

# Лекция 15. Экспертные системы.

## Смысл экспертного анализа

---

Задумайтесь над таким вопросом: "При выполнении каких условий **компьютерную программу можно назвать экспертом?**"

\* Вполне логично потребовать, чтобы такая программа **обладала знаниями**. Просто способность выполнять некоторый алгоритм, например производить анализ списка элементов на наличие какого-либо свойства, явно не отвечает этому требованию, Это все равно, что дать первому случайному прохожему список вопросов и ответов и ожидать от него успешного выполнения поиска и устранения неисправностей в системах определенного типа. Раньше или позже, но он обязательно столкнется с ситуацией, не предусмотренной в том списке, которым его снабдили.

---

---

\* Знания, которыми обладает программа, должны быть сконцентрированы на **определенную предметную область**.  
Случайный набор имен, дат и мест событий, сентенций из классиков и т.п. — это отнюдь не те знания, которые могут послужить основой для программы, претендующей на способность выполнить экспертный анализ.

Знания предполагают **определенную организацию и интеграцию** — то есть отдельные сведения должны соотноситься друг с другом и образовывать нечто вроде цепочки, в которой одно звено "тащит" за собой следующее (**логическая структура**).

---

---

\* И, наконец, из этих знаний должно непосредственно вытекать **решение проблем**. Просто продемонстрировать свои знания, касающиеся, например, технического обслуживания компьютеров, — это далеко не то же самое, что привести компьютер в "чувство". Точно так же, получить доступ к оперативной документации — это совсем не то же самое, что заполучить в свое распоряжение специалиста (или программу), способного справиться с возникшими проблемами.

---

Теперь попробуем **подытожить** эти рассуждения в следующем формальном определении экспертной системы.

---

**Экспертная система — это программный комплекс, которая оперирует со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем.**

Экспертная система может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечения опыта человека-специалиста, или играть роль ассистента для человека, принимающего решение.

Другими словами, система (техническая или социальная), требующая принятия решения, может получить его непосредственно от программы или через промежуточное звено — человека, который общается с программой. Тот, кто принимает решение, может быть экспертом со своими собственными правами, и этом случае программа может "оправдать" свое существование, повышая эффективность его работы.

---

Альтернативный вариант — человек, работающий в сотрудничестве с такой программой, может добиться с ее помощью результатов более высокого качества. Вообще говоря, правильное распределение функций между человеком и машиной является одним из ключевых условий высокой эффективности внедрения экспертных систем.

Технология экспертных систем является одним из направлений особой области исследования, которая получила наименование **искусственного интеллекта** (Artificial Intellect).

Исследования в этой области сконцентрированы на разработке и внедрении программ, способных **эмулировать (имитировать, воспроизводить) те области деятельности человека, которые требуют мышления, определенного мастерства и накопленного опыта.** К ним относятся задачи **принятия решений, распознавания образов и понимания человеческого языка.** Эта технология уже успешно применяется в некоторых областях техники и жизни общества — органической химии, поиске полезных ископаемых, медицинской диагностике.

---

---

Перечень **типовых задач**, решаемых **экспертными системами**, включает:

- \* **извлечение информации** из первичных данных (потоков данных, баз данных и т.д.);
  - \* **диагностика неисправностей** (как в технических системах, так и в человеческом организме);
  - \* **структурный анализ сложных объектов** (например, химических соединений);
  - \* **выбор конфигурации сложных многокомпонентных систем** (например, распределенных компьютерных систем);
  - \* **планирование последовательности выполнения операций**, приводящих к заданной цели (например, выполняемых промышленными роботами).
-

---

Хотя известны и "обычные" программы, специализирующиеся на определенных задачах из представленного перечня (или аналогичных им в смежных областях).

Четкого формального определения экспертной системы, которое всех бы удовлетворило, не существует — приведенное выше тоже довольно расплывчато.

Но тем не менее существует довольно много **важных признаков**, присущих в той или иной степени всем экспертным системам.

---

## Характеристики экспертных систем

**Экспертная система отличается от прочих прикладных программ наличием следующих признаков.**

---

\* Моделирует не столько физическую (или иную) природу определенной проблемной области, сколько **механизм мышления человека** применительно к решению задач в этой проблемной области. Это существенно **отличает экспертные системы от систем математического моделирования или компьютерной анимации.**

Нельзя, конечно, сказать, что программа полностью воспроизводит психологическую модель специалиста в этой предметной области (эксперта), но важно, что основное внимание все-таки уделяется воспроизведению компьютерными средствами методики решения проблем, которая применяется экспертом, т.е. выполнению некоторой части задач так же (или даже лучше), как это делает эксперт.

---



---

\* Система, помимо выполнения вычислительных операций, формирует определенные **соображения и выводы, основываясь на тех знаниях, которыми она располагает.**

Знания в системе представлены, как правило, на некотором **специальном языке** и **хранятся отдельно** от собственно программного кода, который и формирует выводы и соображения. Этот компонент программы принято называть **базой знаний.**

---

---

\* При решении задач основными являются **эвристические и приближенные методы**, которые, в отличие от алгоритмических, не всегда гарантируют успех. Эвристика, по существу, является **правилом влияния (rule of thumb)**, которое в машинном виде представляет некоторое знание, приобретенное человеком по мере накопления практического опыта решения аналогичных проблем.

Такие методы являются **приблизительными** в том смысле, что, **во-первых, они не требуют исчерпывающей исходной информации, и, во-вторых, существует определенная степень уверенности (или неуверенности) в том, что предлагаемое решение является верным.**

---

## Экспертные системы отличаются и от других видов программ из области искусственного интеллекта.

---

\* Экспертные системы имеют дело с предметами **реального мира**, операции с которыми обычно требуют наличия значительного опыта, накопленного человеком. Множество программ из области искусственного интеллекта являются сугубо исследовательскими и основное внимание в них уделяется **абстрактным математическим проблемам** или упрощенным вариантам реальных проблем (иногда их называют "**игрушечными**" проблемами), а целью выполнения такой программы является "повышение уровня интуиции" или отработка методики. **Экспертные системы имеют ярко выраженную практическую направленность в научной или коммерческой области.**

---

---

\* Одной из основных характеристик экспертной системы является ее **производительность**, т.е. скорость получения результата и его **достоверность (надежность)**.

Исследовательские программы искусственного интеллекта могут и не быть очень быстрыми, можно примириться и с существованием в них отказов в отдельных ситуациях, поскольку, в конце концов, — это инструмент исследования, а не программный продукт. **А вот экспертная система должна за приемлемое время найти решение, которое было бы не хуже, чем то, которое может предложить специалист в этой предметной области.**

---

---

\* Экспертная система должна обладать **способностью объяснить**, почему предложено именно такое решение, и **доказать его обоснованность**.

Пользователь должен получить всю информацию, необходимую ему для того, чтобы быть уверенным, что решение принято "не с потолка". В отличие от этого, исследовательские программы "общаются" только со своим создателем, который и так (скорее всего) знает, на чем основывается ее результат. **Экспертная система проектируется в расчете на взаимодействие с разными пользователями, для которых ее работа должна быть, по возможности, прозрачной.**

---

---

Зачастую термин **система, основанная на знаниях** (*knowledge-based system*), используется в качестве синонима термина **экспертная система**, хотя, строго говоря, экспертная система — это **более широкое понятие**.

Система, основанная на знаниях, — это любая система, процесс работы которой основан на применении правил отношений к символическому представлению знаний, а не на использовании алгоритмических или статистических методов. Таким образом, программа, способная рассуждать о погоде, будет системой, основанной на знаниях, даже в том случае, если она не способна выполнить метеорологическую экспертизу. А вот чтобы иметь право называться метеорологической **экспертной системой**, программа должна быть способна давать прогноз погоды (**другой вопрос - насколько он будет достоверен**).

---

## **Базовые функции экспертных систем**

Поскольку теория экспертных систем выросла из более общей концепции искусственного интеллекта, то нет ничего удивительного в том, что проблематика этих областей имеет много общего.

### **1. Приобретение знаний**

Бучанан следующим образом сформулировал функцию приобретения знаний:

**Приобретение знаний - это передача потенциального опыта решения проблемы от некоторого источника знаний и преобразование его в вид, который позволяет использовать эти знания в программе.**

Передача знаний выполняется в процессе достаточно длительных и пространственных собеседований между специалистом по проектированию экспертной системы (будем в дальнейшем называть его **инженером по знаниям**) и **экспертом в определенной предметной области**, способным достаточно четко сформулировать имеющийся у него опыт. По существующим оценкам, таким методом можно сформировать от двух до пяти **"элементов знания"** (например, правил влияния) в день. Конечно, это очень низкая скорость, поэтому многие исследователи рассматривают функцию приобретения знаний в качестве одного из главных "узких мест" технологии экспертных систем.

Причин такой низкой производительности предостаточно. Ниже перечислены только некоторые из них.

---

\* Специалисты в узкой области, как правило, пользуются **собственным жаргоном**, который трудно перемести на обычный "человеческий" язык. Смысл жаргонного "словечка" отнюдь не очевиден, а потому требуется достаточно много дополнительных вопросов для уточнения его логического или математического значения.

Например, специалисты по военной стратегии говорят об "агрессивной демонстрации" иностранной военной мощи, но при этом не могут объяснить, чем такая "агрессивная" демонстрация отличается от демонстрации, не несущей угрозы.

---



---

**\* Факты и принципы, лежащие в основе многих специфических областей знания эксперта, не могут быть четко сформулированы в терминах математической теории или детерминированной модели, свойства которой хорошо понятны.** Так, эксперту в финансовой области может быть известно, что определенные события могут стать причиной роста или снижения котировок на фондовой бирже, но он ничего вам не скажет точно о механизмах, которые приводят к такому эффекту, или о количественной оценке влияния этих факторов. **Статистические модели могут помочь сделать общий долговременный прогноз,** но, как правило, такие методы не работают в отношении курсов конкретных акций на коротких временных интервалах.

---

---

\* Для того чтобы решить проблему в определенной области, **эксперту** недостаточно просто обладать суммой знаний о фактах и принципах в этой области. Например, опытный специалист знает, какого рода информацией нужно располагать для формулировки того или иного суждения, насколько надежны различные источники информации и как можно расчленить сложную проблему на более простые, которые можно решать более или менее независимо.

Выявить в процессе собеседования такого рода знания, основанные на личном опыте и плохо поддающиеся формализации, значительно сложнее, чем получить простой перечень каких-то фактов или общих принципов.

---

---

\* Экспертный анализ даже в очень узкой области, выполняемый человеком, очень часто нужно поместить в довольно обширный контекст, который включает и **многие вещи, кажущиеся эксперту само собой разумеющимися**, но для постороннего отнюдь таковыми не являющиеся.

Возьмем для примера эксперта-юриста, который принимает участие в судебном процессе. Очень трудно очертить количество и природу знаний общего рода, которые оказываются вовлечены в расследование того или иного дела.

---

---

Неудовлетворительные результаты подобных собеседований пробудили у некоторых исследователей интерес к автоматизации процесса передачи знаний специалистом машине.

Одно из направлений исследований в этой области— **автоматизированное извлечение знаний (*automated knowledge elicitation*)**— появилось как побочный продукт в развитии систем человеко-машинного диалога.

Другие исследователи полагают, что "расшить" это узкое место можно, двигаясь по пути **машинного обучения (*machine learning*)**. Идея состоит в том, чтобы машина училась решать проблемы примерно так, как учится человек.

---

## 2. Представление знаний

---

**Представление знаний**— еще одна функция экспертной системы.

Теория представления знаний — это отдельная область исследований, тесно связанная с **философией формализма и когнитивной психологией**. Предмет исследования в этой области — методы ассоциативного хранения информации, подобные тем, которые существуют в **мозгу человека**. При этом основное внимание, естественно, уделяется логической, а не биологической стороне процесса, опуская подробности физических преобразований.

---

---

В 70-х годах исследования в области представления знаний развивались в направлениях раскрытия принципов работы памяти человека, создания теорий извлечения сведений из памяти, распознавания и восстановления. Некоторые из достигнутых в теории результатов привели к созданию компьютерных программ, которые моделировали различные способы связывания понятий (**концептов**). Появились компьютерные приложения, которые могли некоторым образом отыскивать **нужные "элементы"** знания на определенном этапе решения некоторой проблемы. Со временем психологическая достоверность этих теорий отошла на второй план, а основное место, по крайней мере с точки зрения проблематики искусственного интеллекта, заняла их способность служить инструментом для работы с новыми информационными и управляющими структурами.

---

---

В области экспертных систем **представление знаний** интересует нас в основном как **средство отыскания методов формального описания больших массивов полезной информации с целью их последующей обработки с помощью *символических вычислений***.

**Формальное описание** означает **упорядочение** в рамках какого-либо языка, обладающего достаточно четко формализованным **синтаксисом** построения выражений и такого же уровня семантикой, увязывающей смысл выражения с его формой.

---

---

**Символические вычисления** означают выполнение нечисловых операций, в которых могут быть сконструированы символы и символьные структуры для представления различных концептов и отношений между ними.

В области искусственного интеллекта ведется интенсивная работа по созданию **языков представления (*representation languages*)**. Под этим термином понимаются компьютерные языки, ориентированные на организацию описаний объектов и идей, в противовес статическим последовательностям инструкций или хранению простых элементов данных. Основными критериями доступа к представлению знаний являются **логическая адекватность, эвристическая мощьность и естественность, органичность нотации**.

---



---

\* **Логическая адекватность** означает, что представление должно обладать способностью распознавать все отличия, которые вы закладываете в исходную сущность.

Например, невозможно представить идею, что каждое лекарство имеет какой-либо побочный нежелательный эффект, если только нельзя будет провести отличие между **предназначением** конкретного лекарственного препарата и его **побочным эффектом** (например, аспирин усугубляет язвенную болезнь). В более общем виде выражение, передающее этот эффект, звучит так: "каждое лекарство обладает нежелательным побочным эффектом, специфическим для этого препарата".

---

\* **Эвристическая мощьность** означает, что наряду с наличием выразительного языка представления должно существовать некоторое **средство использования представлений, сконструированных и интерпретируемых таким образом, чтобы с их помощью можно было решить проблему.** Часто оказывается, что язык, обладающий большей выразительной способностью в терминах количества семантических отличий, оказывается и больше сложным в управлении описанием взаимосвязей в процессе решения проблемы. Способность к выражению у многих из найденных формализмов может оказаться достаточно ограниченной по сравнению с английским языком или даже стандартной логикой. **Часто уровень эвристической мощьности рассматривается по результату, т.е. по тому, насколько легко оказывается извлечь нужное знание применительно к конкретной ситуации.** Знать, какие знания более всего подходят для решения конкретной проблемы, — это одно из качеств, которое отличает действительно специалиста, эксперта в определенной области, от новичка, или просто начитанного человека.

---

---

\* **Естественность нотации** следует рассматривать как некую добродетель системы, поскольку большинство приложений, построенных на базе экспертных систем, нуждается в накоплении большого объема знаний, а решить такую задачу довольно трудно, если соглашения в языке представления слишком сложны. Любой специалист скажет вам, что **при прочих равных характеристиках лучше та система, с которой проще работать**. Выражения, которыми формально описываются знания, должны быть по возможности простыми для написания, а их смысл должен быть понятен даже тому, кто не знает, как же компьютер интерпретирует эти выражения. Примером может служить **декларативный** программный код, который сам по себе дает достаточно четкое представление о процессе его выполнения даже тому, кто не имеет представления о деталях реализации компьютером отдельных инструкций.

---

### 3. Управление процессом поиска решения

При проектировании экспертной системы серьезное внимание должно быть уделено и тому, как осуществляется доступ к знаниям и как они используются при поиске решения. Знание о том, какие знания нужны в той или иной конкретной ситуации, и умение ими распорядиться — важная часть процесса функционирования экспертной системы. Такие знания получили наименование **метазнаний**— т.е. знаний о знаниях. Решение нетривиальных проблем требует и определенного уровня **планирования и управления** при выборе, какой вопрос нужно задать, какой тест выполнить, и т.д.

Использование разных стратегий перебора имеющихся знаний, как правило, оказывает довольно существенное влияние на характеристики эффективности программы. Эти стратегии определяют, каким способом программа отыскивает решение проблемы в некотором пространстве альтернатив. Как правило, не бывает так, чтобы данные, которыми располагает программа работы с базой знаний, позволяли точно "выйти" на ту область в этом пространстве, где имеет смысл искать ответ.

Большинство формализмов представления знаний может быть использовано в разных **режимах управления**, и разработчики экспертных систем продолжают экспериментировать в этой области.

## 4. Разъяснение принятого решения

---

Вопрос о том, как помочь пользователю понять структуру и функции некоторого сложного компонента программы, связан со сравнительно новой областью взаимодействия человека и машины, которая появилась на пересечении таких областей, как искусственный интеллект, промышленная технология, физиология и эргономика.

На сегодня вклад в эту область исследователей, занимающихся экспертными системами, состоит в разработке **методов представления информации о поведении программы в процессе формирования цепочки логических заключений при поиске решения.**

---

---

Представление информации о поведении экспертной системы важно по многим причинам.

- \* *Пользователи, работающие с системой, нуждаются в подтверждении того, что в каждом конкретном случае заключение, к которому пришла программа, в основном корректно.*
  - \* *Инженеры, имеющие дело с формированием базы знаний, должны убедиться, что сформулированные ими знания применены правильно, в том числе и в случае, когда существует прототип.*
  - \* *Экспертам в предметной области желательно проследить ход рассуждений и способ использования тех сведений, которые с их слов были введены в базу знаний. Это позволит судить, насколько корректно они применяются в данной ситуации.*
-

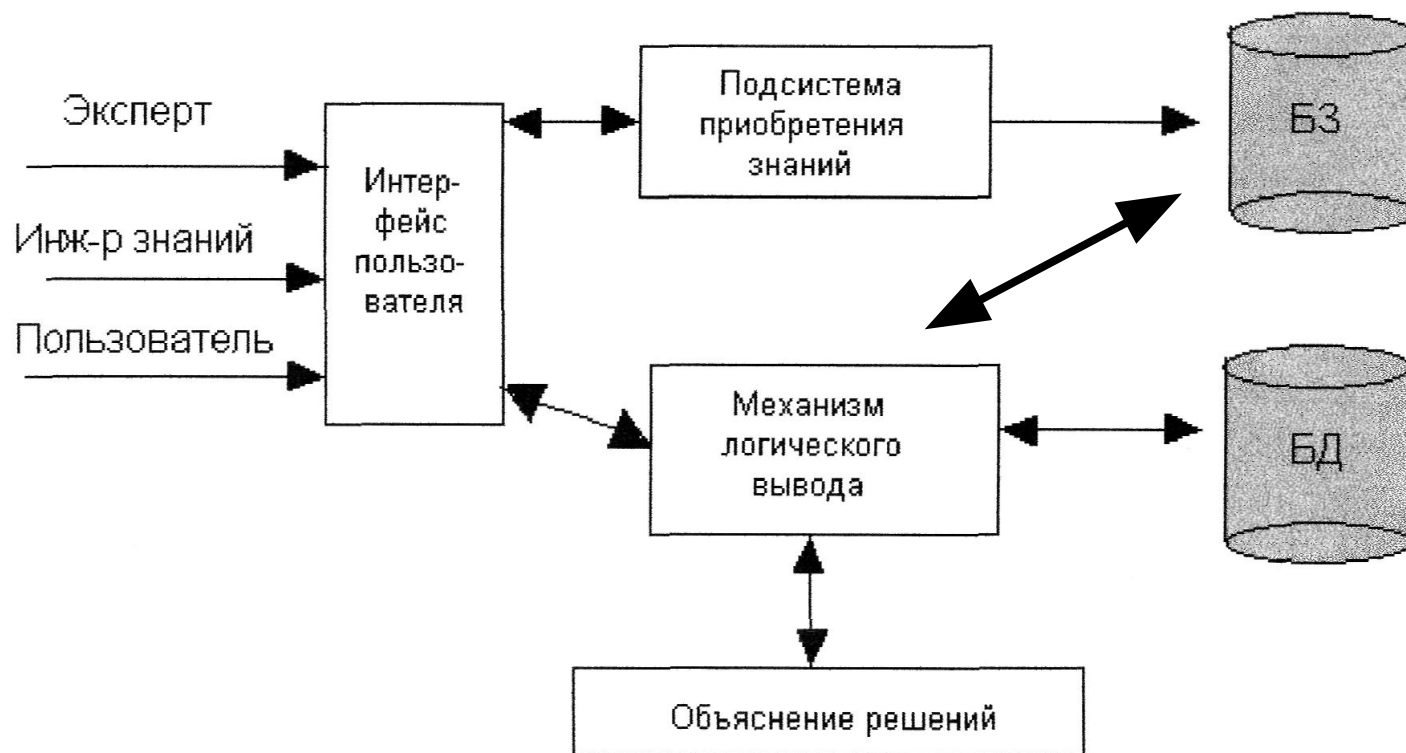
\* *Программистам*, которые сопровождают, отлаживают и модернизируют систему, нужно иметь в своем распоряжении инструмент, позволяющий заглянуть в "ее нутро" на уровне более высоком, чем вызов отдельных языковых процедур.

\* *Менеджер системы*, использующей экспертную технологию, который в конце концов несет ответственность за последствия решения, принятого программой, также нуждается в подтверждении, что эти решения достаточно обоснованы.

**Способность системы объяснить методику принятия решения иногда называют *прозрачностью системы*.** Под этим понимается, насколько просто персоналу выяснить, что делает программа и почему. Эту характеристику системы следует рассматривать в совокупности с режимом управления, о котором шла речь в предыдущем разделе, поскольку последовательность этапов принятия решения тесно связана с заданной стратегией поведения. **Отсутствие достаточной прозрачности поведения системы не позволит эксперту повлиять на ее производительность или дать совет, как можно ее повысить.** Прослеживание и оценка поведения системы — задача довольно сложная и для ее решения необходимы **совместные усилия эксперта и специалиста по информатике.**

## Типовая структура экспертных систем

---





ЭС функционируют в двух режимах:

- режиме приобретения знаний
  - режиме решения задачи, называемом также режимом консультации или режимом использования ЭС
- 

**В режиме приобретения знаний** общение ЭС осуществляет эксперт через посредничество инженера по знаниям. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме решения самостоятельно (без эксперта) решать задачи из проблемной области. Эксперт описывает проблемную область в виде совокупности данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила определяют способы манипулирования с данными, характерные для рассматриваемой области. **Режиму приобретения знаний в традиционном подходе к разработке программ соответствуют этапы алгоритмизации, программирования и отладки, выполняемые программистом.** Таким образом, в отличие от традиционного подхода в случае ЭС разработку программ осуществляет не программист, а эксперт (с помощью ЭС), не владеющий программированием.

---

---

**В режиме консультации** общение с ЭС осуществляет конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения. Необходимо отметить, что в зависимости от назначения ЭС пользователь может не быть специалистом в данной проблемной области (в этом случае он обращается к ЭС за результатом, не умея получить его сам) или быть специалистом (в этом случае пользователь может сам получить результат, но он обращается к ЭС с целью либо ускорить процесс получения результата, либо возложить на ЭС эту рутинную работу). В режиме консультации данные о задаче через интерфейс пользователя поступают в рабочую память (здесь хранятся промежуточные данные решаемой в текущий момент задачи). На основе входных данных из рабочей памяти, общих данных о проблемной области и правил базы знаний с помощью механизма логического вывода формируется решение задачи. ЭС при решении задачи не только исполняет предписанную последовательность операций, но и предварительно формирует ее.

---

# Экспертные системы

---

по задаче

- интерпретация данных
- диагностика
- мониторинг
- проектирование
- прогнозирование
- планирование
- обучение

по связи с реальным временем

- статические
- квазидинамические (дискретное время)
- динамические

по типу ЭВМ

- на суперЭВМ
- на ЭВМ средней произв.
- на символьных процессорах
- на супермини ЭВМ
- на ПЭВМ

по степени интеграции

- автономные
  - гибридные (интегрированные)
-

## Л.р. № 1. Проектирование реляционной БД

---

1. Спроектировать реляционную БД, которую в процессе нормализации можно свести к 4 связанным отношениям (таблицам).
  2. Провести нормализацию структуры данной БД и обосновать выбор структуры отношений и ключевых (уникальных и внешних) атрибутов.
  3. Охарактеризовать связи между отношениями.
  4. Представить отчет.
-