ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

Кафедра Конструирования и производства радиоэлектронных средств_

Утверждаю
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

«____» _____ 201 года

ЛЕКЦИЯ

по дисциплине «САПР технологических процессов производства электронных средств»

Тема №4 Информационные системы управления промышленным производством

Занятие № 10 Применение экспертных систем в процессе управления производством

Обсуждена на заседании кафедры
Протокол № ___ от
«____» _____ 201 года

Санкт-Петербург
2018

I. Учебные цели

1. Изучить назначение основные особенности и функциональные возможности экспертных систем в процессе управления производством.
2. Ознакомить студентов с особенностями построения и функционирования экспертных систем.

II. Воспитательные цели

1. Воспитание чувства ответственности за качественное освоение изучаемой дисциплины.
2. Поднять творческую составляющую обучения.

III. Расчет учебного времени

Содержание и порядок проведения лекции	Время, мин
Вступительная часть. Основная часть (текст лекции) Учебные вопросы: 1. Характеристика и назначение экспертных систем. 2. Структура экспертных систем. 3. Классификация и области применения ЭС. 4. Преимущества и недостатки использования ЭС. 5. Примеры экспертных систем.	3
Заключительная часть	2

IV. Литература

1. Д.И. Муромцев. Введение в технологию экспертных систем. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2005.
2. Соколов М.Д., Носов Н.Ю. Экспертные системы // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 5.
3.

V. Учебно-материальное обеспечение

Наглядные пособия (схемы):

1. Наглядные пособия: Слайды.
2. ТСО: ПЭВМ, мультимедиа-проектор

VI. Текст лекции

Введение

Исследования в области *искусственного интеллекта* изначально были сосредоточены не на универсальных алгоритмах решения задач, а на общих методах и приемах программирования, пригодных для создания специализированных программ. Разрабатывались методы представления задачи – способы формулирования проблемы таким образом, чтобы ее можно было легко решить, и методы поиска – эффективные алгоритмы управления ходом решения задачи. Значительного продвижения вперед в данной области удалось достигнуть в 70-х годах, когда специалисты начали понимать, что эффективность программы при решении задач зависит не только от формализмов и алгоритмов вывода решения, которые она использует, но в первую очередь от знаний, которые в нее заложены.

Новая концепция построения интеллектуальных систем привела к развитию специализированных программ со сходной архитектурой, каждая из которых предназначена для решения задач в некоторой узкой предметной области. Эти программы получили название ***экспертные системы*** (ЭС).

1. Характеристика и назначение экспертных систем

Экспертная система - информационная технология, основанная на использовании искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект - это компьютерная система, являющаяся искусственным подобием человеческого разума, предназначенная для решения сложных задач и моделирования мыслительных способностей человека.

Экспертные системы (ЭС) - это сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для консультирования менее квалифицированных пользователей.

Знания могут быть классифицированы по следующим категориям:

- поверхностные - знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области;
- глубинные - абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и процессы в предметной области.

Современные экспертные системы работают, в основном, с поверхностными знаниями. Это связано с тем, что на данный момент нет адекватных моделей, позволяющих работать с глубинными знаниями.

Кроме того, знания можно разделить на *процедурные и декларативные*. Исторически первичными были процедурные знания, т е. знания, “растворенные” в алгоритмах. Они управляли данными. Для их изменения требовалось изменять программы. Однако с развитием искусственного интеллекта приоритет данных постепенно менялся, и все большая часть знаний сосредоточивалась в структурах данных (таблицы, списки, абстрактные типы данных), т.е. увеличивалась роль декларативных знаний.

Сегодня знания приобрели чисто декларативную форму, т е. *знаниями*

считаются предложения, записанные на языках представления знаний, приближенных к естественному и понятных неспециалистам.

Существуют десятки моделей (или языков) представления знаний для различных предметных областей. Большинство из них может быть сведено к следующим классам:

- продукционные;
- семантические сети;
- фреймы.

Продукционная модель, или модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде предложений типа: “Если (условие), то (действие)”.

Продукционная модель чаще всего применяется в промышленных экспертных системах. Она привлекает разработчиков своей наглядностью, высокой модульностью, легкостью внесения дополнений и изменений и простотой механизма логического вывода.

Семантическая сеть - это ориентированный граф, вершины которого - понятия, а дуги - отношения между ними. Понятиями обычно выступают абстрактные или конкретные объекты, а отношения - это связи типа: “это” (“is”), “имеет частью” (“has part”), “принадлежит”, “любит”. Характерной особенностью семантических сетей является обязательное наличие трех типов отношений:

- класс - элемент класса;
- свойство - значение;
- пример элемента класса.

Проблема поиска решения в базе знаний типа семантической сети сводится к задаче поиска фрагмента сети, соответствующего некоторой подсети, соответствующей поставленному вопросу.

Под *фреймом понимается абстрактный образ или ситуация. Фреймом называется также и формализованная модель для отображения образа*.

Структуру фрейма можно представить так:

ИМЯ ФРЕЙМА:
(имя 1-го слота: значение 1-го слота),
(имя 2-го слота: значение 2-го слота),
……...
(имя N-го слота: значение N-го слота).

Основным преимуществом фреймов как модели представления знаний является способность отражать концептуальную основу организации памяти человека, а также ее гибкость и наглядность.

Специальные языки представления знаний в сетях фреймов FRL (Frame Representation Language) и другие позволяют эффективно строить промышленные экспертные системы. Широко известны такие фреймоориентированные экспертные системы, как ANALYST, МОДИС.

Представление знаний и разработка систем, основанных на знаниях, - это основное направление искусственного интеллекта. Оно связано с разработкой моделей представления знаний, созданием баз знаний, образующих ядро экспертных систем.

Традиционно искусственный интеллект включает в себя *игровые интеллектуальные задачи* - шахматы, шашки и т.д.

Область машинного перевода с одного языка на другой является одним из направлений экспертных систем. В настоящее время используется модель, включающая анализ и синтез естественно-языковых сообщений, которая состоит из нескольких блоков. Для анализа это:

- морфологический анализ - анализ слов в тексте;
- синтаксический анализ - анализ предложений, грамматики и связей между словами;
- семантический анализ - анализ смысла каждого предложения на основе некоторой предметно-ориентированной базы знаний;
- прагматический анализ - анализ смысла предложений в окружающем контексте на основе собственной базы знаний.

Распознавание образов является одним из направлении экспертных систем. Суть его заключается в том, что каждому объекту ставится в соответствие матрица признаков, по которой происходит его распознавание. Это направление близко к машинному обучению, тесно связано с нейрокибернетикой.

В настоящее время *интеллектуальные роботы* также являются одним из направлений развития технологий искусственного интеллекта. Роботы - это электромеханические устройства, предназначенные для автоматизации человеческого труда.

Активно развивающаяся область искусственного интеллекта - *обучение и самообучение*, которое включает модели, методы и алгоритмы, ориентированные на автоматическое накопление знаний на основе анализа и обобщения данных. Включает *обучение по примерам (или индуктивное)*, а также *традиционные подходы распознавания образов*.

Современные экспертные системы широко используются для тиражирования опыта знаний ведущих специалистов практически во всех сферах экономики. Традиционно знания существуют в *двух видах - коллективный опыт и личный опыт*.

Если большая часть знаний в предметной области представлена в виде коллективного опыта (например, высшая математика), это предметная область не нуждается в экспертных системах (рис. 1).

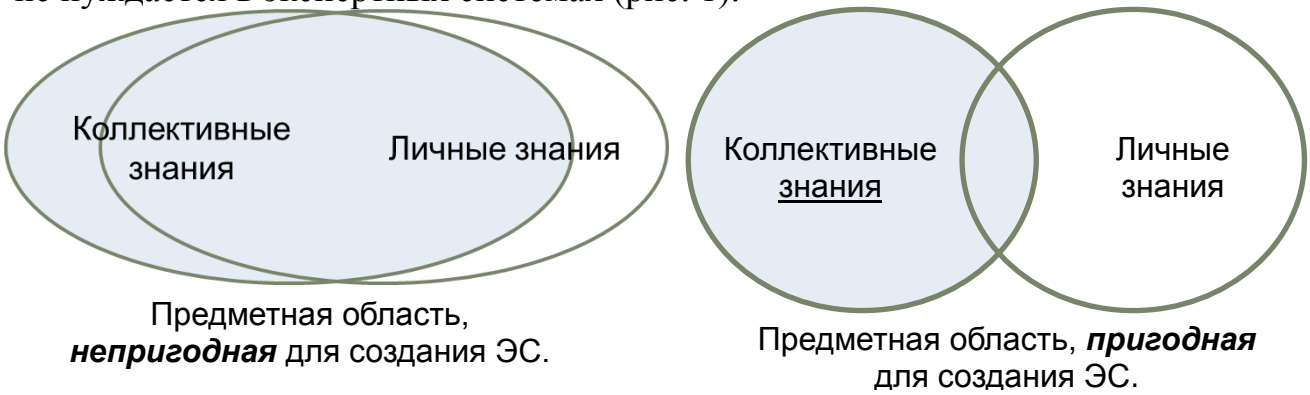

Рис. 1. Предметные области, пригодные и непригодные для создания ЭС.

Если в предметной области большая часть знаний является личным опытом специалистов высокого уровня (экспертов), если эти знания по каким-либо

причинам слабо структурированы, такая предметная область скорее всего нуждается в экспертной системе.

2. Структура экспертных систем

Типичная экспертная система состоит из следующих основных компонентов (рис. 2):

- решателя (интерпретатора);
- рабочей памяти, называемой также базой данных;
- базы знаний;
- компонентов приобретения знаний;
- объяснительного компонента;
- диалогового компонента.

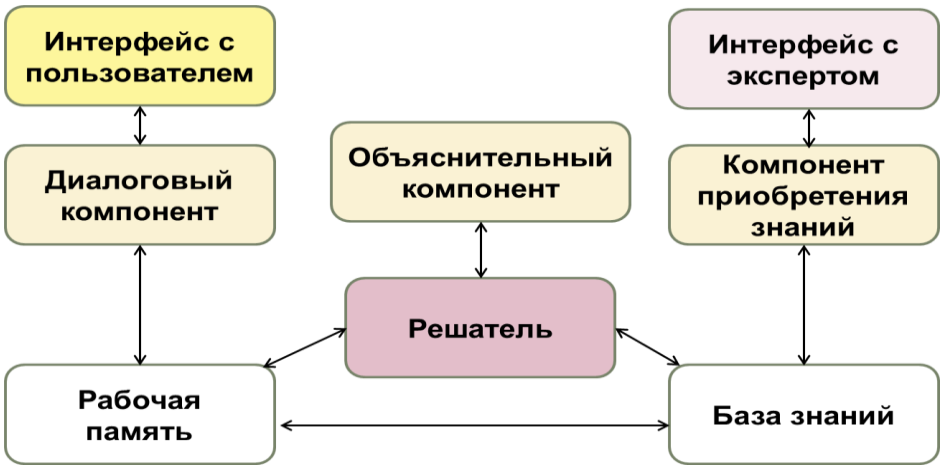

Рис. 2. Структура экспертной системы.

База данных (рабочая память) предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи Этот термин совпадает по названию, но не по смыслу с термином используемым в информационных системах и системах управление базами данных для обозначения всех данных (в первую очередь долгосрочных), хранимых в системе.

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

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

Компонент приобретения знаний автоматизирует процесс наполнения экспертной системы знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом.

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.

Диалоговый компонент ориентирован на организацию дружественного общения с пользователем как в ходе решения задач, так и в процессе приобре-

тения знаний и объяснения результатов работы.

В разработки экспертных систем участвуют представители следующих специальностей:

- *эксперт в проблемной об*ласти, задачи которой будет решать экспертная система;
- *инженер по знаниям* - специалист по разработке экспертной системы (используемые им технологию, методы называют технологией (методами) инженерии знаний);
- *программист по разработке инструментальных средств*, предназначенных для ускорения разработки экспертной системы.

Отсутствие среди участников разработки инженеров по знаниям (т.е. их замена программистами) либо приводит к неудаче процесс создания экспертных систем, либо значительно удлиняет его.

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

Инженер по знаниям помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы экспертной системы; осуществляет выбор того инструментального средства, которое наиболее подходит для данной проблемной области, и определяет способ представления знаний в этом инструментальном средстве; выделяет и программирует (традиционными средствами) стандартные функции (типичные для данной предметной области), которые будут использоваться в правилах, вводимых экспертом.

Программист разрабатывает инструментальное средство (если оно разрабатывается заново), содержащее в пределе все основные компоненты экспертной системы, и осуществляет его сопряжение с той средой, в которой оно будет использовано.

Экспертная система работает в двух режимах: *режиме приобретения знаний и в режиме решения задачи (называемом также режимом консультации или режимом использования экспертной системы*).

В *режиме приобретения знаний* общение с экспертной системой осуществляет (через посредничество инженера по знаниям) эксперт. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ей в режиме решения самостоятельно (без эксперта) решать задачи из проблемной области. Эксперт описывает проблемную область в виде совокупность данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила определяют способы манипулирования с данными, характерные для рассматриваемой области.

В *режиме консультации* общение с экспертной системой осуществляет конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения. Необходимо отметить, что в зависимости от назначения экспертной системы пользователь может не быть специалистом в данной проблемной области (в этом случае он обращается к экспертной системе за результатом, не умея получить его сам), или быть специалистом (в этом случае пользователь может сам

получить результат, но он обращается к экспертной системе с целью либо ускорить процесс получения результата, либо возложить на экспертную систему рутинную работу). Следует подчеркнуть, что термин “пользователь” является многозначным, так как использовать экспертную систему кроме конечного пользователя может и эксперт, и инженер по знаниям, и программист. Поэтому когда хотят подчеркнуть, что речь идет о том, для кого делалась экспертная система, использую термин “конечный пользователь”.

В режиме консультации данные о задаче пользователя после обработки их диалоговым компонентом поступают в рабочую память. Решатель на основе входных данных из рабочей памяти, общих данных о проблемной области и правил из баз знаний формирует решение задачи. В отличие от традиционных программ экспертная система при решении задачи не только исполняет предписанную последовательность операции, но и предварительно формирует ее. Если реакция системы непонятна пользователю, то он может потребовать объяснения: “Почему система задает тот или иной вопрос?", “Как ответ, собираемый системой, получен?”.

3. Классификация и области применения ЭС

Назначением экспертных систем является консультирование по узкоспециальным вопросам при принятии решений человеком. То есть ЭС используются для усиления и расширения профессиональных возможностей их пользователей.

Класс “экспертные системы” сегодня объединяет несколько тысяч различных программных комплексов, которые можно классифицировать по различным критериям (рис. 3).

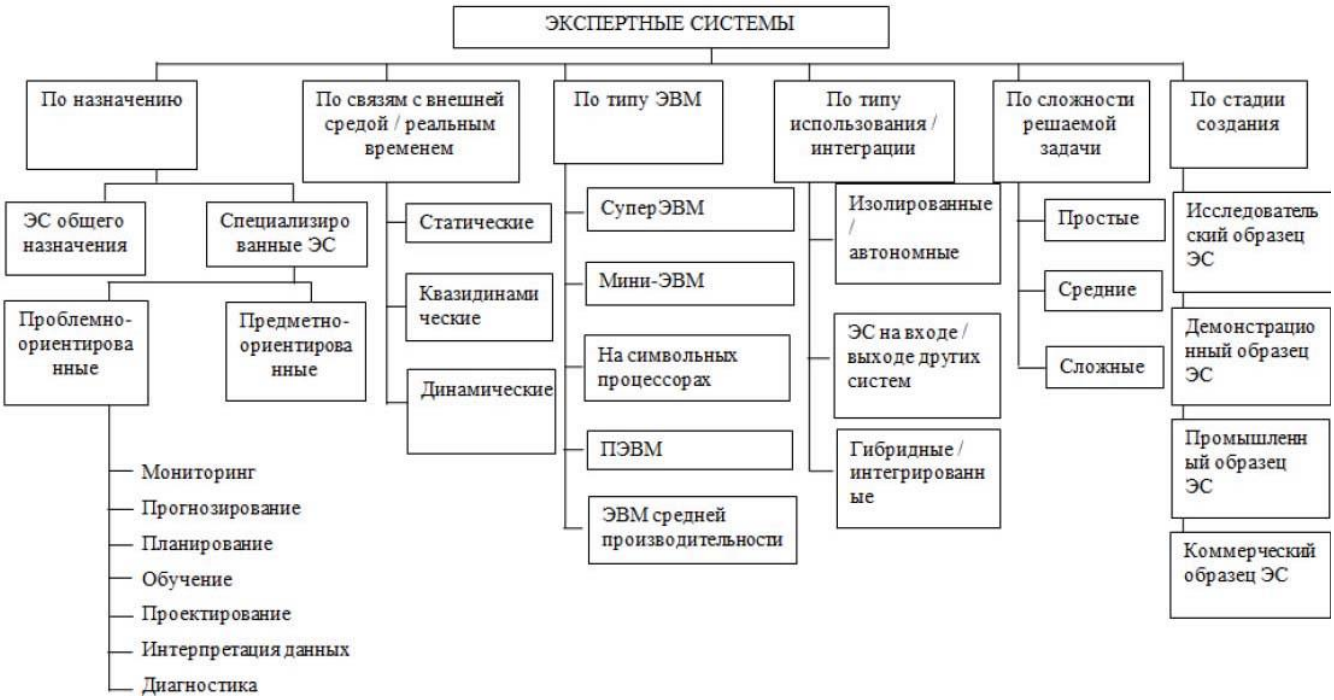

Рис. 3. Классификация современных ЭС.

Традиционными областями применения ЭС являются:

- Мониторинг;

- Прогнозирование;
- Планирование;
- Обучение;
- Проектирование;
- Интерпретация данных;
- Диагностика.

Основная задача *мониторинга* - непрерывная интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы. Главные проблемы - “пропуск” тревожной ситуации и инверсная задача “ложного” срабатывания. Сложность этих проблем - в “размытости” симптомов тревожных ситуаций и необходимости учета временного контекста.

Прогнозирование системы логически выводит 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; оценки будущего урожая - PLANT; прогнозы в экономике - ECON и др.

Под *планированием* понимается нахождение планов действий, относящихся к объектам, способным выполнять некоторые функции. В таких экспертных системах используются модели поведения реальных объектов с тем, чтобы логически вывести последствия планируемой деятельности. Примером может служить планирование поведения робота - STRIPS; планирование промышленных заказов - ISIS; планирование эксперимента - MOLGEN.

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, в работе способны диагностировать слабости в знаниях обучаемых ,и находить соответствующие средства для их ликвидации. Кроме того, они планируют акт общения с учеником, в зависимости от успехов ученика, с целью передачи знаний. Примером является обучение языку программирования Лисп в системе “Учитель Лиспа”; система PROUST - обучение языку Паскаль и др.

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. Основные проблемы здесь - получение четкого структурного описания знаний об объекте и проблема “следа”. Для организации эффективного проектирования и в еще большей степени - перепроектирования необходимо формировать не только сами проектные решения, но и мотивы их принятия. Таким образом, в задачах проектирования тесно связываются два основных процесса, выполняемых в рамках соответствующей экспертной системы: процесс вывода решения и процесс объяснения.

Примеры использования: проектирование БИС - CADHELP; синтез электрических цепей - SYN и др.

Интерпретация данных - это одна из традиционных задач для экспертных систем. Под ней понимается определение смысла данных, результаты которого должны быть согласованными и корректными. Обычно предусматривается многовариантный анализ данных.

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. Важной спецификой является необходимость понимания функциональной структуры (“анатомии”) диагностирующей системы.

В общем случае все системы, основанные на знаниях, можно подразделить на *системы, решающие задачи анализа, и на системы, решающие задачи синтеза*.

Основное отличие задач анализа от задач синтеза заключается в следующем: если в задачах анализа множество решений может быть перечислено и включено в систему, то в задачах синтеза множество решений потенциально строится из решений компонентов или подпроблем. *Задача анализа - это интерпретация данных, диагностика; к задачам синтеза относятся проектирование, планирование*. Комбинированные задачи - это обучение, мониторинг, прогнозирование.

Статические экспертные системы разрабатываются в предметных областях, в которых база знаний и интерпретируемые данные стабильны, не меняются во времени, например диагностика неисправностей в автомобиле. У статических ЭС имеется исключительно интерфейс пользователя, но нет взаимодействия с внешним миром, даже через датчики.

Квазидинамические системы интерпретируют ситуацию, которая меняется с некоторым фиксированным интервалом времени. Квазидинамнческие ЭС получают при помощи заданного интервала времени (больше нескольких секунд) данные об изменении условий во внешней среде. Например, микробиологические экспертные системы, в которых снимаются лабораторные измерения с технологического процесса один раз в 4 - 5 ч. и анализируется динамика полученных показателей по отношению к предыдущему измерению.

Динамические экспертные системы работают в сопряжении с внешними устройствами и датчиками объектов в режиме реального времени с непрерывной интерпретацией поступающих данных. Примером может быть управление гибкими производственными комплексами, мониторинг реанимационных палат и т.д. Притер инструментария для разработки динамических систем - G2.

В соответствии с классификацией по типу ЭВМ на сегодняшний день существуют:

- ЭС для уникальных стратегически важных задач на суперЭВМ (Эльбрус, CRAY, CONVEX и др.);
- ЭС на ЭВМ общего назначения (mainframe);
- ЭС на символьных процессорах и рабочих станциях (SUN, APOLLO);
- ЭС на мини- и супермини-ЭВМ (VAX, micro-VAX и др.);
- ЭС на персональных компьютерах (IBM PC, MAC и подобные).

Существуют различные экспертные системы, разрабатывающиеся с це-

лью использования разных ЭВМ согласно аппаратно-программной платформе. Разрабатываются и эксплуатируются ЭС на разных машинах таких как: *символьные* (Picon), *персональные* (PROSPECTOR), *мини-* (СПЭИС) и *суперкомпьютеры* (ЭКСПЕРТИЗА).

Автономные экспертные системы 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, агрегирую¬щий стандартные пакеты прикладных программ (например математическую статистику, линейное программирование или системы управления базами данных) и средства манипулирования знаниями. Это может быть интеллектуальная надстройка над пакетом прикладных программ или интегрированная среда для решения сложной задачи с элементами экспертных знаний.

Несмотря на внешнюю привлекательность гибридного подхода, следует отметить, что разработка таких систем являет собой задачу на порядок более сложную, чем разработка автономной экспертной системы. Стыковка не просто разных пакетов, а разных методологий, (что происходит в гибридных системах) порождает целый комплекс теоретических и практических трудностей.

На *многофункциональность* в решении задач вопросов претендуют системы общего назначения, а так же специализированные, которые решают конкретную проблему, либо направленные на определенную предметную область (такую как INTERNES T-1. ДИАГЕН. MACSYMA. МОДИС).

ЭС *по степени интеграции* бывают автономными программными комплексами (ДАМП), работающие самостоятельно или как часть общей системы в цепочке проектов, обрабатывающих информацию управления предприятием.

В *связи с объемом базы знаний* выделяют ЭС *простые* - использующие *до тысячи* простых правил (GUIDON, Плотина), *средние - от тысячи до десяти тысяч* структурированных правил (XCON, GOSSEYN. ДИАГЕН) и *сложные - десятки тысяч* структурированных правил.

Основные компоненты последовательности создания ЭС представлены на рис. 4.

Существует *степень завершённости ЭС*. Таким образом, ЭС различаются по стадии существования.

Исследовательский прототип ЭС – система решает большинство задач, но не устойчива в работе и не полностью проверена (несколько сотен записей БЗ). Исследовательский образец относится к начальной стадии разработки. Он проектируется от 3-х до 6-ти месяцев, база знаний минимальная (SYSTEM-D).

Демонстрационный прототип ЭС – система решает часть задач, демонстрируя жизнеспособность подхода (несколько десятков записей БЗ). Демонстрационный образец проектируется от 6-ти до 12-ти месяцев (THYROEDMODEL).

Действующий прототип ЭС – система надежно решает все задачи на реальных примерах, но для сложной задачи, возможно, потребуется много времени и памяти.

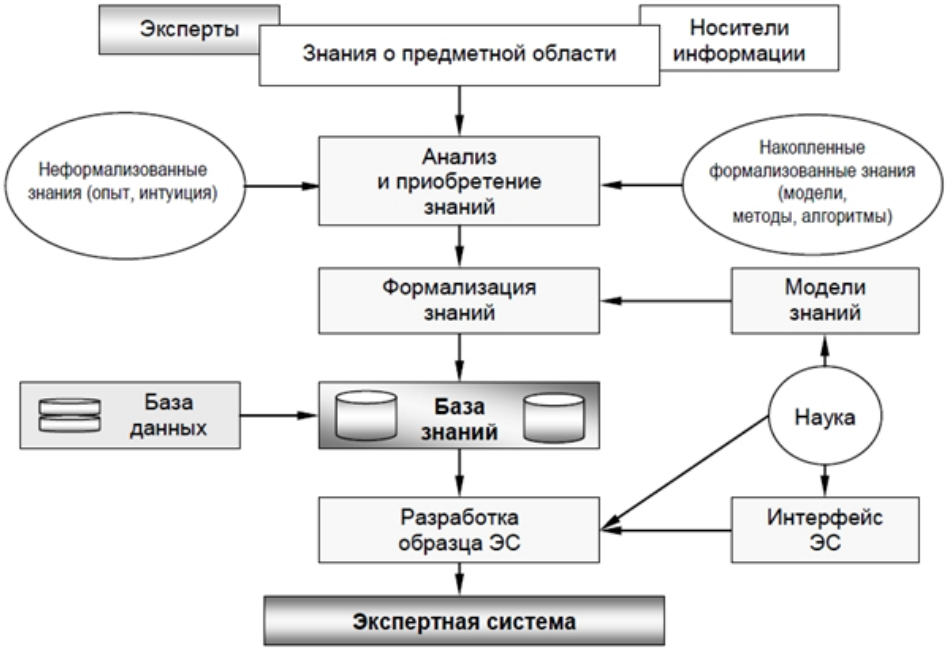

Рис. 4. Основные элементы создания ЭС.

Рабочая система – система обеспечивает высокое качество решений при минимизации требуемого времени и памяти: переписывается с использованием более эффективных инструментальных средств. *Промышленный образец* относится к третьей стадии и разрабатывается от 1-го. до 1.5 лет. Содержит полную базу знаний (PUFF).

Коммерческая система – рабочая система, пригодная к продаже, т.е. хорошо документирована и снабжена необходимым сервисом по распространению. Конечная стадия. Проектируется 1.5-3 года, содержит полную базу знаний (KNEECAP).

4. Преимущества и недостатки использования ЭС

Преимущества использования экспертных систем.

Экспертные системы широко используются в деловом мире, чтобы получить тактическое преимущество и прогнозировать состояние рынка. Помощь, предоставляемая от экспертной системы, является существенной. Примеры, приведенные ниже, являются преимуществами для использования экспертной системы:

1. *Обеспечение согласованных решений* – система может обеспечить последовательные ответы для повторяющихся решений, процессов и задач.

2. *Обеспечение разумных объяснений* – она имеет возможность уточнить причины, почему был сделан вывод, и почему именно он считается наиболее логичным выбором среди других альтернатив. Если есть какие-либо сомнения в заключении определенной проблемы, она предложит несколько вопросов для пользователей, чтобы обработать логический вывод.

3. *Преодоление ограничения человека* – система не имеет человеческих ограничений и может работать круглосуточно, непрерывно. Пользователи смогут часто использовать её в поиске решений. Знания экспертов являются цен-

ным активом для компании. Она может хранить знания и использовать их до тех пор, пока есть потребность организации.

4. *Легкая адаптация к новым условиям* – в отличие от людей, которые часто имеют проблемы в адаптации в новых условиях, экспертная система имеет высокую технологичность и может удовлетворить новые требования в течение короткого периода времени. Она также может захватить новые знания от экспертов и использовать их в качестве правил вывода для решения новых проблем.

Недостатки использования экспертных систем.

Несмотря на то, что экспертная система действительно обеспечивает много существенных преимуществ, она также имеет свои недостатки. Примеры, приведенные ниже, будут недостатками для реализации экспертной системы:

1. *Недостатки здравого смысла* – ей не хватает здравого смысла, необходимого в некоторых принятиях решений, так как все решения, приняты на основе правил вывода, установленных в системе. Она также не может сделать творческих или новаторских решений, в отличие от человека-эксперта.

Так, например, любой человек сразу же выразит свое недоумение, если его попросят найти номер телефона Аристотеля, но едва ли найдется программа, которая скажет, что древнегреческие философы не пользовались телефонами.

2. *Дорогостоящее внедрение и расходы на техническое обслуживание*. Реализация экспертной системы будет финансовым бременем для небольших организаций, так как он имеет высокую стоимость разработки, а также последующих расходов на модернизацию системы, чтобы адаптироваться в новой среде.

3. *Трудности в создании правил вывода* – эксперты домена не всегда смогут объяснить логику и рассуждения, необходимые для процесса разработки знаний. Следовательно, задача кодирования знаний является сложной работой и может потребовать долгого времени.

4. *Возможность предоставления неправильных решений*. В системе могут быть логические ошибки, сделанные в процесс создания базы данных, которые в последствие буду предлагать неверные решения.

5. Примеры экспертных систем

В настоящее время ЭС применяются с целью решения всевозможных типов задач в самых различных проблемных областях, таких, как экономика, нефтяная и газовая индустрия, энергетика, автотранспорт, фармацевтическое производство. космические инновации. химия. образование, телекоммуникации и связь и др. Рассмотрим более известные образцы ЭС.

По происхождению, предметным областям и по преемственности используемых имеющихся данных, способов и инструментальных программных средств, можно получить иерархическую систему.

1. META-DENDRAL. Система DENDRAL дает возможность установить более вероятную структуру химического соединения согласно экспериментальным данным.

2. MYCEV-EMYCIN-TEIREIAS-PLTF-NEOMYCIN. Ряд медицинских ЭС

и разработанные для их построения сервисные программные средства.

3. PROSPECTOR-KAS. Система PROSPECTOR специализированая система для поиска (прогноза) месторождении на основании проведённых анализов в геологии. KAS — система получения знаний для базы знаний PROSPECTOR.

4. CASNET-EXPERT Система CASNET - медицинская ЭС, разработанная с целью диагностики и выдачи рекомендаций по лечению офтальмологических заболеваний. На основе этой системы разработан язык инженерии знаний EXPERT, на основании которого создана серия других медицинских исследовательских систем.

5. HEARSAY-HEARSAY-2-HEARSAY-3-AGE. Первоначальные две системы этого ряда являются развитием ИС определения слитной человеческой речи, слова которой выбираются из установленного словаря. Данные системы различаются уникальной структурой, которая применяет такую возможность оболочки как "доска объявлений", которая в свою очередь является глобальной базой данных, содержащей результаты текущей работы системы. На основании этих систем сформировались следующие инструментальные системы - HEARSAY-3 и AGE (Attemptto Generalize) -для дальнейшей разработки ЭС.

В Российской Федерации в изучение и исследование ЭС большой вклад внесли труды Д.А. Поспелова. Э.В. Попова. В.Ф. Хорошевского. В.Л. Стефанюка. Г.С. Осипова. В.К. Финна. В.Л. Вагина. В.И. Городецкого и других.

Примеры использования ЭС в разных сферах представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Область применения	**Пример ЭС**	**Описание**
ЭС в военном деле	ACES	Проводит картографические работы по отображению обстановки на карте, применяя объектно-ориентированную схему отображения, реализованную на языке Loops с целью эксплуатации на APM Xerox Dolphin. Система спроектирована фирмой ESL и приведена к уровню экспериментального прототипа.
	ASTA	Может помочь специалисту определить тип радара, который посылает перехваченный сигнал. В виде правил представлены знания в системе. Данная система спроектирована фирмой Advanced Information & Decision Systems, и доведена до уровня экспериментального прототипа.
	DART	Предоставляет помощь в обработке разведданных центров командирования, и связи врага (противника). Система DART разработана на языках программирования Паскаль и Си. для систем VAX 11/780. Разработанная фирмой «Par Technology Corporation» и доведена до уровня экспериментального прототипа.

	HANNIBAL	Анализирует оценку ситуаций в сфере обмена информацией по радиоканалу противника. Система спроектирована с помощью средств AGE. Она реализована фирмой ESL , и доведена до уровня экспериментального прототипа.
	I&W	Может помочь специалисту из разведки определить. когда и где произойдет дальнейшее вооруженное столкновение. Эта система спроектирована на языке программирования INTERLISP-D для АРМ XeroxllOO. Она спроектирована фирмой ESL в сотрудничестве с университетом Стенфорда, и приведена к уровню демонстрационного прототипа.
	RUBRIC	Может помочь пользователю получить общий доступ к базе данных, которые содержат не редактированные тексты. Система основана на языке программирования FRANZ LISP, спроектирована фирмой «Advanced Information & Decision Systems» и доведена до уровня экспериментального прототипа.
ЭС в информатике	CODES	Может помочь разработчику БД. желающему применять подход IDEF1 с целью установления концептуальной схемы БД. CODES спроектирована на языке UCI LISP.
ЭС в компьютерных системах	MIXER	Предоставляет помощь специалистам (программистам) в создании микропрограмм для разработанной Texas Instruments СБИС TI990. MIXER спроектирована на языке Пролог.
ЭС в электронике	ACE	Определяет отказы в телефонной сети и предоставляет рекомендации по ремонту и восстановлению. ACE спроектирована на языках OPS4 и FRANZ LISP н эксплуатируется на микропроцессорах серии AT&T 3B-2. находящимся в подстанциях наблюдения состояния кабеля. Она спроектирована в Bell Laboratories. ACE прошла экспериментальную эксплуатацию и доведена до уровня коммерческой ЭС.

Заключение

Следует отметить, что ЭС не обладают интуицией и общими знаниями о мире, их ход и метод решения проблемы не может выйти за рамки тех знаний, что в них заложены.

ЭС также будут бессильны при решении проблемы в изменяющихся условиях, например, при смене методики решения или появлении нового оборудования. Эксперты могут непосредственно воспринимать весь комплекс входной сенсорной информации, будь то визуальная, звуковая, осязательная или обонятельная. ЭС воспринимает только символы, которыми представлены знания. Поэтому сенсорную информацию необходимо проанализировать и преобразовать в символьную форму, пригодную для машинной обработки.

При преобразовании человеком сенсорной информации неизбежно возникают искажения и потери, но классифицировать весь поток информации на значимое и второстепенное или абсурдное способен только человек.

Разработал:
доцент кафедры, к.п.н.

В. Мордовин

«____» _____ 201 года

Рецензировал:

«____» _____ 201 года