

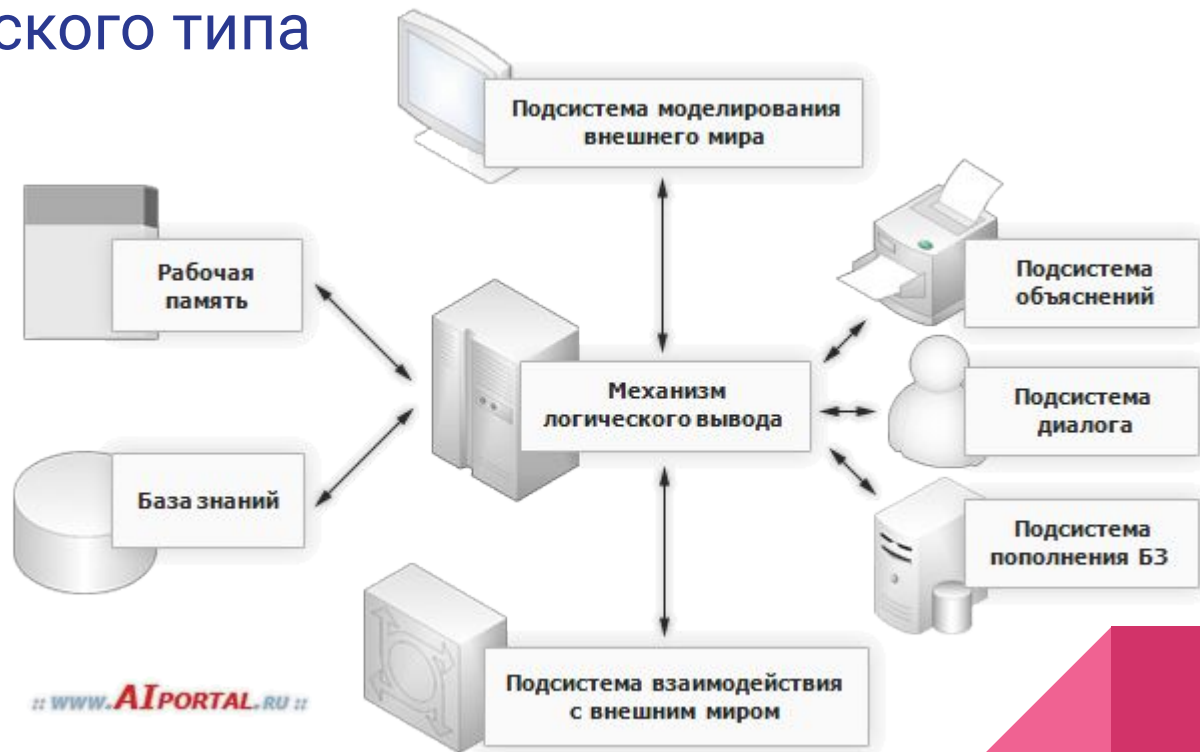
Экспертные системы

Структура ЭС интеллектуальных систем

Выделяют два типа экспертных систем: статические и динамические. Статические экспертные системы используются в тех приложениях, где можно не учитывать изменения окружающего мира, происходящие за время решения задачи. Первые экспертные системы, получившие практическое использование, были статическими. Динамические экспертные системы по сравнению со статическими содержат дополнительно два следующих компонента: подсистему моделирования внешнего мира и подсистему взаимодействия с внешним миром.



Каноническая структура экспертной системы динамического типа



Каноническая структура экспертной системы динамического типа

Пояснение к рисунку:

механизм логического вывода, называемый также интерпретатором, решателем;

рабочую память (РП), называемую также рабочей базой данных (БД);

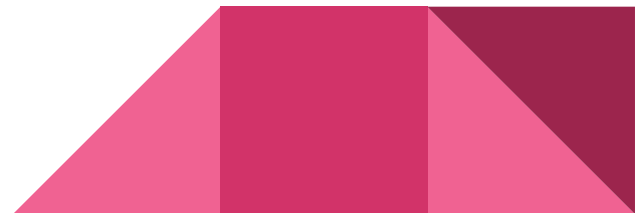
базу знаний (БЗ);

подсистему приобретения и пополнения знаний;

подсистему объяснения;

подсистему диалога;

подсистему взаимодействия с внешним миром.



Механизм логического вывода

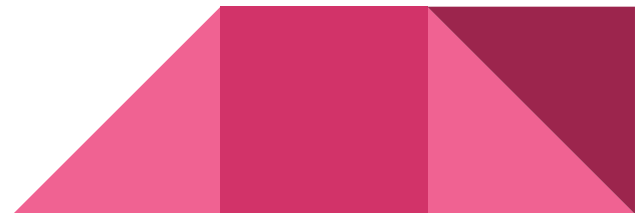
Механизм логического вывода (МЛВ) предназначен для получения новых фактов на основе сопоставления исходных данных из рабочей памяти и знаний из базы знаний. Механизм логического вывода во всей структуре экспертной системы занимает наиболее важное место. Он реализует алгоритмы прямого и/или обратного вывода и формально может быть представлен четверкой: $\langle V, S, K, W \rangle$

V - процедура выбора из базы знаний и рабочей памяти правил и фактов;

S - процедура сопоставления правил и фактов, в результате которой определяется множество фактов к которым применимы правила для присвоения значений;

K - процедура разрешения конфликтов, определяющая порядок использования правил, если в заключении правила указаны одинаковые имена фактов с разными значениями;

W - процедура, осуществляющая выполнение действий, соответствующих полученному значению факта (заключению правила).

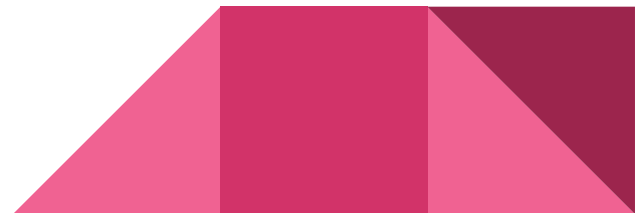


Рабочая память

Рабочая память предназначена для хранения исходных и промежуточных фактов решаемой в текущий момент задачи. Как правило, размещается в оперативной памяти ЭВМ и отражает текущее состояние предметной области в виде фактов с коэффициентами уверенности (КУ) в истинности этих фактов.

Следующий элемент в структуре экспертной системы не менее важен, чем механизм логического вывода. Это – база знаний. База знаний предназначена для хранения долгосрочных фактов, описывающих рассматриваемую область, правил, описывающих отношения между этими фактами и других типов декларативных знаний о предметной области. Кроме правил и фактов, образующих декларативную часть базы знаний, в нее может входить процедурная часть – множество функций и процедур, реализующих оптимизационные, расчетные и другие требуемые алгоритмы.

Экспертные системы относятся к классу интеллектуальных систем, основывающихся на понимании факта. Другими словами экспертные системы основываются на знаниях специалиста-эксперта о предметной области. Высококачественный опыт наиболее квалифицированных специалистов, доступный для всех пользователей системы, становится фактором, резко повышающим качество принимаемых решений для организации, использующей экспертные системы в целом.



Подсистема приобретения и пополнения знаний

Подсистема приобретения и пополнения знаний автоматизирует процесс наполнения экспертной системы знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом, и адаптации базы знаний системы к условиям ее функционирования. Адаптация экспертной системы к изменениям в предметной области реализуется путем замены правил или фактов в базе знаний.



Подсистема объяснения

Подсистема объяснения объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решения) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату. Возможность объяснять свои действия является одним из самых важных свойств экспертной системы, так как:

- повышается доверие пользователей к полученным результатам;

- облегчается отладка системы;

- создаются условия для пользователей по вскрытию новых закономерностей предметной области;

- объяснение полученных выводов может служить средством поиска точки в парето-оптимальном множестве решений.

Структура экспертной системы была бы неполной без подсистемы диалога. Подсистема диалога ориентирована на организацию дружественного интерфейса со всеми категориями пользователей как в ходе решения задач, так и в ходе приобретения знаний и объяснения результатов работы.

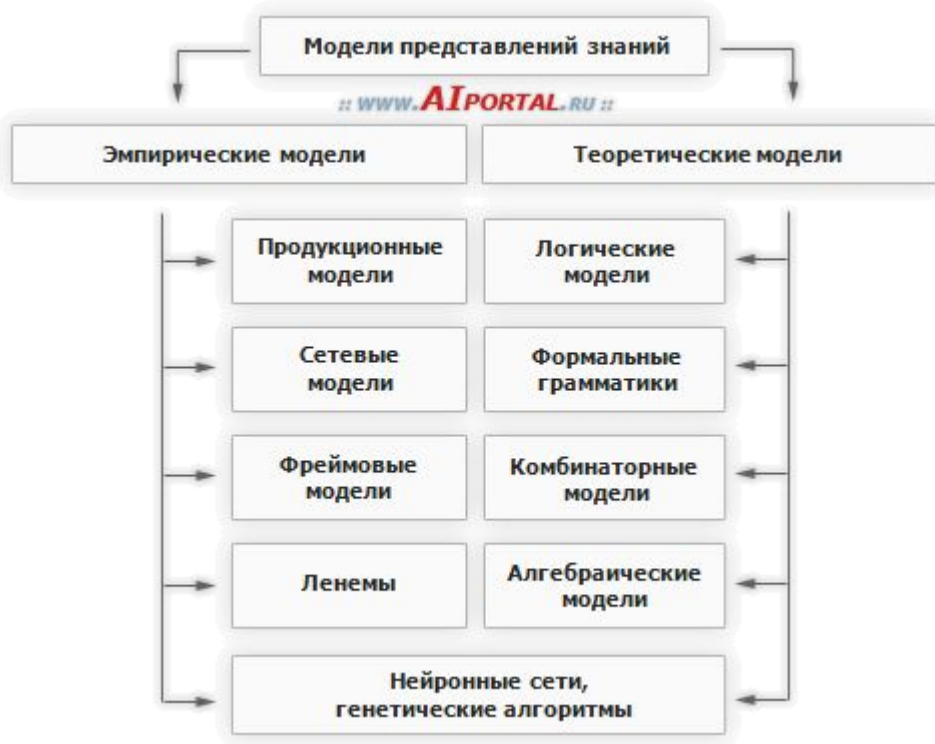


Классификация экспертных систем



Общепринятая классификация экспертных систем отсутствует, однако наиболее часто экспертные системы различают по назначению, предметной области, методам представления знаний, динамичности и сложности:

Классификация моделей представления знаний



В настоящее время разработано множество моделей представления знаний. Имея обобщенное название, они различаются по идеям, лежащим в их основе, с точки зрения математической обоснованности. Типы моделей показаны на рисунке.

Продукционная модель

Продукционная модель – это модель, основанная на правилах, позволяющая представить знание в виде предложений типа: “Если условие, ТО действие”.

Продукционная модель обладает тем недостатком, что при накоплении достаточно большого числа (порядка нескольких сотен) продукций они начинают противоречить друг другу.

В общем случае продукционную модель можно представить в следующем виде:

N - имя продукции;

A - сфера применения продукции;

U - условие применимости продукции;

C - ядро продукции;

I - постусловия продукции, актуализирующиеся при положительной реализации продукции;

R - комментарий, неформальное пояснение (обоснование) продукции, время введения в базу знаний и т. д.;



Семантические сети или сетевые модели знаний

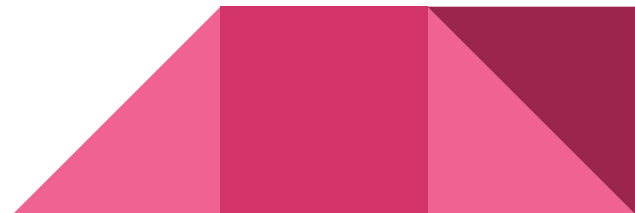
Однозначное определение семантической сети в настоящее время отсутствует. В инженерии знаний под ней подразумевается граф, отображающий смысл целостного образа. Узлы графа соответствуют понятиям и объектам, а дуги – отношениям между объектами. Формально сеть можно задать в следующем виде: $H = \langle I, C, J \rangle$

I - множество информационных единиц;

C - множество типов связей между информационными единицами;

G - отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов C между элементами I .

Как правило, различают экстенциональные и интенциональные семантические сети. Экстенциональная семантическая сеть описывает конкретные отношения данной ситуации. Интенциональная – имена классов объектов, а не индивидуальные имена объектов. Связи в интенциональной сети отражают те отношения, которые всегда присущи объектам данного класса.



Фреймовая модель знаний



Фреймовая модель представляет собой систематизированную психологическую модель памяти человека и его сознания.

Фрейм (англ. frame – рамка, каркас) – структура данных для представления некоторого концептуального объекта. Информация, относящаяся к фрейму, содержится в составляющих его слотах.

Слот (англ. slot – щель, прорезь) может быть терминальным (листом иерархии) или представлять собой фрейм нижнего уровня.

Каждый фрейм, как показано на рисунке слева, состоит из произвольного числа слотов, причем несколько из них обычно определяются самой системой для выполнения специфических функций, а остальные определяются пользователем.

Фреймовая модель знаний

Фреймы образуют иерархию. Иерархия во фреймовых моделях порождает единую многоуровневую структуру, описывающую либо объект, если слоты описывают только свойства объекта, либо ситуацию или процесс, если отдельные слоты являются именами процедур, присоединенных к фрейму и вызываемых при его актуализации.

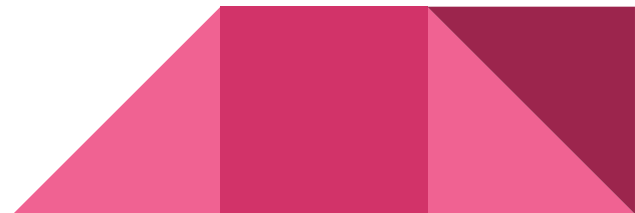
Формально фрейм – это тип данных вида: $F = \langle N, S1, S2, S3 \rangle$

N - имя объекта;

S1 - множество слотов, содержащих факты, определяющие декларативную семантику фрейма;

S2 - множество слотов, обеспечивающих связи с другими фреймами (каузальные, семантические и т. д.);

S3 - множество слотов, обеспечивающих преобразования, определяющие процедурную семантику фрейма.



Логическая модель знаний

Основная идея при построении логических моделей знаний заключается в следующем – вся информация, необходимая для решения прикладных задач, рассматривается как совокупность фактов и утверждений, которые представляются как формулы в некоторой логике. Знания отображаются совокупностью таких формул, а получение новых знаний сводится к реализации процедур логического вывода. В основе логических моделей знаний лежит понятие формальной теории, задаваемое картежем: $S = \langle A, F, Ax, R \rangle$


A - счетное множество базовых символов (алфавит);

F - множество, называемое формулами;

Ax - выделенное подмножество априори истинных формул (аксиом);

R - конечное множество отношений между формулами, называемое правилами вывода.

В логических моделях знаний слова, описывающие сущности предметной области, называются термами (константы, переменные, функции), а слова, описывающие отношения сущностей – предикатами.



Режимы работы ЭС

Экспертная система работает в двух режимах: режиме приобретения знаний и в режиме консультаций (называемом также режимом решения или режимом пользования экспертной системой).



Режим приобретения знаний

В режиме приобретения знаний общение с экспертной системой осуществляет эксперт. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют экспертной системе в режиме консультаций 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.



Режим консультаций

В режиме консультации общение с экспертной системой осуществляет конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения. Необходимо отметить, что в зависимости от назначения экспертной системы пользователь может не быть специалистом в данной проблемной области (в этом случае он обращается к экспертной системе за результатом, не умея получить его сам), или быть специалистом (в этом случае пользователь может сам получить результат, но он обращается к экспертной системе с целью либо ускорить процесс получения результата, либо возложить на экспертную систему рутинную работу). Следует подчеркнуть, что термин «пользователь» является многозначным, так как использовать экспертную систему кроме конечного пользователя может и эксперт, и инженер по знаниям, и программист.

В режиме консультации данные о задаче пользователя после обработки их диалоговым компонентом поступают в рабочую память. Решатель на основе входных данных из рабочей памяти, общих данных о проблемной области и правил из базы знаний формирует решение задачи.



Этапы и технологии разработки экспертных систем

Этап I. Идентификация;

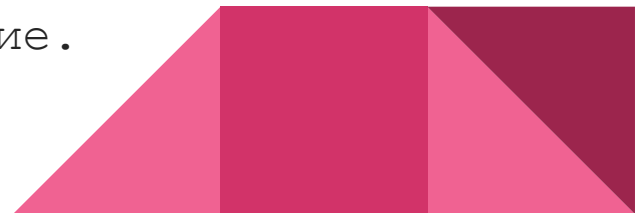
Этап II. Концептуализация;

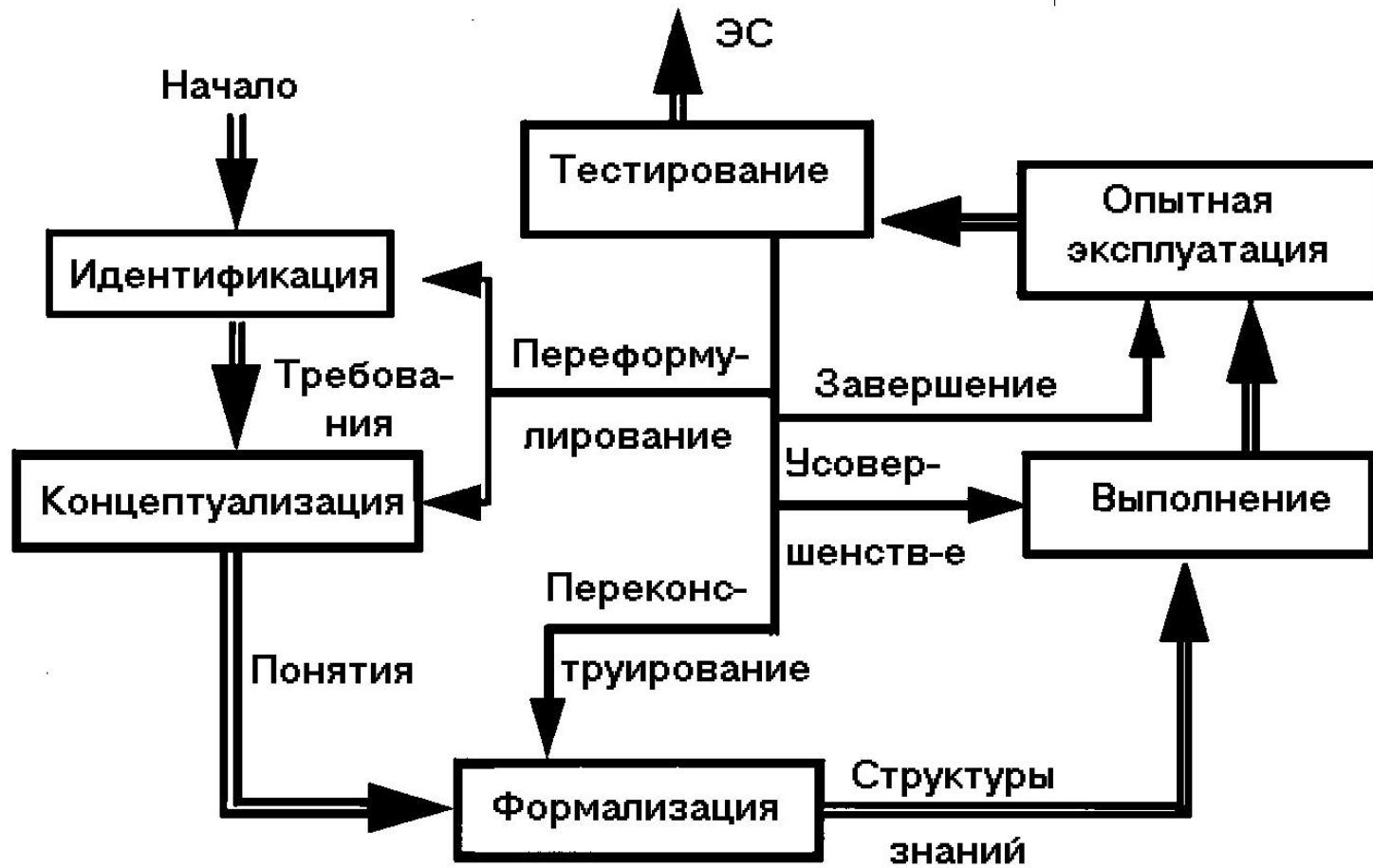
Этап III. Формализация;

Этап IV. Реализация;

Этап V. Тестирование;

Этап VI. Опытная эксплуатация и внедрение.





Этап I. Идентификация

На этапе идентификации определяются задачи, участники процесса разработки и их роли, ресурсы и цели. Определение участников и их ролей сводится к определению количества экспертов и инженеров по знаниям, а также формы их взаимоотношений. Обычно в основном цикле разработки экспертной системы участвуют не менее трех-четырех человек (один эксперт, один или два инженера по знаниям и один программист, привлекаемый для модификации и согласования инструментальных средств).



Этап II. Концептуализация

На этапе концептуализации эксперт и инженер по знаниям выделяют ключевые понятия, отношения и характеристики, необходимые для описания процесса решения задачи. На этом этапе определяются следующие особенности задачи: типы доступных данных; исходные и выводимые данные; подзадачи общей задачи; используемые стратегии и гипотезы; виды взаимосвязей между объектами проблемной области; типы используемых отношений (иерархия, причина/следствие, часть/целое и т. п.); процессы, используемые в ходе решения задачи; типы ограничений, накладываемых на процессы, используемые в ходе решения; состав знаний, используемых для решения задачи и для объяснения решения.

Этап III. Формализация

На этапе формализации все ключевые понятия и отношения, выявленные на этапе концептуализации, выражаются на некотором формальном языке, предложенном (выбранном) инженером по знаниям. Здесь он определяет, подходят ли имеющиеся инструментальные средства для решения рассматриваемой проблемы или необходим выбор другого инструментария, или требуются оригинальные разработки.



Этап IV. Реализация

Цель этапа выполнения состоит в создании одного или нескольких прототипов экспертной системы, решающих требуемые задачи. Затем по результатам этапов тестирования и опытной эксплуатации на данном этапе создается конечный продукт, пригодный для промышленного использования. Разработка прототипа состоит в программировании его компонентов (или выборе их из имеющихся инструментальных средств) и наполнении базы знаний.



Этап V. Тестирование

Этап тестирования экспертной системы включается в каждую стадию прототипирования прикладной системы. Хотя обычно тестирование рассматривают в качестве заключительной фазы процесса разработки, операционное прототипирование, характеризующееся возможностью изменения целей проектирования в процессе разработки, предъявляет особые требования к доказательству корректности (верификации – verification) и соответствия разрабатываемой системы предъявляемым требованиям (концептуальное тестирование – validation).



Этап VI. Опытная эксплуатация и внедрение

На этапе опытной эксплуатации и внедрения проверяется пригодность экспертной системы для конечного пользователя. Здесь система занимается решением всех возможных задач при работе с различными пользователями. Целесообразно организовать работу системы не на стенде разработчика, а на месте работы пользователей. К этому этапу следует переходить лишь после того, как система, по мнению эксперта, будет успешно решать все требуемые задачи, чтобы ошибки в решениях не создавали у пользователя отрицательное представление о системе. Пригодность системы для пользователя определяется в основном удобством работы с ней и ее полезностью.