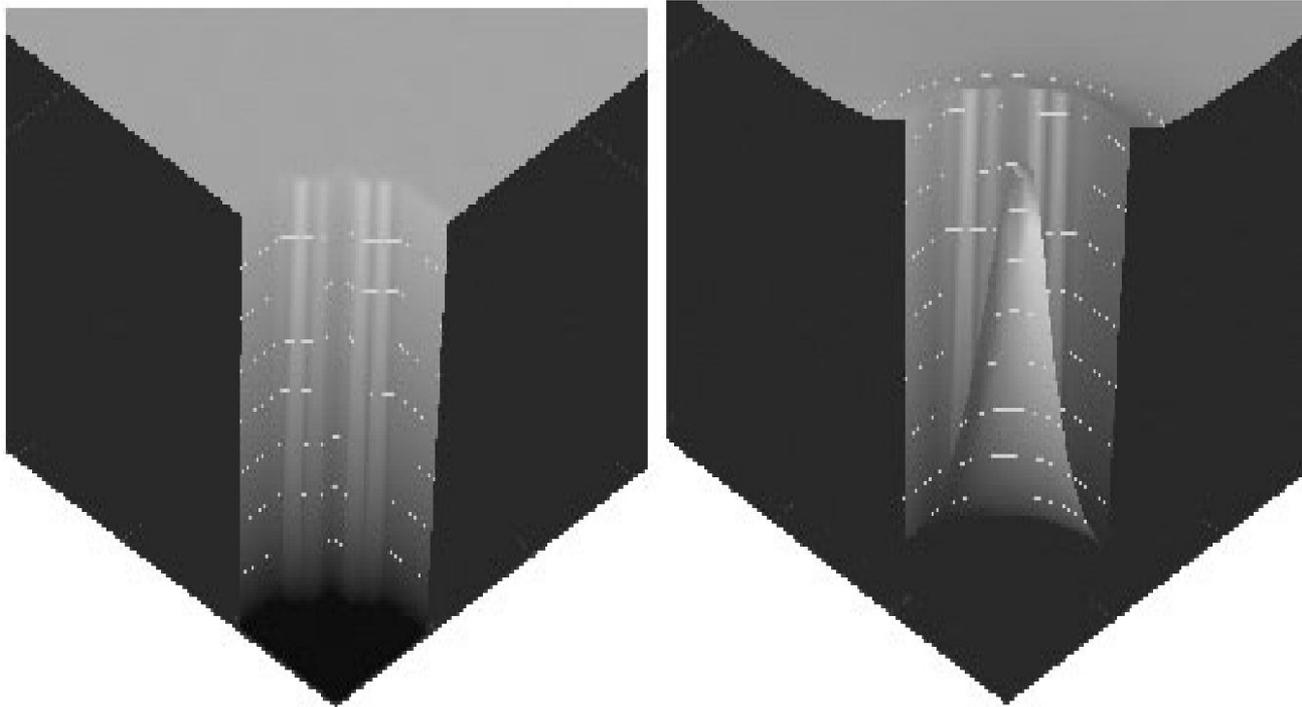


Расчётные сетки, поля скоростей и области возможных поражений глаза (отмечены черным цветом) при лазерном разрушении хрусталика

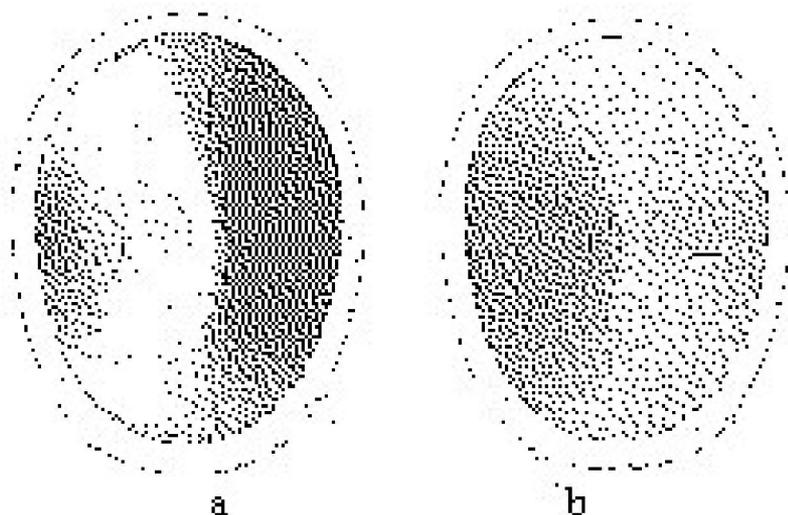
Расчёт давления в глазу человека при проведении лазерной операции по разрушению хрусталика и расчётная сетка



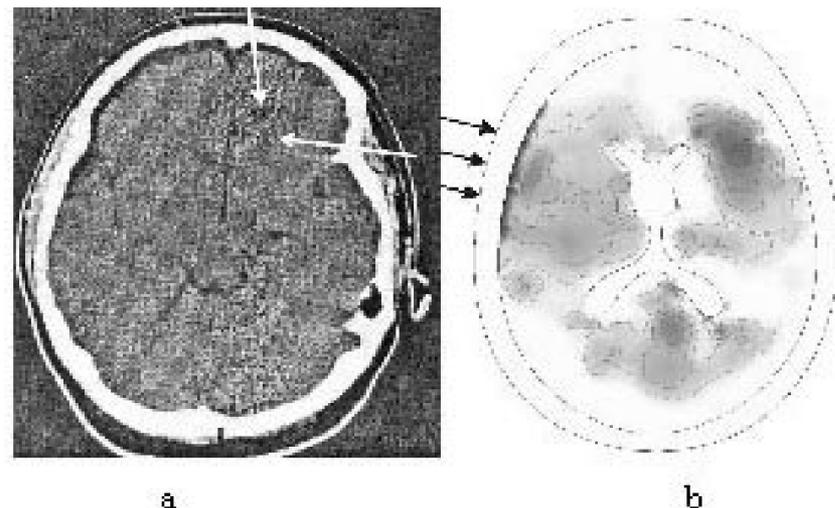
Динамика залечивания кожной раны: трёхмерные картины распределения плотности коллагена в начальный и конечный моменты лечения



Моделирование последствий черепно-мозговых травм



Моделирование максимальных сжимающих и растягивающих напряжений при черепно-мозговой травме



Сравнение расчётной и полученной при томографических исследованиях областей поражения головного мозга

Фармакокинетические модели

- расчет индивидуальных режимов дозирования лекарственных препаратов с помощью реализации математических моделей фармакокинетики
- подбор индивидуальных режимов дозирования конкретного препарата с помощью компьютерной модели (подбор скорости длительной инфузии препарата; подбор нагрузочной дозы, кратности введения, поддерживающей дозы при дробном введении препарата)

Интеллектуальные системы (ИС) поддержки принятия врачебных решений:

выполняют задачи анализа,
моделирования и прогноза в
медицине.

Принятие решения – это акт
целенаправленного воздействия на
объект управления, основанный на
анализе ситуации, определении цели,
разработке программы достижения
этой цели.

Экспертные системы (ЭС) как пример интеллектуализации программных средств:

- **ЭС** – это комплекс программ, аккумулирующий знания специалистов в конкретной предметной области, предназначенный для тиражирования знаний и консультаций менее квалифицированных пользователей.

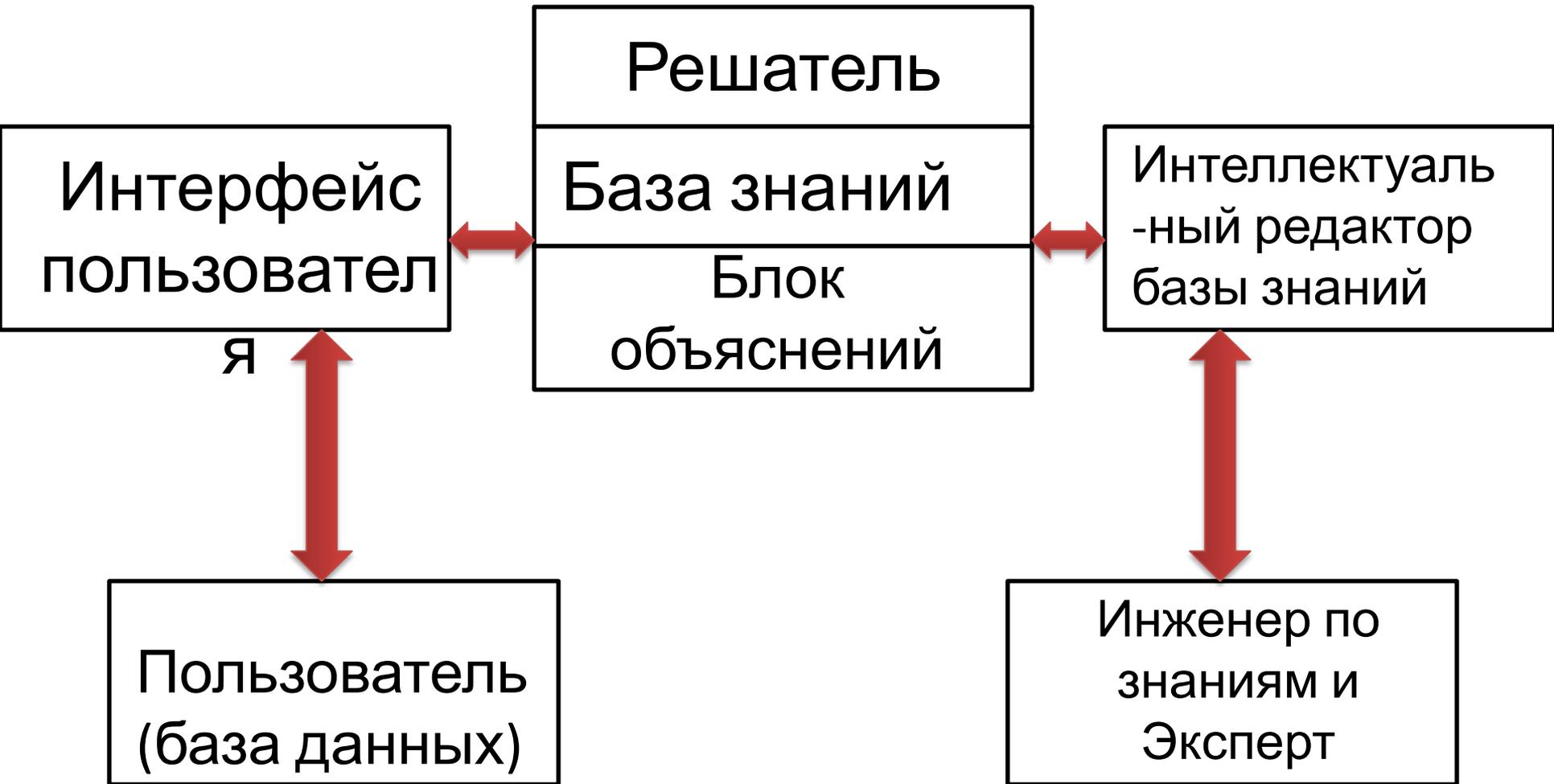
Условия для использования ЭС:

- Исходные данные, представленные экспертам, неоднозначны либо противоречивы.
- Невозможно определить алгоритм однозначного решения задачи классическими методами.
- Задача не может быть представлена в числовой форме.

Классы задач решаемых ЭС

- мониторинг в реальном масштабе времени;
- системы управления верхнего уровня;
- системы обнаружения неисправностей;
- диагностика;
- составление расписаний;
- планирование;
- оптимизация;
- системы - советчики оператора;
- системы проектирования.

Структура экспертной системы



Компоненты структуры ЭС:

Диалоговый компонент ориентирован на организацию интерфейса с пользователем как в ходе решения задач, так и в процессе приобретения знаний и объяснения результатов работы.

База данных (рабочая память) предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи.

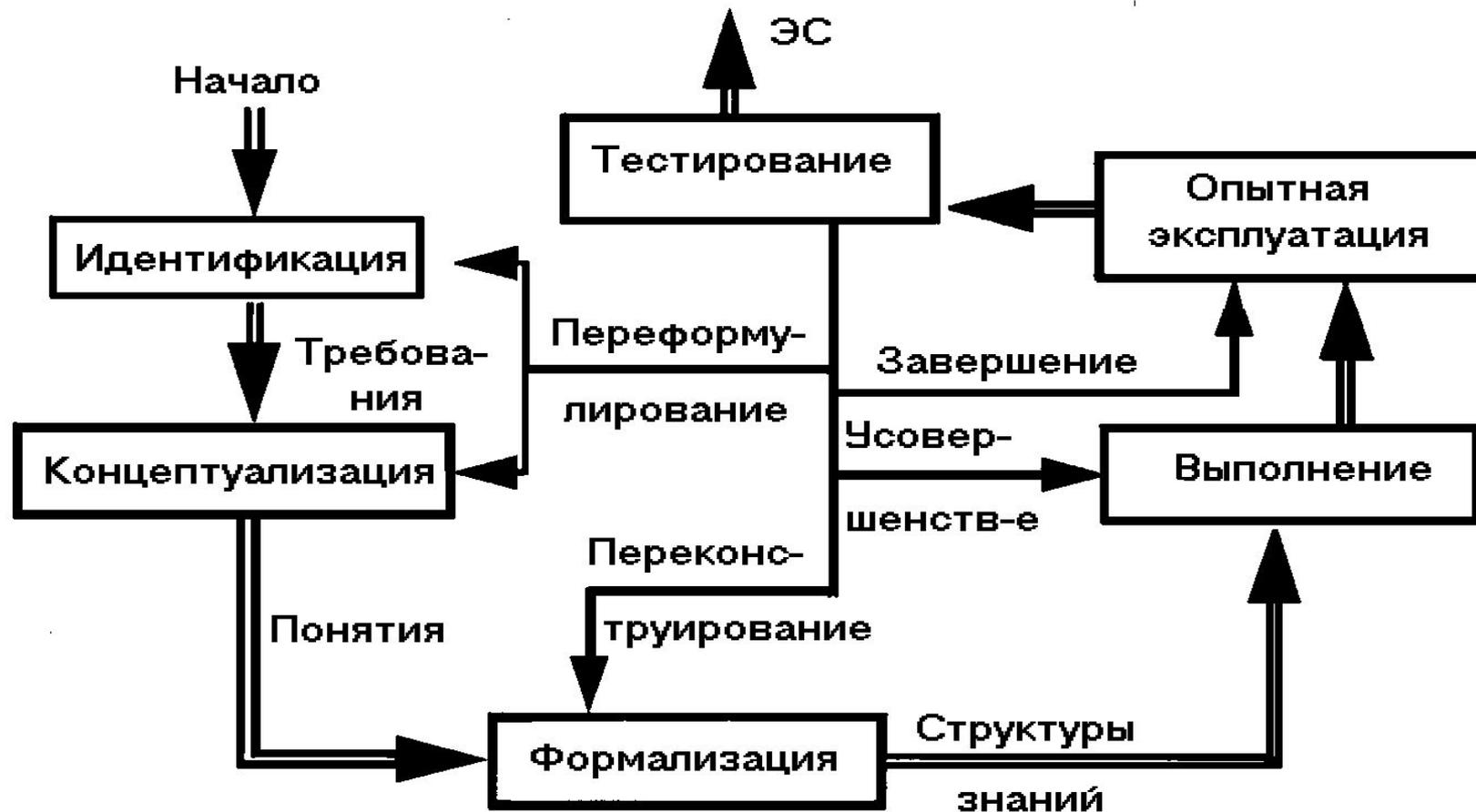
База знаний (БЗ) в ЭС предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область (а не текущих данных), и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области.

Компоненты структуры ЭС (продолжение):

Решатель, используя исходные данные из рабочей памяти и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи.

Объяснительный компонент объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решение) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Схема этапов построения экспертных систем



Этапы построения экспертных систем

- 1. Идентификация** (определение людских и материальных ресурсов, класса задач, целей и т.д.);
- 2. Концептуализация** (определяются основные понятия, терминология, стратегия принятия решений и т.д.);
- 3. Формализация** (выбор языка представления знаний, продукционные модели, семантические сети и т.д.);
- 4. Разработка прототипа** (создание усеченной версии для проверки работы программы);
- 5. Тестирование** (выявление ошибок, адекватности интерфейса и т.д.);
- 6. Опытная эксплуатация.**

В разработке ЭС участвуют представители следующих

Эксперт определяет знания (данные и правила), характеризующие проблемную область, обеспечивает полноту и правильность введенных в ЭС знаний.

Инженер по знаниям помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы ЭС; осуществляет выбор того ИС, которое наиболее подходит для данной проблемной области, и определяет способ представления знаний в этом ИС.

Программист разрабатывает интеллектуальную систему, содержащую все основные компоненты ЭС и осуществляет сопряжение с той средой, в

Классификации экспертных систем

Экспертные системы

- По задаче
- По связи с реальным временем
- По типу ЭВМ
- По степени интеграции

Классификация ЭС по задаче

По задаче

— **Интерпретация данных** (определение свойств личности – АВТАНТЕСТ и др.)

— **Диагностика** (медицинская, аппаратуры, математическое обеспечение и др.)

— **Мониторинг** (контроль за работой электростанций, аварийных датчиков, состоянием больного в реанимации)

— **Проектирование** (конфигураций ЭВМ, проектирование зданий больницы скорой помощи .)

Классификация ЭС по задаче

По задаче



– **Прогнозирование** (предсказание погоды – WILLARD, прогнозы смертности от заболеваний)



– **Планирование** (планирование поведения робота – STRIPS, планирование промышленных заказов – ISIS и т.д.)



Обучение (д
медицины)



ике в разделе

Характеристик ЭС по задачам

Интерпретация данных. Под интерпретацией понимается определение смысла данных, результаты которого должны быть согласованными и корректными. Обычно предусматривается многовариантный анализ данных. Например, определение основных свойств личности по результатам психодиагностического тестирования в системах АВТАНТЕСТ и МИКРОЛЮШЕР и др.

Диагностика. Под диагностикой понимается обнаружение неисправности в некоторой системе. Неисправность - это отклонение от нормы. Такая трактовка позволяет с единых теоретических позиций рассматривать и неисправность оборудования в технических системах, и заболевания живых организмов, и всевозможные природные аномалии. Например, диагностика и терапия сужения коронарных сосудов - ANGY; диагностика ошибок в аппаратуре и математическом обеспечении ЭВМ - система CRIB и др.

Характеристик ЭС по задачам

Мониторинг. Основная задача мониторинга - непрерывная интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы. Например, контроль за работой электростанций СПРИНТ, помощь диспетчерам атомного реактора - REACTOR: контроль аварийных датчиков на химическом заводе - FALCON и др.

Проектирование. Проектирование состоит в подготовке спецификаций на создание "объектов" с заранее определенными свойствами. Под спецификацией понимается весь набор необходимых документов чертеж, пояснительная записка и т.д. Например, синтез электрических цепей – SYN, проектирование больниц скорой помощи

Прогнозирование. Прогнозирующие системы логически выводят вероятные следствия из заданных ситуаций. В прогнозирующей системе обычно используется параметрическая динамическая модель, в которой значения параметров "подгоняются" под заданную ситуацию. Выводимые из этой модели следствия составляют основу для прогнозов с вероятностными оценками. Например, предсказание погоды - система WILLARD.

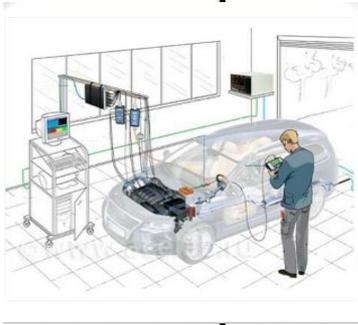
Характеристик ЭС по задачам

Планирование. Под планированием понимается нахождение планов действий, относящихся к объектам, способным выполнять некоторые функции. В таких ЭС используются модели поведения реальных объектов с тем, чтобы логически вывести последствия планируемой деятельности. Например, планирование поведения робота – STRIPS.

Обучение. Системы обучения диагностируют ошибки при изучении какой-либо дисциплины с помощью ЭВМ и подсказывают правильные решения. Они аккумулируют знания о гипотетическом "ученике" и его характерных ошибках, затем в работе способны диагностировать слабости в знаниях обучаемых и находить соответствующие средства для их ликвидации. Например, обучение языку программирования Лисп в системе "Учитель Лиспа».

Классификация ЭС по связи с реальным временем

По связи с реальным временем



Статические (диагностика неисправностей в автомобиле)

Квазидинамические
(микробиологические ЭС)

Динамические (управление гибкими производственными комплексами)



Характеристика ЭС по связи с реальным временем

Статические ЭС разрабатываются в предметных областях, в которых база знаний и интерпретируемые данные не меняются во времени. Они стабильны.

Квазидинамические ЭС интерпретируют ситуацию, которая меняется с некоторым фиксированным интервалом времени.

Пример. Микробиологические ЭС, в которых снимаются лабораторные измерения с технологического процесса один раз в 4 - 5 (производство лизина, например) и анализируется динамика полученных показателей по отношению к предыдущему измерению.

Динамические ЭС работают в сопряжении с датчиками объектов в режиме реального времени с непрерывной интерпретацией поступаемых данных.

Классификация ЭС по типу ЭВМ

По типу ЭВМ

```
graph TD; A[По типу ЭВМ] --- B[На суперЭВМ]; A --- C[На ЭВМ средней производительности]; A --- D[На символьных процессорах]; A --- E[На мини- и супермини- ЭВМ]; A --- F[На ПЭВМ];
```

На суперЭВМ

На ЭВМ средней
производительности

На символьных процессорах

На мини- и супермини- ЭВМ

На ПЭВМ

Классификация ЭС по степени

По степени интеграции

— Автономные

— Гибридные (интегрированные)



Характеристика ЭС по степени

интеграции

Автономные ЭС работают непосредственно в режиме консультаций с пользователем для специфически "экспертных" задач, для решения которых не требуется привлекать традиционные методы обработки данных (расчеты, моделирование и т. д.).

Гибридные ЭС представляют программный комплекс, агрегирующий стандартные пакеты прикладных программ (например, математическую статистику, линейное программирование или системы управления базами данных) и средства манипулирования знаниями. Это может быть интеллектуальная надстройка или интегрированная среда для решения сложной задачи с элементами экспертных знаний.

Медицинские экспертные системы

- **MYCIN** – промышленная ЭС для диагностики и лечения инфекционных заболеваний крови.
- **EMYCIN – Empty MYCIN** (пустой МИЦИН), диагностическая ЭС с незаполненной базой данных. Возможно использование для диагностики и лечения заболеваний разного профиля.
- **ANGY** – диагностика и терапия сужения коронарных сосудов.
- **ДИАГЕН** – диагностика наследственных болезней.
- **ДИН** – диагностика неотложных состояний, используется при стёртой клинической картине заболеваний.
- **ВЕСТ-СИНДРОМ** – диагностика судорожных состояний (эпилепсии).
- **Система CASNET** предназначена для диагностики и выбора стратегии лечения глаукомы.

Фрагмент диалога пользователя с МУСИН

ПАЦИЕНТ-1

(1) Назовите имя пациента: (имя-фамилия)

** ФРЕД СМИТ

(2) Пол:

** МУЖСКОЙ

(3) Возраст:

** 55

(4) Были ли получены культуры, выявившие микроорганизмы, из инфицированного места?

** ДА

ИНФЕКЦИЯ-1

(5) Какая это инфекция?

** ПЕРВИЧНАЯ БАКТЕРИЕМИЯ

(6) Сообщите дату первого появления признаков и симптомов первичной бактериемии (ИНФЕКЦИЯ-1) (месяц/день/год)

** МАЙ, 5, 1975

(7) Будем называть последнюю культуру, соответствующую первичной бактериемии, (ИНФЕКЦИЯ-1):

Продолжение диалога пользователя с MUSICIN

----- КУЛЬТУРА-1 -----

(8) Из какого места получена КУЛЬТУРА-1?

** КРОВЬ

(9) Когда была получена культура (КУЛЬТУРА-1) (месяц/день/год)?

** МАЙ, 9, 1975

(10) Первый представительный микроорганизм этой культуры (КУЛЬТУРЫ-1) будем называть:

----- МИКРООРГАНИЗМ-1 -----

(11) Идентифицируйте МИКРООРГАНИЗМ-1

** НЕИЗВЕСТЕН

(12) Является ли МИКРООРГАНИЗМ-1 палочкой, кокком и т.д.?

** ПАЛОЧКА

(13) Как окрашивается МИКРООРГАНИЗМ-1?

** Грам-отрицательно

(14) Были ли получены культуры, выявившие микроорганизмы, из инфицированных мест?

** НЕТ

(15) МИКРООРГАНИЗМ-1 растет аэробно?

** ДА (8)