

## Лекция 11. Технология разработки экспертных систем.

### 11.1. Этапы разработки экспертных систем.

Процесс разработки промышленной экспертной системы, опираясь на традиционные технологии, можно разделить на шесть более или менее независимых этапов (рис 2.1.), практически не зависящих от предметной области.

Последовательность этапов дана для общего представления о создании идеального проекта. Конечно, последовательность эта не вполне фиксированная. В действительности каждый последующий этап разработки ЭС приносит новые идеи, которые могут повлиять на предыдущие решения и даже привести к их переработке. Именно поэтому многие специалисты по информатике весьма критично относятся к методологии экспертных систем. Они считают, что расходы на разработку таких систем очень большие, время разработки слишком длительное, а полученные в результате программы ложатся тяжелым бременем на вычислительные ресурсы.

В целом за разработку экспертных систем целесообразно браться организации, где накоплен опыт по автоматизации рутинных процедур обработки информации, например:

- информационный поиск;
- сложные расчеты;
- графика;
- обработка текстов.

Решение таких задач, во-первых, подготавливает высококвалифицированных специалистов по информатике, необходимых для создания интеллектуальных систем, во-вторых, позволяет отделить от экспертных систем неэкспертные задачи.

Этап 1. Выбор подходящей проблемы. Этот этап включает деятельность, предшествующую решению начать разрабатывать конкретную ЭС. Он включает:

- определение проблемной области и задачи;
- нахождение эксперта, желающего сотрудничать при решении проблемы, и назначение коллектива разработчиков;
- определение предварительного подхода к решению проблемы;
- анализ расходов и прибыли от разработки;
- подготовку подробного плана разработки.

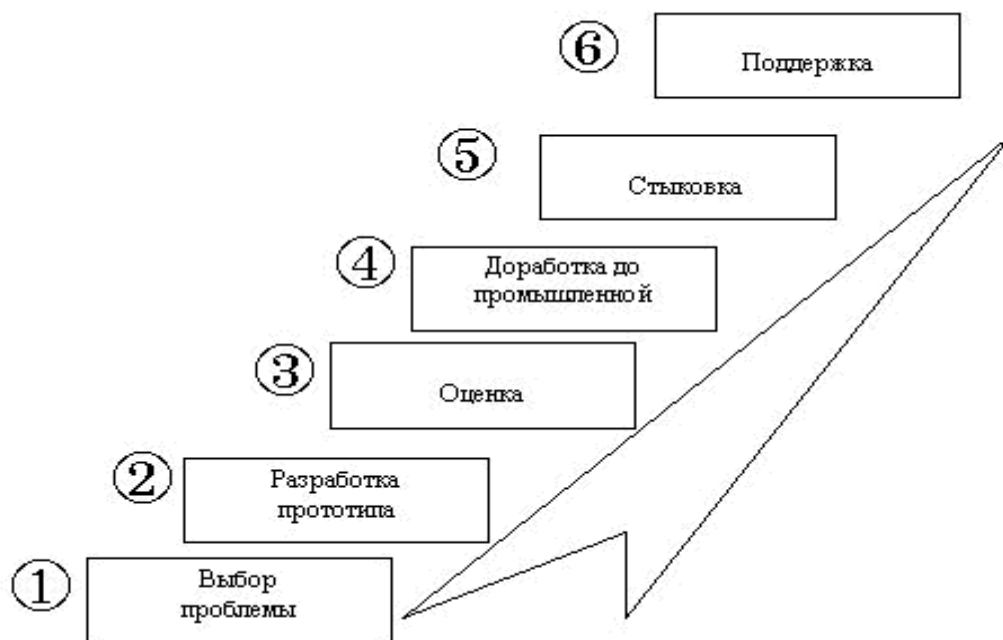


Рис. 2.1.. Этапы разработки ЭС

Правильный выбор проблемы представляет, наверное, самую критическую часть разработки в целом. Если выбрать неподходящую проблему, можно очень быстро увязнуть в "болоте" проектирования задач, которые никто не знает, как решать. Неподходящая проблема может также привести к созданию экспертной системы, которая стоит намного больше, чем экономит. Дело будет обстоять еще хуже, если разработать систему, которая работает, но не приемлема для пользователей. Даже если разработка выполняется самой организацией для собственных целей, эта фаза является

подходящим моментом для получения рекомендаций извне, чтобы гарантировать удачно выбранный и осуществимый с технической точки зрения первоначальный проект. При выборе области применения следует учитывать, что если знание, необходимое для решения задач, постоянное, четко формулируемое, и связано с вычислительной обработкой, то обычные алгоритмические программы, по всей вероятности, будут самым целесообразным способом решения проблем в этой области,

Экспертная система ни в коем случае не устраним потребность в реляционных базах данных, статистическом программном обеспечении, электронных таблицах и системах текстовой обработки. Но если результативность задачи зависит от знания, которое является субъективным, изменяющимся, символьным или вытекающим частично из соображений здравого смысла, тогда область может обоснованно выступать претендентом на экспертную систему.

Приведем некоторые факты, свидетельствующие о необходимости разработки и внедрения экспертных систем:

- нехватка специалистов, расходующих значительное время для оказания помощи другим;
- потребность в многочисленном коллективе специалистов, поскольку ни один из них не обладает достаточным знанием;
- большое расхождение между решениями самых хороших и самых плохих исполнителей;
- наличие конкурентов, имеющих преимущество в том, что они лучше справляются с поставленной задачей.

Подходящие задачи имеют следующие характеристики:

- являются узкоспециализированными;
- не зависят в значительной степени от общечеловеческих знаний или соображении здравого смысла;

- не являются для эксперта ни слишком легкими, ни слишком сложными (время, необходимое эксперту для решения проблемы, может составлять от трех часов до трех недель);

- условия исполнения задачи определяются самим пользователем системы;

- имеет результаты, которые можно оценить.

Обычно экспертные системы разрабатываются путем получения специфических знаний от эксперта и ввода их в систему. Некоторые системы могут содержать стратегии одного индивида. Следовательно, найти подходящего эксперта - это ключевой шаг в создании экспертных систем.

В процессе разработки и последующего расширения системы инженер по знаниям и эксперт обычно работают вместе. Инженер по знаниям помогает эксперту структурировать знания, определять и формализовать понятия и правила, необходимые для решения проблемы.

Во время первоначальных бесед они решают, будет ли их сотрудничество успешным. Это немаловажно, поскольку обе стороны будут работать вместе, по меньшей мере, в течение одного года. Кроме них в коллектив разработчиков целесообразно включить потенциальных пользователей и профессиональных программистов.

Предварительный подход к программной реализации задачи определяется исходя из характеристик задачи и ресурсов, выделенных на ее решение. Инженер по знаниям выдвигает обычно несколько вариантов, связанных с использованием имеющихся на рынке программных средств. Окончательный выбор возможен лишь на этапе разработки прототипа. После того как задача определена, необходимо подсчитать расходы и прибыли от разработки экспертной системы. В расходы включаются затраты на оплату труда коллектива разработчиков. В дополнительные расходы приобретаемого программного инструментария, с помощью которого разрабатывается экспертная система. Прибыль возможна за счет снижения цены продукции, повышения производительности труда, расширения номенклатуры

продукции или услуг или даже разработки новых видов продукции или услуг в этой области. Соответствующие расходы и прибыли от системы определяются относительно времени, в течение которого возвращаются средства, вложенные в разработку. На современном этапе большая часть фирм, развивающих крупные экспертные системы, предпочли разрабатывать дорогостоящие проекты, приносящие значительные прибыли.

Наметились тенденции разработки менее дорогостоящих систем, хотя и с более длительным сроком возвращаемости вложенных в них средств, так как программные средства разработки экспертных систем непрерывно совершенствуются. После того как инженер по знаниям убедился, что:

- данная задача может быть решена с помощью экспертной системы;
- экспертную систему можно создать предлагаемыми на рынке средствами;
- имеется подходящий эксперт;
- предложенные критерии производительности являются разумными;
- затраты и срок их возвращаемости приемлемы для заказчика.

Он составляет план разработки. План определяет шаги процесса разработки и необходимые затраты, а также ожидаемые результаты.

Этап 2. Разработка прототипной системы - его мы рассмотрим позже.

Этап 3. Развитие прототипа до промышленной ЭС. При неудовлетворительном функционировании прототипа эксперт и инженер по знаниям имеют возможность оценить, что именно будет включено в разработку окончательного варианта системы. Если первоначально выбранные объекты или свойства оказываются неподходящими, их необходимо изменить. Можно сделать оценку общего числа эвристических правил, необходимых для создания окончательного варианта экспертной системы. Иногда при разработке промышленной системы выделяют дополнительные этапы для перехода: демонстрационный прототип - исследовательский прототип - действующий прототип - промышленная система. Однако чаще реализуется плавный переход от демонстрационного

прототипа к промышленной системе, при этом, если программный инструментарий выбран удачно, необязательна перепись другими программными средствами.

Таблица 2.1

Демонстрационный прототип ЭС	Система решает часть задач, демонстрируя жизнеспособность подхода (несколько десятков правил или понятий)
Исследовательский прототип ЭС	Система решает большинство задач, но не устойчива в работе и не полностью проверена несколько сотен правил или понятий.
Действующий прототип ЭС	Система надежно решает все задачи на реальных примерах, но для сложной задачи требует много времени и памяти
Промышленная система	Система обеспечивает высокое качество решений при минимизации требуемого времени и памяти: переписывается с использованием более эффективных средств представления знаний
Коммерческая система	Промышленная система, пригодная к продаже, т.е. хорошо документирована и снабжена сервисом

## 2.1 Переход от прототипа к промышленной экспертной системе

Основное на третьем этапе заключается в добавлении большого числа дополнительных эвристик. После установления основной структуры ЭС инженер по знаниям приступает к разработке и адаптации интерфейсов, с помощью которых система будет общаться с пользователем и экспертом. Необходимо обратить особое внимание на языковые возможности интерфейсов, их простоту и удобство для управления работой ЭС. Система должна обеспечивать пользователю возможность легким и естественным образом спрашивать непонятное, приостанавливать работу и т.д. В частности, могут оказаться полезными графические представления. На этом этапе разработки большинство экспертов узнают достаточно о вводе правил и могут сами вводить в систему новые правила. Таким образом, начинается процесс, во время которого инженер по знаниям передает право

собственности и контроля за системой эксперту для уточнения, детальной разработки и обслуживания.

Этап 4. Оценка системы. После завершения этапа разработки промышленной экспертной системы необходимо провести ее тестирование в отношении критериев эффективности. К тестированию широко привлекаются другие эксперты с целью апробирования работоспособности системы на различных примерах. Экспертные системы оцениваются главным образом для того, чтобы проверить точность работы программы и ее полезность. Оценку можно проводить, исходя из различных критериев, которые сгруппируем следующим образом:

- критерии пользователей (понятность и "прозрачность" работы системы, удобство интерфейсов и др.);
- критерии приглашенных экспертов (оценка советов-решений, предлагаемых системой, сравнение ее с собственными решениями, оценка подсистемы объяснений и др.);
- критерии коллектива разработчиков.

Этап 5. Стыковка системы. На этом этапе осуществляется стыковка экспертной системы с другими программными средствами в среде, в которой она будет работать, и обучение людей, которых она будет обслуживать. Иногда это означает внесение существенных изменений. Такое изменение требует непременно вмешательства инженера по знаниям или какого-либо другого специалиста, который сможет модифицировать систему. Под стыковкой подразумевается также разработка связей между экспертной системой и средой, в которой она действует. Когда экспертная система уже готова, инженер по знаниям должен убедиться в том, что эксперты, пользователи и персонал знают, как эксплуатировать и обслуживать ее. После передачи им своего опыта в области информационной технологии инженер по знаниям может полностью предоставить ее в распоряжение пользователей. Для подтверждения полезности системы важно предоставить каждому из пользователей возможность поставить перед ЭС реальные

задачи, а затем проследить, как она выполняет эти задачи. Чтобы система была одобрена, необходимо представить ее как помощника, освобождающего пользователей от обременительных задач, а не как средство их замещения.

Стыковка включает обеспечение связи ЭС с существующими базами данных и другими системами на предприятии, а также улучшение системных факторов, зависящих от времени, чтобы можно было обеспечить ее более эффективную работу и улучшить характеристики ее технических средств, если система работает в необычной среде.

Этап 6. Поддержка системы. При перекодировании системы на язык, подобный Си, повышается ее быстродействие и увеличивается переносимость, однако гибкость при этом уменьшается. Это приемлемо лишь в том случае, если система сохраняет все знания проблемной области, и это знание не будет изменяться в ближайшем будущем. Однако если экспертная система создана именно из-за того, что проблемная область изменяется, то необходимо поддерживать систему в инструментальной среде разработки.

## 11.2. Технологии быстрого прототипирования.

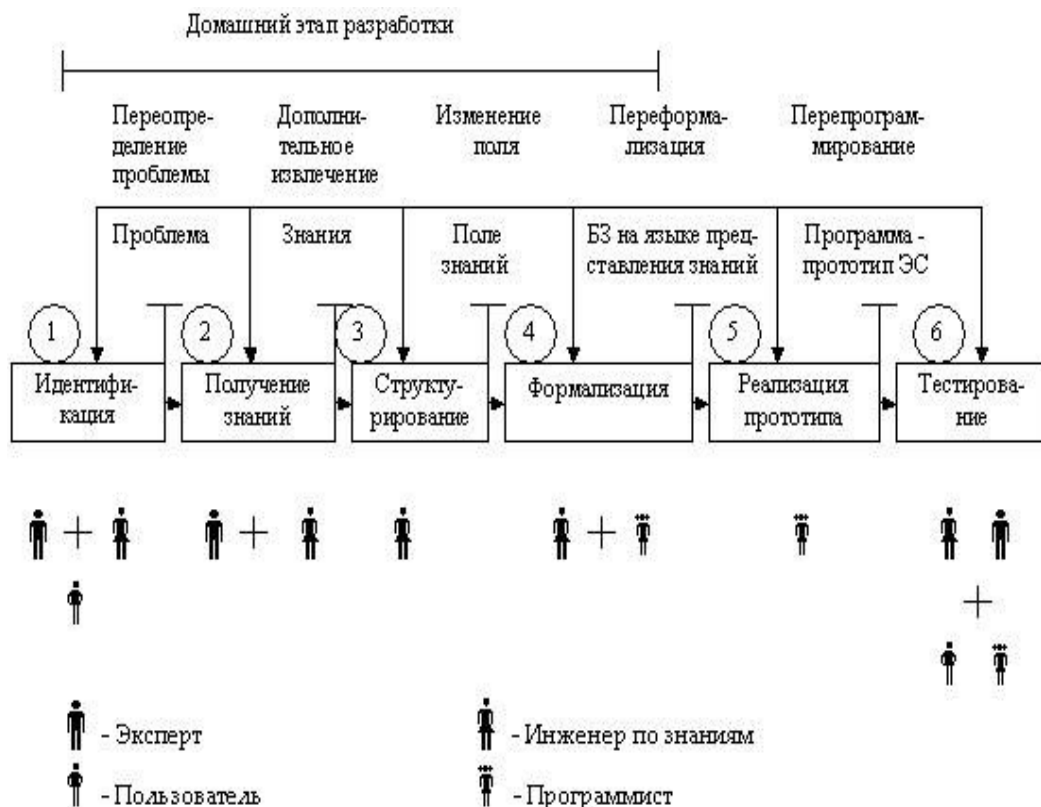
При разработке экспертных систем используется концепция "быстрого прототипа". Суть ее в следующем: сначала создается не экспертная система, а ее прототип, который должен решать типичные задачи и требовать на свою разработку незначительное время. Этот прототип должен демонстрировать пригодность методов экспертной системы для данной области. В ходе работ по созданию экспертных систем сложилась определенная технология их разработки, включающая 6 этапов:

- идентификация;
- концептуализация
- формализация;
- выполнение;
- тестирование;



- опытная эксплуатация.

Прототипная система является усеченной версией экспертной системы, спроектированной для проверки правильности кодирования фактов, связей и стратегий рассуждения эксперта. Она также дает возможность инженеру по знаниям привлечь эксперта к активному участию в разработке экспертной системы и, следовательно, к принятию им обязательства приложить все усилия для создания системы в полном объеме. Объем прототипа - несколько десятков правил, фреймов или примеров. На рис. 2.2. изображены шесть стадий разработки прототипа и минимальный коллектив разработчиков, занятых на каждой из стадий. Приведем краткую характеристику каждой из стадий, хотя эта схема представляет грубое приближение к сложному итеративному процессу. Хотя любое теоретическое разделение бывает часто условным, осознание коллективом разработчиков четких задач каждой стадии представляется целесообразным. Роли разработчиков (эксперт, программист, пользователь и аналитик) являются постоянными на протяжении всей разработки. Совмещение ролей нежелательно.



## Рис.2.2..Стадии разработки прототипа ЭС

Идентификация проблемы. Уточняется задача, планируется ход разработки прототипа экспертной системы, определяются: необходимые ресурсы (время, люди, ЭВМ и т.д.), источники знаний (книги, дополнительные эксперты, методики), имеющиеся аналогичные экспертные системы, цели (распространение опыта, автоматизация рутинных действий и др.), классы решаемых задач и т.д. Идентификация проблемы - знакомство и обучение коллектива разработчиков, а также создание неформальной формулировки проблемы. Средняя продолжительность 1 - 2 недели.

Извлечение знаний. Происходит перенос компетентности экспертов на инженеров по знаниям с использованием различных методов: анализ текстов, диалоги, экспертные игры, лекции, дискуссии, интервью, наблюдение и другие. Извлечение знаний - получение инженером по знаниям наиболее полного представления о предметной области и способах принятия решения в ней. Средняя продолжительность 1 -3 месяца.

Структурирование или концептуализация знаний. Выявляется структура полученных знаний о предметной области, т.е. определяются: терминология, список основных понятий и их атрибутов, отношения между понятиями, структура входной и выходной информации, стратегия принятия решений, ограничения стратегий и т.д. Концептуализация знаний - разработка неформального описания знаний о предметной области в виде графа, таблицы, диаграммы или текста, которое отражает основные концепции и взаимосвязи между понятиями предметной области. Такое описание называется полем знаний. Средняя продолжительность этапа 2 - 4 недели.

Формализация. Строится формализованное представление концепций предметной области на основе выбранного языка представления знаний (ЯПЗ). Традиционно на этом этапе используются: логические методы (исчисления предикатов I порядка и др.), продукционные модели (с прямым и обратным выводом), семантические сети, фреймы, объектно-

ориентированные языки, основанные на иерархии классов, объектов и др. Формализация знаний - разработка базы знаний на языке, который, с одной стороны, соответствует структуре поля знаний, а с другой - позволяет реализовать прототип системы на следующей стадии программной реализации. Все чаще на этой стадии используется симбиоз языков представления знаний, например, в системе ОМЕГА - фреймы + семантические сети + полный набор возможностей языка исчисления предикатов. Средняя продолжительность 1 - 2 месяца.

Реализация. Создается прототип экспертной системы, включающий базу знаний и остальные блоки, при помощи одного из следующих способов: программирование на традиционных языках типа Паскаль, Си и др., программирование на специализированных языках, применяемых в задачах искусственного интеллекта: LISP , FRL , SmallTalk и др., использование инструментальных средств разработки ЭС типа СПЭИС, ПИЭС, использование "пустых" ЭС или "оболочек" типа ЭКСПЕРТ, ФИАКР и др. Реализация - разработка программного комплекса, демонстрирующего жизнеспособность подхода в целом. Чаще всего первый прототип отбрасывается на этапе реализации действующей ЭС. Средняя продолжительность 1 - 2 месяца.

Тестирование. Оценивается и проверяется работа программ прототипа с целью приведения в соответствие с реальными запросами пользователей. Прототип проверяется на: удобство и адекватность интерфейсов ввода-вывода, эффективность стратегии управления, качество проверочных примеров, корректность базы знаний. Тестирование - выявление ошибок в подходе и реализации прототипа и выработка рекомендаций по доводке системы до промышленного варианта. Средняя продолжительность 1 - 2 недели.