

Разработка экспертных систем - это ветвь информатики, направленная на использование ЭВМ для обработки информации в тех областях, где традиционные математические методы малопригодны, где важна смысловая и логическая обработка информации, опыт экспертов.

Экспертные системы (ЭС) - это программные комплексы, аккумулирующие опыт высококвалифицированных специалистов в некоторой предметной области с целью его тиражирования.

Огромный интерес к ЭС со стороны пользователей вызван, по крайней мере, тремя причинами. Во-первых, они ориентированы на решение широкого круга задач в неформализованных областях, на приложения, которые до недавнего времени считались малодоступными для вычислительной техники. Во-вторых, с помощью ЭС специалисты, не знающие программирования, могут самостоятельно разрабатывать интересующие их приложения, что позволяет резко расширить сферу использования вычислительной техники. В-третьих, ЭС при решении практических задач достигают результатов, не уступающих, а иногда и превосходящих возможности людей-экспертов, не оснащенных ЭС.

В настоящее время ЭС применяются в различных областях человеческой деятельности. Наибольшее распространение ЭС получили в проектировании интегральных микросхем, в поиске неисправностей, в военных приложениях и автоматизации программирования. Применение ЭС позволяет: 1) при проектировании интегральных схем повысить (по данным фирмы NEC) производительность труда в 3-6 раз, при этом выполнение некоторых операций ускоряется в 10-15 раз; 2) ускорить поиск неисправностей в устройствах в 5-10 раз; 3) повысить производительность труда программистов (по данным фирмы Toshiba) в 5 раз; 4) при профессиональной подготовке сократить (без потери качества) в 8-12 раз затраты на индивидуальную работу с обучаемым.

Традиционной технологией решения задач на ЭВМ является обработка данных, реализуемая с помощью процедурно-ориентированных методов программирования. Суть этой технологии сводится к тому, что в ней ведущую роль играет процедурная компонента (программы обработки). Декларативная же компонента, т.е. данные, остается пассивной. Новая технология решения задач реализуется с помощью объектно-ориентированных методов программирования. В этой технологии активную роль играют уже данные, а точнее знания предметной области задачи или класса задач. Принципиальное отличие новой технологии от традиционной состоит в том, что ход решения задачи и результаты определяются текущим состоянием базы знаний, а не "зашиты" жестко в алгоритмы программы.

ЭС может рассматриваться как действующая модель эксперта (или коллектива экспертов), обладающая знаниями эксперта и способная воспроизводить ход его рассуждений. ЭС применяются в областях, где знания трудно формализовать в виде детерминированных математических моделей.

3.1. Основные классы задач, решаемых экспертными системами

ЭС предназначены для решения, главным образом, трудно формализуемых и неформализуемых задач. Следуя Ньюэллу и Саймону к неформализуемым задачам относятся такие, которые обладают одной или несколькими из следующих характеристик:

- 1) задачи не могут быть заданы в числовой форме, требуется символьное представление;
 - 2) цели не могут быть выражены в терминах точно определенной целевой функции;
 - 3) не существует алгоритмического решения задачи;
 - 4) алгоритмическое решение существует, но его нельзя использовать из-за ограниченности ресурсов (времени, памяти: например, можно получить ответ либо когда он уже не нужен, либо такой, который не нужен).
- Неформализуемые задачи обычно обладают следующими особенностями:
- 1) ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью исходных данных;
 - 2) ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью знаний о проблемной области и о решаемой задаче;
 - 3) большой размерностью пространства решения, т.е. перебор при поиске решения весьма велик;
 - 4) динамически изменяющимися данными и знаниями.

Следующие классы задач целесообразно решать, используя технологию ЭС.

Интерпретация - описание ситуаций по информации, поступающей от датчиков (по наблюдаемым данным). Системы анализа сцен и распознавания речи, используя естественную информацию, - в одном случае визуальные образы, в другом - звуковые сигналы - анализируют их характеристики и понимают их смысл. Интерпретирующие системы объясняют наблюдаемые данные. Медицинские интерпретируемые системы используют показания, например, значения частоты пульса, кровяного давления, чтобы установить диагноз или тяжесть заболевания. Нахождение согласованных и корректных интерпретаций этих данных является основным требованием в этой задаче.

Основное затруднение состоит в том, что данные часто оказываются зашумленными и содержат ошибки, т.е. значения величин могут отсутствовать, быть излишними или ошибочными. Это значит, что

- 1) интерпретатор должен быть в состоянии работать с частичной информацией;

- 2) в рамках каждой из задач данные могут оказаться в очевидном противоречии, так что интерпретатор должен выдвигать гипотезы, каким данным следует доверять;
- 3) при ненадежных данных интерпретация будет также ненадежной, поэтому для достижения доверия важно определить, какая информация была неопределенной и неполной и какие были сделаны предположения;
- 4) поскольку цепочки рассуждений могут быть длинными, то полезно располагать средствами объяснения того, как интерпретация обусловлена имеющимися данными.

Диагностика - это процесс поиска неисправности в системе (или определения стадии заболевания в живой системе), основанный на интерпретации данных, возможно зашумленных. Системы диагностики судят о нарушениях в работе системы по наблюдениям, т.е. соотносят наблюдаемые нарушения поведения систем с обусловившими их причинами. Предположения о неисправностях, совместимых с наблюдаемыми данными, строятся на совместном использовании знаний о том, как устроена система, и знаний о слабых местах конструкции или реализации устройства или используемых деталей. Требования к диагностике включают все требования, предъявляемые к интерпретации. Ключевыми являются следующие проблемы:

- 1) иногда одни дефекты маскируются наложением симптомов других дефектов. В некоторых системах диагностики этой проблемой пренебрегают, заранее предполагая, что дефект может быть только один;
- 2) дефекты могут появляться лишь временами, поэтому диагност иногда вынужден сильно воздействовать на систему с тем, чтобы дефекты проявились;
- 3) диагностическое оборудование само по себе может оказаться неисправным; диагност обязан достигнуть максимального результата вопреки неисправности датчиков;
- 4) некоторые данные о системе могут оказаться малодоступными, дорогостоящими или сопряженными с опасностью. Диагност должен выбрать, какие измерения следует выполнять;
- 5) знания о сложных естественных системах, таких как, например, тело человека, являются неполными и неточными, т.е. процесс познания не завершен. Диагносту может потребоваться сочетать несколько не вполне совместимых частных моделей.

Прогнозирование - это вывод вероятных следствий из заданных ситуаций. Если не делать вероятностных оценок, то прогнозирующие системы могут порождать большое число сценариев будущих событий.

Для предсказаний требуется построение рассуждений относительно времени. Предсказывающие программы должны уметь работать с объектами, которые изменяются с ходом времени, и с событиями, упорядоченными во времени. У них должны иметься адекватные модели того, как различные действия изменяют во времени состояние моделируемой среды (имитационные модели), т.е. программы, которые отражают причинно-следственные взаимосвязи в реальном мире, чтобы сгенерировать ситуации или сценарии, которые могут возникнуть при тех или иных входных данных. Ключевые проблемы:

- 1) для предсказания требуется соединение в единое целое неполной информации. В случае полной информации предсказание не относится к проблемам, рассматриваемым в искусственном интеллекте (например, к ИИ не относится задача "указать, где будет находиться Юпитер через два года после ближайшего четверга");
- 2) предсказания должны рассматривать различные возможные варианты будущего (используя рассуждения с привлечением гипотез) и указывать их чувствительность к изменениям входных данных;
- 3) предсказания должны основываться на использовании самых разнообразных данных, поскольку свидетельства в пользу определенных ситуаций в будущем могут быть получены из различных источников;
- 4) теория предсказания должна при необходимости носить условный характер, поскольку вероятность отдаленных событий в будущем может зависеть от более близких, но непредсказуемых событий.

Планирование - это подготовка программы действий, которые следует выполнить для достижения поставленных целей. От планировщика требуется разработать план, который достигает поставленных целей, не расходуя чрезмерно ресурсы и не нарушая имеющихся ограничений. При возникновении конфликтов между целями планировщик устанавливает приоритеты. Если требования, предъявляемые к плану, или данные, на основе которых принимаются решения, известны не полностью или изменяются со временем, то планировщик должен проявить достаточную гибкость, строя свою работу исходя из возникающих обстоятельств. В системах планирования используются модели поведения действующей системы с тем, чтобы логически вывести последствия запланированной ее активности. Так как планирование всегда сопряжено в какой-то степени с предсказанием, то требования, возникающие в задаче предсказания, остаются в силе и в данном случае. Ключевые проблемы:

- 1) проблемы планирования являются достаточно большими и сложными, так что планировщик не в состоянии сразу осознать все последствия своих действий. Это значит, что планировщик должен уметь делать пробные шаги и исследовать возможные планы;
- 2) если деталей слишком много, то планировщик должен уметь сосредоточить внимание на наиболее важных соображениях;
- 3) в больших, сложных задачах часто наблюдаются взаимодействия между планами достижения различных подцелей. Планировщик должен учитывать такие взаимодействия и справляться с взаимодействием целей;

- 4) часто контекст, в котором ведется планирование, известен только приблизительно, так что планировщик должен действовать в условиях неопределенности. Здесь нужно быть готовым к условному планированию, зависящему от поступления дополнительных сведений;
- 5) если план предназначен для нескольких исполнителей, то требуется координация их действий.

Проектирование состоит в разработке подробной документации, предназначенной для создания объектов, которые удовлетворяют определенным требованиям. Системы проектирования строят конфигурации объектов, которые удовлетворяют ограничениям, присущим данной задаче проектирования. В системах проектирования строятся различные сочетания описаний объектов друг с другом и проверяется, удовлетворяют ли подобные конфигурации сформулированным ограничениям. Кроме того, во многих системах проектирования делается попытка минимизировать некоторую целевую функцию, учитывающую затраты и другие нежелательные параметры будущих проектов. Такой взгляд на систему проектирования позволяет включить сюда задачу о целенаправленном поведении, в которой целевая функция служит мерой приближения к цели. Требования к задаче проектирования во многом совпадают с требованиями к задаче планирования.

Ключевые проблемы:

- 1) в серьезных задачах проектировщик не может сразу же оценить все последствия принимаемых проектных решений, поэтому ему необходимо запастись вариантами проекта;
- 2) ограничения на проект возникают по различным причинам, но исчерпывающая теория, позволяющая увязать ограничения с принимаемыми решениями, отсутствует;
- 3) в очень больших системах проектировщик должен преодолевать сложность системы, разбивая проект на совокупность подзадач, при этом ему необходимо бороться с взаимодействием этих подзадач, так как последние очень редко оказываются независимыми;
- 4) если проект большой, то рассуждения, на основании которых принимались те или иные решения, легко забываются и становится трудно оценить, какое влияние на проект окажет его частичная модификация. Это наводит на мысль, что в системе проектирования необходимо запоминать те оправдания, которые использовались для принятия решений, и предусмотреть возможность использования их для последующего объяснения, почему были приняты эти решения. Такое требование особенно очевидно, если отдельные подсистемы проектируются различными разработчиками;
- 5) когда возникает необходимость в модификации проектов, то важно иметь возможность заново рассмотреть множество проектных вариантов. При изменении проекта необходимо видеть картину в целом, чтобы уходить из точек в пространстве проектов, которые являются лишь локально оптимальными;
- 6) во многих задачах проектирования необходимо учитывать пространственные отношения. Рассуждения относительно расстояний, форм и контуров предметов требуют значительных вычислительных мощностей. Требуются хорошие методы рассуждений, позволяющие приблизительно или качественно анализировать форму и пространственные отношения.

Управление. Экспертная управляющая система обеспечивает адаптивное управление всем поведением некоторой системы. Чтобы сделать это, управляющая система должна постоянно интерпретировать текущую ситуацию, прогнозировать будущее, диагностировать причины возникающих проблем, формулировать план их ликвидации и контролировать его выполнение, обеспечивая его успех.

3.2. Структура ЭС

Типичная ЭС состоит из следующих основных компонентов: решателя (интерпретатора), рабочей памяти (РП), базы знаний (БЗ), компонентов приобретения знаний, объяснительного и диалогового.

Рабочая память (или область) предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи.

База знаний в ЭС 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 РП и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи.

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

Объяснительный компонент (или подсистема объяснения) 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. Подробнее этот компонент будет рассмотрен ниже.

Диалоговый компонент ориентирован на организацию дружелюбного общения со всеми категориями пользователей как в ходе решения задач, так и приобретения знаний, объяснения результатов работы.

3.3. Подсистема объяснения

В состав каждой экспертной системы входит подсистема объяснения (ПСО), которая используется как инженером знаний и экспертом при разработке, совершенствовании и развитии системы, так и пользователем на этапе эксплуатации. Анализируя объяснения, представленные системой, разработчик может сфокусировать свое внимание на основных предположениях и последующих логических шагах, составляющих решение, увидеть те шаги в ходе решения задачи, которые привели к неправильным ответам, и те факты в базе знаний, которые привели к неправильным шагам. Подсистема объяснений делает ЭС "прозрачной" для пользователя, т.е. предоставляет пользователю возможность понимать логику действий системы. Эта возможность имеет большое значение в освоении ЭС пользователем, когда недоверие к системе, существующее на первом этапе работы, сменяется пониманием и в конечном итоге ведет к полному принятию системы пользователем.

Подсистема объяснения должна позволять:

- 1) в любой момент приостанавливать работу системы и предоставлять полное описание ее текущего состояния;
- 2) по запросу пользователя выдавать любую информацию о пройденном системой пути с возможностью возврата на любой его участок;
- 3) по запросу пользователя сообщать результаты ранее выполненных действий, проверок выдвинутых гипотез с пояснениями;
- 4) получать ответы на вопросы типа "почему?", "зачем?", "как?"

Пояснение хода решения задачи может представлять собой:

- 1) набор информационных справок о состоянии системы на момент останова;
- 2) полное или частичное описание пройденного системой пути по дереву решений;
- 3) список проверяемых гипотез (основание для их формирования и результаты проверки);
- 4) список целей, управляющих работой системы, и путей их достижения.

Подсистема может выдавать результаты в виде:

- 1) полного текста объяснения на естественном языке;
- 2) ответа на запрос;
- 3) ответов на вопросы пользователя об интересующих его деталях решения.

Развитая подсистема объяснения должна выдавать пояснения на многих уровнях абстракции и с многих точек зрения. Если пользователь не понимает объяснения, система должна быть способна представить альтернативное объяснение, а также расширить или обобщить предыдущие объяснения в ответ на запрос пользователя.

В подсистеме объяснения желательно присутствие механизма уменьшения сложности объяснения, которое выполняется за счет

- 1) удаления утверждений, которые, по предположению системы, известны пользователю;
- 2) уменьшения числа деталей;
- 3) дополнительного структурирования информации таким образом, чтобы лежащая в основе структура стала более ясной.

3.4. Режимы работы ЭС

Экспертная система работает в двух режимах: приобретения знаний и решения задач (называемом также режимом консультации или режимом эксплуатации ЭС).

В режиме приобретения знаний общение с ЭС осуществляет эксперт через посредничество инженера по знаниям. 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 данными, характерными для рассматриваемой проблемной области. Эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме решения самостоятельно (без эксперта) решать задачи из проблемной области. Режиму приобретения знаний при традиционном подходе к разработке программ соответствуют этапы алгоритмизации, программирования и отладки, выполняемые программистом. Таким образом, в отличие от традиционного подхода разработку программ осуществляет эксперт (с помощью ЭС), не владеющий программированием, а не программист. Кроме того, приобретение знаний может осуществляться и при эксплуатации ЭС.

В режиме консультации общение с ЭС осуществляет конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ получения решения. Пользователь, в зависимости от назначения ЭС, может не быть специалистом в данной проблемной области, в этом случае он обращается к ЭС за советом, не умея получать ответ самостоятельно, или быть специалистом, тогда в этом случае он обращается к ЭС, чтобы либо ускорить процесс получения результата, либо возложить на ЭС рутинную работу.

В отличие от традиционных программ ЭС в режиме решения задачи не только исполняет предписанную последовательность операций, но формирует ее. Если ответ ЭС не понятен, то пользователь может потребовать объяснения, как ответ был получен.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое экспертная система?
2. Назовите основные классы задач, решаемых экспертными системами?
3. Назовите ключевые проблемы задач проектирования.
4. В чем состоит целесообразность применения ЭС в проектировании?
5. Дайте характеристику основным компонентам ЭС.
6. В чем отличие ЭС от традиционных программных систем, например пакетов прикладных программ и др.?