

Интеллектуальные информационные системы. Лекция 9.

Полубояров Валерий Викторович

# Инженерия знаний

# Проблематика создания экспертных систем

Одной из наиболее сложных проблем, возникающих при создании экспертных систем, является преобразование знаний эксперта и описание применяемых им способов поиска решений в форму, позволяющую представить их в базе знаний системы, а затем эффективно использовать для решения задач в данной предметной области.

Обычно эксперт не прибегает к процедурным или количественным методам; его основные средства - аналогия, интуиция и абстрагирование. Часто эксперт даже не может объяснить, как именно им было найдено решение. В лучшем случае вы получите от него лишь описание основных приемов или эвристик, которые помогли ему успешно справиться с задачей. На инженера знаний возлагается очень сложная работа по преобразованию этих описаний в строгую, полную и непротиворечивую систему, которая позволяла бы решать прикладные задачи не хуже, чем это сделал бы сам эксперт.

# Этапы построения базы знаний

Рассмотрим построение базы знаний на основе сведений, полученных от эксперта. Процесс ее построения состоит из трех этапов:

1. описание предметной области;
2. выбор метода и модели представления знаний;
3. приобретение знаний.

Рассмотрим этот процесс на примере системы, используемой в медицинской практике при постановке диагноза заболевания на основе результатов химического анализа крови и некоторых симптомов, наблюдаемых у пациента.

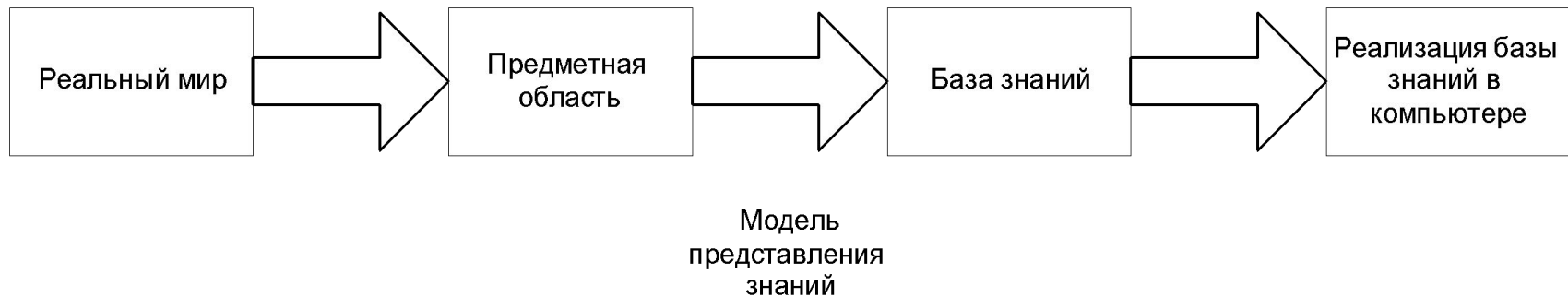
# Этапы выделения предметной области

Первый шаг при построении базы знаний заключается в выделении предметной области, на решение задач из которой ориентирована экспертная система. По сути, эта работа сводится к очерчиванию инженером знаний границ области применения системы и класса решаемых ею задач. Сюда входит пять этапов:

1. определение характера решаемых задач;
2. выделение объектов предметной области;
3. установление связей между объектами;
4. выбор модели представления знаний;
5. выявление специфических особенностей предметной области.

Инженер знаний должен корректно сформулировать задачу. В то же время он должен уметь распознать, что задача не структурирована, и в этом случае воздержаться от попыток ее формализовать или применить систематические методы решения. Главная цель начального этапа построения базы знаний - определить, как будет выглядеть описание предметной области на различных уровнях абстракции.

# Шаги абстрагирования при построении базы знаний



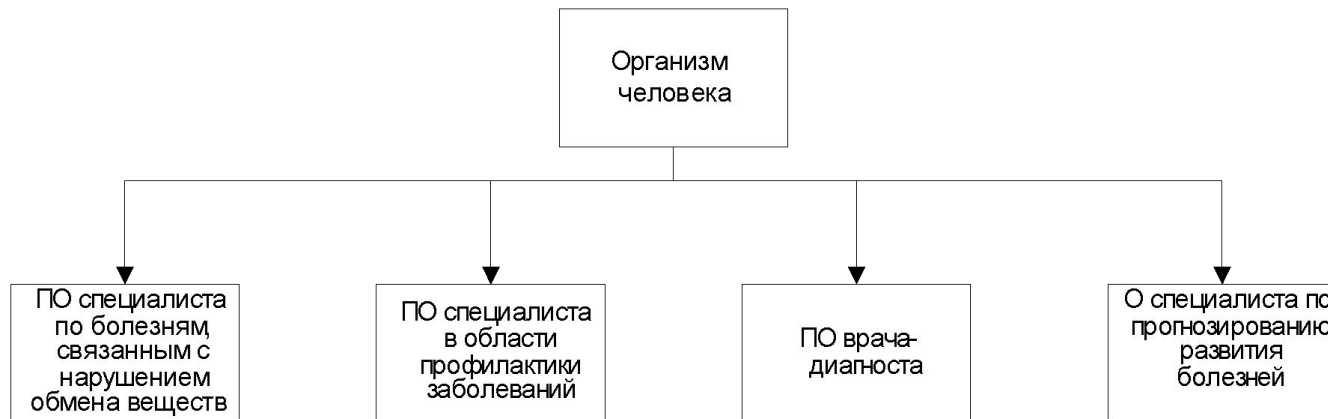
Экспертная система включает базу знаний, которая создается путем формализации некоторой предметной области, а та в свою очередь является результатом абстрагирования определенных сущностей реального мира.

# Пример – признаки нарушений функций организма, симптомы, заболевания

Признаки и симптомы любого заболевания развиваются по некоторой схеме, которая упрощенно выглядит так. Человек рождается с определенными генетическими характеристиками. На состояние его организма оказывают влияние различные факторы внешней среды: режим питания, климатические и экологические условия, различные стрессы и т.д. Под воздействием этих факторов появляются признаки нарушения функций организма, которые в свою очередь могут быть объединены в симптомы, а симптомы свидетельствуют о возникновении заболевания.

# Различие предметных областей для различных категорий экспертов

Все врачи в своей практике сталкиваются с одними и теми же заболеваниями человека, но рассматривают их каждый со своей точки зрения, т.е. их предметные области различаются. Врач-диагност "видит" болезни, которые уже развились в организме. Он выдвигает гипотезу о наличии у пациента некоторого заболевания (основываясь при этом на жалобах пациента), а затем, отталкиваясь от своей гипотезы, пытается вылечить больного и восстановить его здоровье. Специалист по профилактике заболеваний умеет хорошо выявлять их признаки и симптомы на ранней стадии, когда болезнь легче всего поддается лечению. Но он испытывает затруднения, если болезнь находится в активной фазе. Специалисты по нарушениям обмена веществ, специалисты по прогнозированию развития болезней - все они имеют дело с одним и тем же организмом человека, но каждый из них видит разные совокупности симптомов, т.е. различные предметные области.



# Формальное описание предметной области

После того как предметная область выделена, инженер знаний должен ее формально описать. Для этого ему необходимо выбрать какой-либо способ представления знаний о ней (модель представления знаний).

В настоящее время отсутствует общий способ представления знаний, который бы годился для формализации предметных областей любой природы. Инженер знаний должен воспользоваться той моделью, с помощью которой можно лучше всего отобразить специфику предметной области.

Когда будет создана общая теория представления знаний (если это вообще когда-нибудь произойдет), ее можно будет применять для формализации новых предметных областей без учета их особенностей.



# Уникальность базы знаний для предметной области

Полученная после формализации предметной области база знаний представляет собой результат ее абстрагирования, а предметная область в свою очередь была выделена в результате абстрагирования реального мира.

Человек обладает способностью работать с предметными областями различных типов, использовать различные модели представления знаний, рассматривать понятия реального мира с различных точек зрения, выполнять абстрагирования различных видов, проводить сопоставление знаний различной природы и прибегать к самым разнообразным методам решения задач.

Компьютеру все это оказывается не под силу. Имеются отдельные примеры совместного использования баз знаний, ориентированных на различные предметные области, но большинство современных систем могут решать задачи только из одной предметной области.

# Определение характера решаемых задач

Вернемся к нашему примеру из медицинской практики. Предположим, что мы хотим построить экспертную систему, предназначенную для обработки результатов химического анализа крови, выполненного в лаборатории.

# Определение целей построения системы

Инженер знаний, прежде всего, обязан провести опрос эксперта и только потом приступать к построению системы.

Эксперт, безусловно, должен быть специалистом в той области, в которой будет работать система.

Первым делом необходимо определить целевое назначение системы. Какие, собственно, задачи предстоит решать системе, основанной на знаниях?

Цели разработки системы следует сформулировать точно, полно и непротиворечиво.

# Пример формулирования целей

Например, для диагностической системы целью системы может быть получение ответов на такие вопросы:

1. Здоров ли пациент (исправна ли система)? Если нет, то какое именно у него заболевание? Если имеется несколько заболеваний, то какое из них наиболее опасно?
2. Какие изменения в диете и рационе питания следует рекомендовать и какие из них считаются особенно важными?
3. Какие лабораторные исследования необходимо провести дополнительно и какие из них являются первоочередными?
4. Как нужно изменить образ жизни пациента или климатические условия, в которых он находится?
5. Нужно ли направить пациента для обследования к врачам-специалистам и если да, то к каким именно?

# Формулирование подцелей

После того как цель разработки системы определена, инженер знаний приступает к формулированию подцелей. Это поможет ему установить иерархическую структуру системы и разбить ее на модули. Введение тех или иных подцелей обуславливается наличием связей между отдельными фрагментами знаний.

Проблема сводится к разбиению задачи на две или несколько подзадач меньшей сложности и последующему поиску их решений. При необходимости, полученные в результате разбиения подзадачи могут дробиться и дальше.

# Поиск решений на основе целей

- Система осуществляет поиск решения, используя обратимую стратегию вывода: вначале рассматриваются наиболее общие под задачи, находящиеся на верхнем уровне иерархии целей, а затем подзадачи следующего уровня детальности. Цели каждого уровня представляют собой часть общей цели или одно из состояний в пространстве поиска.
- Инженер знаний, описывая задачу в виде иерархии подзадач, применяет тем самым нисходящий метод от абстрактного (т. е. от наиболее общих и нестрогих сформулированных целей) к конкретному.
- Таким образом, система решает вначале самые трудоемкие подзадачи, после чего приступает к более простым. Переход на следующий уровень иерархии происходит лишь по завершении всех задач текущего уровня.

# Пример формулирования подцелей

В нашем примере исходную задачу можно разбить на несколько подзадач, решение которых сводится к поиску ответов на следующие вопросы:

1. Имеются ли нарушения в системе кровообращения?
2. Имеются ли нарушения в системе пищеварения?
3. В порядке ли нервная система?

Все перечисленные подзадачи могут быть увязаны с первым вопросом, находящимся в первой из пяти групп вопросов, список которых приведен выше. Другими словами, упомянутые подзадачи детализируют этот вопрос или выступают подцелями для него.

# Пример поиска решений

Система выполняет поиск решения как бы в обратном направлении, все более и более детализируя подзадачи. Процесс детализации продолжается до тех пор, пока не будут обнаружены факты, содержащие непосредственные результаты измерений или лабораторных анализов, т.е. исходные данные поставленной задачи, например:

1. результаты химического анализа крови;
2. наблюдаемые признаки и симптомы заболеваний;
3. климатические условия и наследственные факторы.



# Установление границ системы

Следующим шагом построения базы знаний является выделение объектов предметной области, или в терминах теории систем, установление границ системы. Как и формальная система, совокупность выделенных понятий должна быть точной, полной и непротиворечивой.

# Пример объектов предметной области

Какие конкретно лабораторные анализы необходимо провести?

Следует ли обратиться к истории болезни пациента и если да, то какие данные в ней наиболее важны?

Какие еще сведения о пациенте могут представлять интерес (например, отмечались ли раковые заболевания у родственников)?

Нужно ли учитывать лекарства, которые больной принимал ранее, а также предыдущие назначения врачей?

Играет ли какую-нибудь роль род занятий и образ жизни больного, климатические условия и режим питания? Какие симптомы у него наблюдаются (головные боли, жар и т.д.)?

# Установление взаимосвязей между объектами

После выявления объектов предметной области необходимо установить, какие между ними имеются связи.

Например, низкое содержание тиреотропного гормона в крови может свидетельствовать о повышенной активности поджелудочной железы, но может означать и нечто другое.

Следует стремиться к выявлению как можно большего количества связей, в идеале - всех, которые существуют в предметной области.

# Формализация знаний

Полученное качественное описание предметной области должно быть представлено средствами какого-либо формального языка, чтобы привести это описание к виду, позволяющему поместить его в базу знаний системы.

Для решения этой задачи выбирается подходящая модель представления знаний, с помощью которой сведения о предметной области можно выразить формально.

# Выявление специфических особенностей предметной области

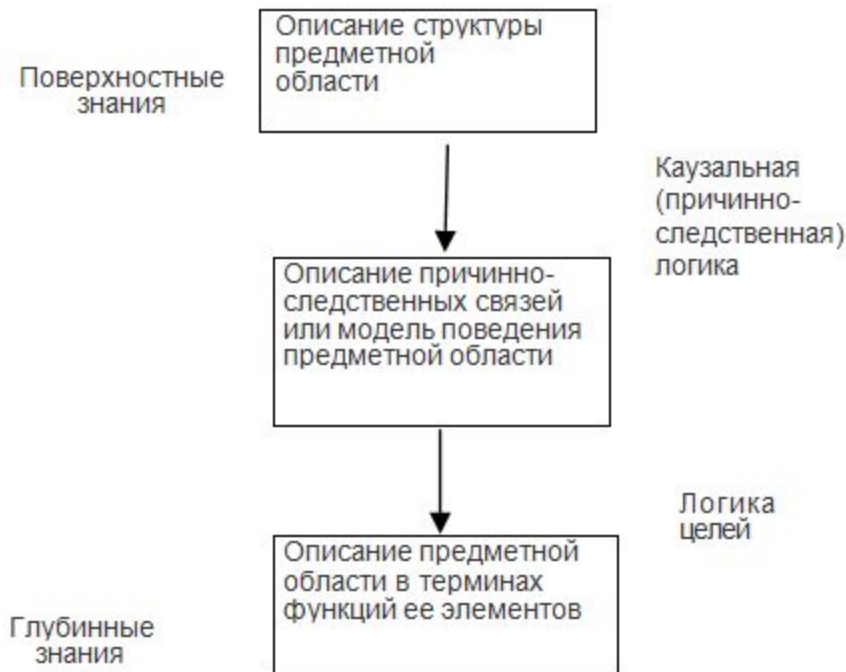
В предметной области необходимо выявить специфические особенности, которые затрудняют решение прикладных задач. Вид этих особенностей зависит от назначения системы.

Так, для нашей диагностической системы они могут состоять в следующем:

1. некоторые из признаков (результатов анализов или симптомов) перекрываются другими;
2. отдельные признаки изменяются скачкообразно, их значения зависят от периода наблюдения или внешних условий;
3. возможны сбои в лабораторном оборудовании;
4. ряд признаков недоступен или их получение связано с большими затратами;
5. могут быть известны не все взаимосвязи между признаками.

Перечисленные особенности характерны для всех систем диагностического типа.

# Выбор модели представления знаний



Далее необходимо выбрать способ организации выделенных объектов предметной области и определить связи между ними в терминах некоторой модели представления знаний.

Способ организации знаний, состав классов, вид структуры, и перечень выделенных объектов в предметной области зависит от того, под каким углом зрения ее рассматривает эксперт и инженер знаний.

В предметной области могут быть выделены иерархии трех видов: функциональная, причинно-следственная (она отражает поведение системы) и структурная.

# Виды иерархий в предметных областях

Рассмотрим виды иерархий, существующие в предметных областях, на примере компьютера. Но прежде отметим следующее:

1. В данном примере каждый вид иерархии соответствует определенной точке зрения на предметную область.
2. Природа предметной области может быть такова, что окажется возможным представить ее как некоторую иерархическую структуру. Мы будем рассматривать два типа иерархий: объективно существующие в предметной области и отраженные в некотором ее представлении. Далее мы поясним эту мысль на примере.
3. Не во всех предметных областях может быть установлена иерархия какого бы то ни было вида.

Деление знаний на поверхностные и глубинные, проведенное в данном примере, применимо к любой предметной области.

# Структурная иерархия

- При описании структуры компьютера он рассматривается как совокупность иерархически организованных физических компонентов. В вершине иерархии находится собственно компьютер в целом. На следующем уровне он представляется в виде набора скомпонованных блоков. Третий уровень образован платами, из которых состоит каждый блок. На четвертом уровне его описание детализируется до таких составляющих, как микросхемы.
- При отказе компьютера (самый верхний уровень иерархии) вначале проверяется работоспособность каждого блока. После обнаружения неисправного блока проверяются платы, из которых он состоит, а при выявлении неисправной платы в ней проводится поиск дефектной микросхемы. Заметим, что этот метод локализации неисправности не требует наличия у проверяющего никаких знаний об устройстве компьютера или сведений из электроники.
- Не являются необходимыми и данные о функциях блоков. Те знания, на основе которых осуществляется рассмотренный поиск неисправности, специалисты по экспертным системам называют поверхностными.



# Причинно-следственная иерархия, или модель поведения системы

Иерархия такого вида позволяет построить модель поведения системы.

Функционирование компьютера в этом случае описывается в терминах "причина-следствие".

Например, на самом верхнем уровне иерархии нажатие кнопки «печать» должно приводить к выводу на печать. Если ничего подобного не происходит, необходимо спуститься на следующий уровень иерархии и проверить, установлены и работают ли драйверы принтера.

Действия принтера в терминах "причина-следствие" можно описать так: поступление через линию связи данных от компьютера приводит к их выводу на печать. Если принтер не печатает, то нужно спуститься еще на один уровень иерархии и проверить исправность самого принтера.

Для поиска неисправности можно использовать программы диагностики. Эти программы сами генерируют возможные причины неполадок, а вы, анализируя результаты, можете определить, какова причина проблемы.

Таким образом, рассматривая причинно-следственную иерархию, мы применяем знания более глубокого уровня. Однако и их может оказаться недостаточно для восстановления работоспособности компьютера.

# Функциональная иерархия

На третьем (и самом высоком) уровне абстракции компьютер рассматривается как иерархия модулей или подсистем, выполняющих определенные функции. Так, функция компьютера в целом, находящаяся на вершине этой иерархии, заключается в преобразовании поступивших входных данных в требуемые выходные с помощью заданных алгоритмов или эвристик (если компьютер оснащен системой, основанной на знаниях).

На следующем уровне рассматриваемой иерархии мы имеем целый спектр функций, таких, как ввод данных, обработка, запись их в оперативную память, запись и считывание их из внешней памяти, вывод. Если не выполняется основная функция компьютера (не выводятся результаты вычислений или выведенные данные оказываются неверными), то нужно спуститься на следующий уровень иерархии и попытаться выяснить, какая из его функций "дала сбой". Предположим, например, что не удается записать данные во внешнюю память, т.е. неисправен дисковод. Далее осуществляется локализация невыполняющейся функции на том уровне иерархии, где содержится описание дисковода. Вы можете, например, осмотреть дисковод и установить, что находящийся на нем диск не приводится в движение в результате отказа мотора.

# Виды иерархии в диагностической медицинской системе

Теперь мы можем построить иерархии всех перечисленных выше видов в такой предметной области, как медицина, для чего вновь обратимся к примеру из предыдущего раздела.

Так, структурная иерархия может быть введена при рассмотрении физического строения человеческого тела. В нее будут входить следующие уровни: организм в целом, отдельные органы, ткани, клетки, молекулы и гены.

В функциональной иерархии можно выделить уровень организма в целом, затем уровень подсистем организма (мышечная и нервная системы, система кровообращения и т.д.). Дробление проводится до получения описания требуемой степени детальности. Таким образом, содержание базы знаний определяется тем, какие объекты, взаимосвязи между ними и виды иерархий выделены в предметной области.

В нашем примере мы воспользуемся причинно-следственной иерархией, поскольку большинство фигурирующих в нем пар атрибут-значение включают в себя названия химических элементов и симптомов заболеваний.

Связь между двумя событиями или проявлениями признаков называется причинной, если одно из них с необходимостью влечет за собой другое, т.е. мы представляем причинную связь в терминах модели поведения предметной области.

# Переход между иерархиями

При переходе в описании любой предметной области с уровня поверхностных на уровень глубинных знаний обязательно увеличивается количество имеющейся информации о ней, а также о том, каким образом ее отдельные составляющие объединяются в единое целое.

Для перехода от структурной иерархии к описанию поведения системы требуется привлечение соответствующего теоретического аппарата, в качестве которого выступает каузальная (причинно-следственная) логика.

Аналогично для получения функциональной иерархии на основе модели поведения системы необходимо использовать такой теоретический аппарат, как логика целей.

# Глубинные и поверхностные знания

Поскольку назначение компьютера наиболее полно выражается в терминах функций, которые он выполняет, функциональная иерархия должна соответствовать наиболее глубокому уровню представления знаний о предметной области.

Глубинные знания - это совокупность основных закономерностей, аксиом и фактов о конкретной предметной области. В представлении же с помощью поверхностных знаний структура предметной области выглядит как иерархия составляющих ее физических компонентов. Содержание как глубинных, так и поверхностных знаний полностью обуславливается природой предметной области и видом решаемых задач.

Глубинные знания отражают наиболее общие принципы, в соответствии с которыми развиваются все процессы в предметной области, и свойства этих процессов.

Поверхностные знания представляют собой эвристики и некоторые закономерности, устанавливаемые опытным путем и используемые при отсутствии общих теорий и методов.

# Применение глубинных и поверхностных знаний в деятельности эксперта

Человек в процессе мышления не различает упомянутые выше виды иерархий и имеет равные возможности применять как поверхностные, так и глубинные знания при решении задач.

Эксперт опирается в своей работе на все имеющиеся у него знания, не отдавая себе отчета в том, к какому типу они относятся. При построении же базы знаний, напротив, нужно очень четко представлять, какого типа знания и какого вида иерархию вы в нее включаете.

# Пример использования только поверхностных знаний в экспертной системе

Пусть инженер знаний работает вместе с врачом над созданием экспертной системы, предназначенной для оказания помощи в постановке медицинского диагноза. Присутствуя при беседах врача с пациентами (и просматривая затем видеозаписи таких бесед), он проследил связь между результатами лабораторных анализов, жалобами пациентов и различными видами заболеваний.

Допустим, что его не интересует путь, которым врач пришел к тому или иному выводу, и он лишь механически включает в продукционные правила исходные данные (посылки) и вытекающие из них заключения. Это обеспечивает возможность системе, основанной на знаниях, принимать в одинаковых ситуациях идентичные решения.

Однако применять такую систему в медицинской практике будет весьма опасно, да и пациенты вряд ли будут ей доверять. Это объясняется тем, что в ней содержатся только поверхностные знания, поскольку при построении системы в нее не включили никаких теоретических знаний, полученных врачом в институте, и не отразили его практический опыт.

# Получение глубинных знаний

Для получения глубинных знаний эксперт должен понять внутренние механизмы, действующие в предметной области, и прежде всего основные закономерности, которые обуславливают возможность принятия правильных решений. Существуют предметные области, где они до сих пор не выявлены. В таких случаях следует прибегать к помощи эвристик, т.е. ограничиваться применением поверхностных знаний.



# Сопоставление методов представления и реализации знаний

Инженер знаний очерчивает границы предметной области и формализует знания о ней. Модель представления знаний необходима для реализации перехода от содержательного описания предметной области к форме, допускающей его включение в базу знаний экспертной системы.

При применении инструментальных средств для построения экспертных систем существует различие между содержанием знаний (т.е. представлением знаний) и формой хранения и использования знаний (т.е. реализацией).

Способ реализации базы знаний в компьютере часто называют архитектурой системы, чтобы отличать его от модели представления знаний.

# Приобретение знаний

Заключительным этапом построения экспертной системы является собственно приобретение знаний и загрузка их в базу знаний. Этот этап начинается с разбиения задачи на максимально возможное число подзадач. Инженер знаний должен выяснить у эксперта, каким образом лучше всего произвести такое разбиение, а также выявить основные приемы, которые эксперт применяет при анализе и решении задач.

# Использование терминологии предметной области

В своей деятельности эксперт обычно использует профессиональный язык, лексика которого определяется спецификой предметной области. Этот язык часто оказывается непригодным для описания способа решения задачи в терминах, позволяющих его реализовать в экспертной системе.

Но, тем не менее, не следует заставлять эксперта изучать модели представления знаний, принципы построения экспертных систем или какие-нибудь другие элементы искусственного интеллекта, что входит в компетенцию инженера знаний. От эксперта же требуется лишь умение решать проблемные задачи из соответствующей предметной области.

# Цикличность процесса приобретения знаний

Процесс приобретения знаний носит скорее циклический, чем линейный характер и структурирован хуже, чем любая другая деятельность, выполняемая при построении экспертной системы. Вначале инженер должен получить от эксперта как можно больше знаний о каком-либо фрагменте или свойстве предметной области. Затем знания подвергаются анализу, в ходе которого в них может выявиться много несогласованностей. В таком случае знания модифицируются и расширяются, после чего опять проверяется их непротиворечивость. Таким образом, поэтапно наращиваются возможности экспертной системы в решении проблемных задач.

# Последовательность разработки системы, основанной на знаниях

1. Выберите задачу, характер которой дает возможность применить для ее решения технологию экспертных систем. Если это ваш первый опыт разработки экспертной системы, то следует выбрать задачу, сущность которой абсолютно ясна, и вы легко определите, являются ли достаточными имеющиеся у вас технические и финансовые средства.
2. Определите точно цель решения задачи.
3. Установите подцели, разбив задачу на подзадачи.
4. Выявите специфические особенности предметной области.
5. Найдите эксперта, специализирующегося в выбранной предметной области, и заручитесь его согласием оказать помощь в разработке системы, основанной на знаниях.
6. Участвуя вместе с экспертом в решении нескольких прикладных задач, выявите приемы, которые он применяет. Подробно их опишите. При опросе эксперта инженер знаний должен исключить из диалога такие обороты, как ЕСЛИ - ТО, поскольку их применение предполагает, что инженер строит примеры задач, а затем запоминает выданные экспертом решения. Однако такой способ дает возможность получить только поверхностные знания.

# Последовательность разработки системы, основанной на знаниях

7. Выберите программные средства, необходимые для создания системы. Этот выбор будет зависеть от типа решаемой задачи, финансовых возможностей и сложности предметной области. Выберите технические средства, на которых будет работать программный инструментарий.
8. Постройте лабораторный прототип экспертной системы, позволяющий успешно справиться с примерами тех задач, которые вы решили совместно с экспертом. Постройте прототип системы, который абсолютно правильно решает задачи в небольшой предметной области, - это расположит к вам эксперта, а затем постепенно раздвигайте ее границы.
9. Приступите к созданию базы знаний. Выявите объекты предметной области, взаимосвязи между ними, виды иерархий, разбейте объекты на классы. Структурируйте базу знаний в соответствии с представлением эксперта о строении предметной области.
10. Выполните необходимое число циклов по наращиванию базы знаний, каждый из которых включает добавление знаний, проверку их непротиворечивости и модификацию с целью устранения обнаруженных несогласованностей.
11. Разработайте документацию на систему.
12. С первых шагов реализации проекта стремитесь к тому, чтобы построить хотя и ограниченную по своим возможностям, но правильно работающую модель, что позволит завоевать доверие эксперта, для чего используйте при разработке модульный подход.