



СИСТЕМЫ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА В АПК

приоритет2030⁺

лидерами становятся

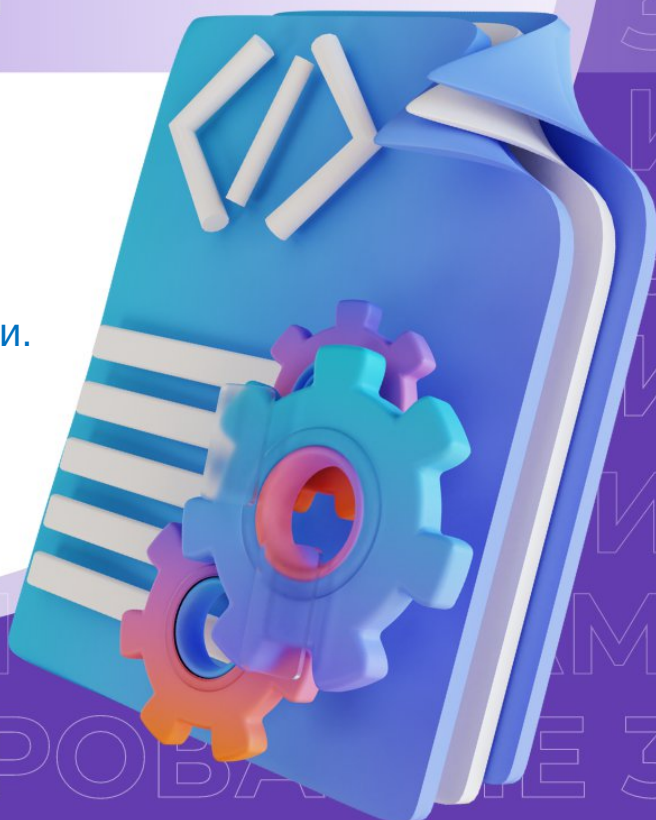
ТЕМА:

Экспертные системы

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИИ

Преподаватель:

Аникуев Сергей Викторович
к.т.н., доцент, доцент кафедры
электротехники, автоматики и метрологии.



Тема 1. Экспертные системы

Вопрос 1. Организация знаний

Вопрос 2. Классификация и виды экспертных систем

Вопрос 3. Области применения экспертных систем

В середине семидесятых годов в исследованиях по искусственному интеллекту сформировалось самостоятельное направление, получившее название экспертные системы. Цель исследований по экспертным системам состоит в разработке программ (устройств), которые при решении задач, трудных для эксперта-человека, получают результаты, не уступающие по качеству и эффективности решениям, получаемым экспертом. В большинстве случаев экспертные системы решают трудно формализуемые задачи или задачи, не имеющие алгоритмического решения.

Рассмотрим несколько определений.

Экспертная система - программно-техническое средство, позволяющее пользователю в диалоговом режиме получать от компьютера консультационную помощь в конкретной предметной области, где сконцентрированы опыт и знания людей-экспертов (специалистов в данной области).

Экспертные системы - программы для компьютера, которые могут воспроизводить процесс решения проблемы человеком-экспертом. [\[2\]](#)

Экспертная система - программа, которая использует знания специалистов (экспертов) о некоторой конкретной узкоспециализированной предметной области и в пределах этой области способна принимать решения на уровне эксперта-профессионала. [\[13\]](#)

Экспертные системы - прикладные программы ИИ, в которых база знаний представляет собой формализованные эмпирические знания высококвалифицированных специалистов (экспертов) в какой-либо узкой предметной области. [\[14\]](#)

Экспертная система - программа для компьютера, которая оперирует со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем. [\[14\]](#)

В основе функционирования ЭС лежит использование знаний, а манипулирование ими осуществляется на базе эвристических правил,

сформулированных экспертами. ЭС выдают советы, проводят анализ, выполняют классификацию, дают консультации и ставят диагноз. Они ориентированы на решение задач, обычно требующих проведения экспертизы человеком-специалистом. В отличие от машинных программ, использующий процедурный анализ, ЭС решают задачи в узкой предметной области (конкретной области экспертизы) на основе дедуктивных рассуждений. Главное достоинство экспертных систем - возможность накапливать знания, сохранять их длительное время, обновлять и тем самым обеспечивать относительную независимость конкретной организации от наличия в ней квалифицированных специалистов.[\[1\]](#)

Определение

Экспертная система (ЭС) – это компьютерная система, состоящая из (1) естественно-языкового интерфейса, (2) базы знаний и (3) универсального интерпретатора, реализующего логический вывод на знаниях, в которой база знаний формируется специалистом в предметной области - экспертом.

С разработкой и использованием экспертных систем тесно связаны такие понятия, как знания и базы знаний. Особая роль знаний в экспертных системах обусловлена, прежде всего, областью их применения. Экспертные системы предназначены для решения трудно формализуемых задач или задач, не имеющих алгоритмического решения в узкоспециализированных предметных областях деятельности человека. Экспертные системы позволяют аккумулировать, воспроизводить и применять знания, которые сами по себе обладают определенной ценностью.

Переход от данных к знаниям является закономерным следствием развития и усложнения информационных структур, обрабатываемых на компьютерах. В настоящее время нет общепризнанного формального определения понятия Знание. Однако знания обладают рядом специфических признаков, позволяющих определить соотношение понятий Знание и База знаний с понятиями Данные и База данных. Сопоставление данных и знаний приводит к неизбежному выводу, что данные – составная часть знаний.

Наличие базы знаний и относительно универсального интерпретатора делает принципиально возможным создание новых экспертных систем для новых приложений путем разработки новой базы знаний без изменения интерпретатора. Процесс разработки экспертной системы, таким образом, можно свести (при наличии готового интерпретатора) к процессу разработки базы знаний. Такая технология получила название технологии «пустых оболочек», когда однажды разработанная экспертная система используется в качестве оболочки для новых знаний. Как правило, различные предметные области знаний существенно различаются, и поэтому для реализации экспертной системы (и, следовательно, конкретной базы знаний) необходимо иметь большой набор оболочек с различными моделями представления знаний и различными механизмами логического вывода.

Для разработки ЭС используются те же языки и системы программирования, что и для обычных программ, но наличие таких специфических для научного направления Искусственный интеллект структурных частей, как логический вывод, естественно-языковой интерфейс, делает предпочтительным использование для разработки ЭС специализированных языков, таких как ЛИСП, Пролог и специальных средств поддержки разработки, что позволяет отделить логику программы от управления ходом вычислений, и что делает процесс создания программы более прозрачным.

Целью поддержки разработки является облегчение творческого и интеллектуального пути от идеи к ее описанию в доступной компьютеру форме. Специфика средств, языков программирования и пользовательских интерфейсов оказывает существенное влияние на технологию создания ЭС: разработчику приходится тратить больше времени на перевод идеи на машинный язык, чем на доводку самой идеи. Поддержка разработки должна освободить пользователя от как можно большего числа деталей и позволить ему сосредоточиться на идее.

Эволюция средств разработки ЭС

Эволюция средств разработки ЭС может быть разбита на четыре этапа:

Дискретные средства

Интегрированный набор средств

Средства поддержки жизненного цикла

Интеллектуальные средства поддержки жизненного цикла

Для этой эволюции характерны две тенденции: увеличение степени охвата этапов жизненного цикла ЭС; движение от использования дискретных средств ко все более интегрированным целостным системам.

Дискретные средства разработки экспертных систем

Существуют различные средства поддержки разработки программ. (1) Трансляторы языков программирования и отладчики для контроля за состоянием программ во время выполнения были в числе первых таких средств. (2) Отладчики наряду с (3) экранными редакторами и в настоящее время остаются наиболее часто используемыми средствами, к другим популярным средствам относятся (4) программы «красивой» печати, (5) поддержка управления конфигурацией, (6) программа перекрестных программных ссылок и (7) трассировщик выполнения.

Перечисленные средства являются дискретными и независимыми. Программист мог работать только с одним средством. Например, во время отладки надо было воспользоваться отладчиком для определения ошибки, затем окончить отладку, чтобы вызвать редактор для исправления ошибки. После этого надо было компилировать программу и вызывать отладчик для дальнейшей отладки (цикл редактирования – компилирования – прогона). Программист вынужден был вводить дополнительные команды и терять время на запуск и окончание работы системных средств. Прерывание процесса отладки на редактирование, повторную компиляцию и повторный запуск программы серьезно затрудняло процесс обдумывания задачи программистом.

Интегрированный набор средств - Инструментальный ящик

Следующим шагом в развитии средств разработки был интегрированный набор средств, названный Инструментальным ящиком. Каждое средство проектировалось с учетом остальных, поэтому система обеспечивала возможность обращения к другим средствам.

Например, такие системы, как Turbo-Prolog, Interlisp-D, позволяют программисту запустить программу сразу после ввода ее в систему. В ответ на ошибку системой вызывается отладчик, чтобы дать возможность программисту изучить причину сбоя. Программист может затем отредактировать программу и продолжить ее выполнение. Этот подход сокращает время на исправление мелких ошибок в программе для экспериментального программирования (метод проб и ошибок), обычно применяемого специалистами по искусственному интеллекту.

Проектирование больших программных систем является сложной проблемой. Разбиение жизненного цикла на несколько этапов (анализ требований, спецификации, проектирование, реализация, тестирование и отладка, работа и сопровождение) направлено на уменьшение сложности проектирования путем изолирования и упорядочения важных задач в процессе разработки.

Этапы жизненного цикла

Interlisp-D и Turbo Prolog поддерживают только этапы реализации и отладки. Исследования показывают, что наибольший вклад в стоимость жизненного цикла дает этап сопровождения. Не менее важное значение имеют средства этапа формирования требований и спецификаций, потому что любую ошибку в спецификациях очень трудно и дорого исправлять на позднейших этапах жизненного цикла. Таким образом, анализ жизненного цикла важен для любой части программного обеспечения, которая предназначена для использования конечными пользователями на заметном интервале времени.

Успех методов искусственного интеллекта в различных областях мотивировал их применение в разработке программного обеспечения.

Показательными системами являются проект «Помощник программиста» в Массачусетском технологическом институте, проект «Пси» в Стэнфордском университете. В этих проектах осуществляется попытка моделировать знания, которыми пользуется программист для понимания, проектирования, реализации и сопровождения программы. Эти знания могут быть использованы экспертными системами для частичной автоматизации процесса разработки программ.

В заключение отметим некоторые особенности этапов жизненного цикла экспертных систем. Тестирование экспертных систем отличается от тестирования обычных систем.

Во-первых, экспертные системы часто обладают недетерминированным поведением, потому что стратегия разрешения конфликтов может зависеть от параметров времени выполнения. Это делает поведение невоспроизводимым, и, следовательно, более сложным для отладки.

Во-вторых, для правил, в отличие от процедур в традиционном программном обеспечении, нет никаких точных отношений ввода-вывода. Это затрудняет применение для тестирования анализа ввода-вывода.

В-третьих, число способов, которыми могут быть активизированы правила, слишком велико, чтобы пользоваться средствами покрытия ветвей и путей.

Макетирование является единственным эффективным способом тестирования экспертной системы. Сопровождение и модификация – важная часть разработки экспертных систем, правила базы знаний эволюционируют с накоплением опыта их применения, и, следовательно, модифицируются чаще, чем алгоритмы. Правила могут также зависеть от времени, поэтому их достоверность может также изменяться со

1 Организация знаний

Большая часть задач инженерии знаний включает получение знаний от экспертов в виде фактов и правил и преобразование этой информации в форму, которая может быть эффективно использована машинной программой. Рассмотрение экспертных знаний как обязательного элемента, определяющего успех функционирования экспертной системы, приводит к тому, что процесс приобретения и представления знаний становится решающим аспектом разработки этих систем.

Процесс создания, ведения и модификации баз знаний экспертных систем включает:

- определение состава представляемых знаний;
- организацию знаний;
- представление знаний, т.е. выбор или создание модели представления;
- использование модели представления знаний.

Определение **состава представляемых знаний** производится в зависимости от предметной области и структуры экспертной системы. При этом учитывается:

- тип решаемых задач,
- статический или динамический характер данных, а также такие параметры экспертных знаний, как
- точность,
- ошибочность,
- многозначность,
- полнота или неполнота знаний конкретной предметной области.

Зависимость состава знаний от структуры экспертной системы проявляется в необходимости знаний, определяющих функционирование системы:

управляющие знания, т.е. знания о процессе решения задачи;

знания о языке сообщения и способах организации диалога;

знания о способах представления и модификации знаний, необходимых для реализации функции приобретения и обновления знаний экспертных систем;

поддерживающие и управляющие знания, необходимые для подсистемы объяснения.

Знания о языке общения зависят от требуемого уровня понимания и определяются интерфейсом экспертной системы.

Пользователь, исходя из целей и круга решаемых задач, предъявляет свои требования к составу знаний. Им определяются:

тип данных,

предпочтительные способы и методы решений,

ограничения на результаты и способы их получения,

степень конкретности знаний о проблемной области.

Решение вопроса организации знаний в значительной степени зависит от выбранной модели представления знаний. С точки зрения организации знания целесообразно рассматривать:

по уровням представления и

по уровням детальности.

База знаний экспертной системы может быть представлена как:

база фактов,

база правил и

база процедур.

Это разбиение отражает различные уровни представления знаний.

Усложнение функциональных возможностей экспертной системы происходит за счет того, что она должна уметь не только использовать свои знания о проблемной области (объектный уровень знаний), но и обладает способностью исследовать их – экспертная система должна иметь знания о том, как представлены ее знания о проблемной области (метауровневые знания).

Метазнания (знания метауровня) не содержат ссылок к знаниям объектного уровня и не зависят от проблемной области. Основная цель организации метазнаний (многоуровневая организация знаний) заключается в следующем:

разработка стратегий доказательств в ЭС;

управление выводом результатов поиска решений;

увеличение выразительной мощности языков представления знаний.

Использование метазнаний при разработке и выборе стратегий доказательств связано с возможностью определения на метауровне новых правил поиска результатов объектного уровня. Метазнания в виде стратегических метауровневых правил:

рассматриваются как высокоуровневый метод построения формальных доказательств;

используются для выбора релевантных правил;

позволяют системе адаптироваться путем перестройки правил и функций объектного уровня; а также

явно указать возможности и ограничения системы.

Область управления выводом является той областью, в которой использование метауровневых знаний получило наибольшее распространение, это связано с тем, что управление выводом можно считать частным случаем определения стратегий доказательств. Основная идея заключается в возможности определения как зависящих, так и не зависящих от проблемной области стратегий принятия решений с помощью знаний об управлении (эвристики). Выбранные стратегии позволяют сократить число вариантов поиска и тем самым увеличить его эффективность.

В области представления знаний наблюдается многообразие языков и формализмов, разработанных для конкретных потребностей представления. Комбинирование представления знаний на объектном уровне и метауровне оказалось очень полезным механизмом абстрагирования, благодаря которому решаются многие проблемы представления знаний, такие как:

- знания системы о самой себе;
- знания об убеждениях, немонотонности;
- рассуждения при отсутствии явной информации;
- рассуждения, связанные с разными взглядами на объекты;
- взаимодействие между различными модулями знаний;
- взаимодействие между модулями знаний и пользователем.

Метазнания выполняют также ряд вспомогательных функций:

- обеспечение информацией архивного типа для работы стратегических метаправил;

- обоснование целесообразности применения правил для усиления способностей подсистемы объяснения;
- обнаружение ошибок в форме только что введенных правил, т.е. контроль при обновлении базы знаний;
- обнаружение синтаксических и семантических ошибок в правилах объектного уровня;
- упрощение ввода в систему новых знаний – фактов, правил, эвристик – посредством демонстрации структурных основ уже имеющихся знаний всех таких типов.

1. Распределение знаний по уровням представления обеспечивает расширение области применения ЭС, значительно улучшает качественный и количественный показатели системы.
2. Выделение уровней детальности позволяет рассматривать знания с различной степенью подробности. Количество уровней детальности определяется спецификой решаемых задач, объемом знаний и способом их представления. Введение нескольких уровней детальности обеспечивает дополнительную гибкость системы. Можно выделить три уровня детальности, отражающих:
 3. общую организацию знаний,
 4. логическую организацию и
 5. физическую организацию отдельных структур знаний.
- 6.
7. Вопрос организации знаний в базе знаний связан с проблемой доступа к знаниям, для того чтобы значительно ускорить процесс поиска решений, необходимо упорядочить и структурировать знания вокруг наиболее важных понятий предметной области.
8. Такой признак знаний, как связность, позволяет представлять знания, характеризующие конкретный объект, в виде отдельных блоков и устанавливать:
9. связи между элементами этого блока (внутренние связи) и
 - связи между блоками (внешние связи).

Конкретная реализация базы знаний будет разобрана на примере системы Диэкс.

2 Классификация и виды экспертных систем

Для классификации ЭС [4] используют следующие признаки:

- Способ формирования решения;
- Способ учета временного признака;
- Вид используемых данных;
- Число используемых источников знаний;

По способу формирования решения ЭС можно разделить на:

- анализирующие и
- синтезирующие.

В системах **первого типа** осуществляется выбор решения из множества известных решений на основе анализа знаний, в системах **второго типа** решение синтезируется из отдельных фрагментов знаний.

В зависимости от способа учета временного признака ЭС делят на:

- статические и
- динамические.

Статические ЭС предназначены для решения задач с неизменяемыми в процессе решения данными и знаниями, а **динамические** ЭС допускают такие изменения.

По видам используемых данных и знаний различают ЭС:

- с детерминированными и
- с неопределенными знаниями.

Под **неопределенностью знаний** и данных понимаются их неполнота, ненадежность, нечеткость.

ЭС могут создаваться с использованием одного или нескольких источников знаний.

3 Области применения экспертных систем

Критерий использования ЭС для решения задач.^[1] Существует ряд прикладных задач, которые решаются с помощью систем, основанных на знаниях, более успешно, чем любыми другими средствами. При определении целесообразности применения таких систем нужно руководствоваться следующими критериями.

10. Данные и знания надежны и не меняются со временем.
11. Пространство возможных решений относительно невелико.
12. В процессе решения задачи должны использоваться формальные рассуждения. Существуют системы, основанные на знаниях, пока еще не пригодные для решения задач методами проведения аналогий или абстрагирования (человеческий мозг справляется с этим лучше). В свою очередь традиционные компьютерные программы оказываются эффективнее систем, основанных на знаниях, в тех случаях, когда решение задачи связано с применением процедурного анализа. Системы, основанные на знаниях, более подходят для решения задач, где требуются формальные рассуждения.
13. Должен быть, по крайней мере, один эксперт, который способен явно сформулировать свои знания и объяснить свои методы применения этих знаний для решения задач.

В таблице приведены сравнительные свойства прикладных задач, по наличию которых можно судить о целесообразности использования для их решения ЭС.

Критерий применимости ЭС.

Применимы	Неприменимы
Не могут быть построены строгие	Имеются эффективные

алгоритмы или процедуры, но существуют эвристические методы решения.	алгоритмические методы.
Есть эксперты, которые способны решить задачу.	Отсутствуют эксперты или их число недостаточно.
По своему характеру задачи относятся к области диагностики, интерпретации или прогнозирования.	Задачи носят вычислительный характер.
Доступные данные "зашумлены".	Известны точные факты и строгие процедуры.
Задачи решаются методом формальных рассуждений.	Задачи решаются процедурными методами, с помощью аналогии или интуитивно.
Знания статичны (неизменны).	Знания динамичны (со временем изменяются).

В целом ЭС не рекомендуется применять для решения следующих типов задач:

- математических, решаемых обычным путем формальных преобразований и процедурного анализа;
- задач распознавания, поскольку в общем случае они решаются численными методами;
- задач, знания о методах решения которых отсутствуют (невозможно строить базу знаний).

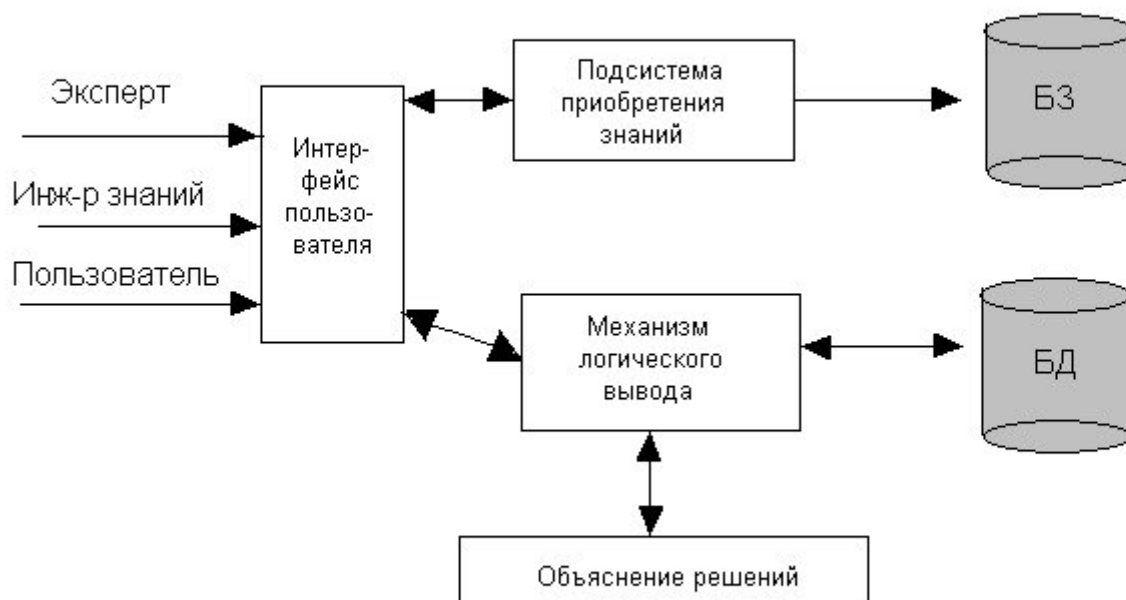
Области применения систем, основанных на знаниях, могут быть сгруппированы в несколько основных классов: медицинская диагностика, контроль и управление, диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах, обучение.

Основными областями применения ЭС являются:

- медицина
- электроника
- вычислительная техника
- геология
- математика
- космос
- сельское хозяйство
- управление
- финансы
- юриспруденция и т.д.

Структура и функционирование экспертных систем

Обобщенная структура экспертной системы представлена на рисунке [\[17\]](#). Следует учесть, что реальные ЭС могут иметь более сложную структуру, однако блоки, изображенные на рисунке, непременно присутствуют в любой действительно экспертной системе, поскольку представляют собой стандарт структуры современной ЭС.



Экспертные системы имеют две категории пользователей и два отдельных "входа", соответствующих различным целям взаимодействия пользователей с ЭС:

1. обычный пользователь (эксперт), которому требуется консультация ЭС - диалоговый сеанс работы с ней, в процессе которой она решает некоторую экспертную задачу. Диалог с ЭС осуществляется через диалоговый процессор - специальную компоненту ЭС. Существуют две основные формы диалога с ЭС - диалог на ограниченном подмножестве естественного языка (с использованием словаря-меню (при котором на каждом шаге диалога система предлагает выбор профессионального лексикона экспертов) и диалог на основе из нескольких возможных действий);
2. экспертная группа инженерии знаний, состоящая из экспертов в предметной области и инженеров знаний. В функции этой группы входит заполнение базы знаний, осуществляемое с помощью специализированной диалоговой компоненты ЭС - подсистемы приобретения знаний, которая позволяет частично автоматизировать этот процесс.

Интерфейс пользователя - это система программных и аппаратных средств, обеспечивающих для конечного пользователя использование компьютера для решения задач, которые возникают в среде его профессиональной деятельности либо без посредников либо с незначительной их помощью. Это совокупность средств интеллектуального интерфейса, имеющих гибкую структуру, которая обеспечивает возможность адаптации в широком спектре интересов конечных пользователей.

Подсистема приобретения знаний предназначена для добавления в базу знаний новых правил и модификации имеющихся. В ее задачу входит приведение правила к виду, позволяющему подсистеме вывода применять это правило в процессе работы. В более сложных системах предусмотрены еще и средства для проверки вводимых или модифицируемых правил на непротиворечивость с имеющимися правилами.

База знаний - важная компонента экспертной системы, она предназначена для хранения долгосрочных, знаний, описывающих рассматриваемую предметную область (а не текущих данных), и правил, описывающих целесообразные преобразования знаний этой области. В качестве предметной области выбирается узкая (специальная) прикладная область. Далее для создания ЭС в выбранной области собираются факты и правила, которые помещаются в базу знаний вместе с механизмами вывода и упрощения. В отличие от всех остальных компонент ЭС, база знаний - "переменная" часть системы, которая может пополняться и модифицироваться инженерами знаний и опытом использования ЭС, между консультациями (а в некоторых системах и в процессе консультации). Существует несколько способов представления знаний в ЭС, однако общим для всех них является то, что знания представлены в символьной форме (элементарными компонентами представления знаний являются тексты, списки и другие символьные структуры). Тем самым, в ЭС реализуется принцип символьной природы рассуждений, который заключается в том, что процесс рассуждения представляется как последовательность символьных преобразований. Существуют динамические и статические базы знаний. Динамическая база знаний изменяется со временем. Ее содержимое зависит

и от состояния окружающей. Новые факты, добавляемые в базу знаний, являются результатом вывода, который состоит в применении правил к имеющимся фактам. В системах с монотонным выводом факты, хранимые в базе знаний, статичны, то есть не изменяются в процессе решения задачи. В системах с немонотонным выводом допускается изменение или удаление фактов из базы знаний. В качестве примера системы с немонотонным выводом можно привести ЭС, предназначенную для составления перспективного плана капиталовложения компании. В такой системе по вашему желанию могут быть изменены даже те данные, которые после вывода уже вызвали срабатывание каких-либо правил. Иными словами имеется возможность модифицировать значения атрибутов в составе фактов, находящихся в рабочей памяти. Изменение фактов в свою очередь приводит к необходимости удаления из базы знаний заключений, полученных с помощью упомянутых правил. Тем самым вывод выполняется повторно для того, чтобы пересмотреть те решения, которые были получены на основе подвергшихся изменению фактов.