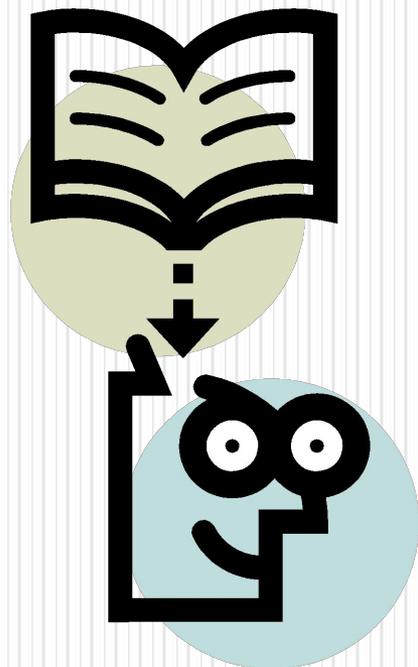


Экспертные системы

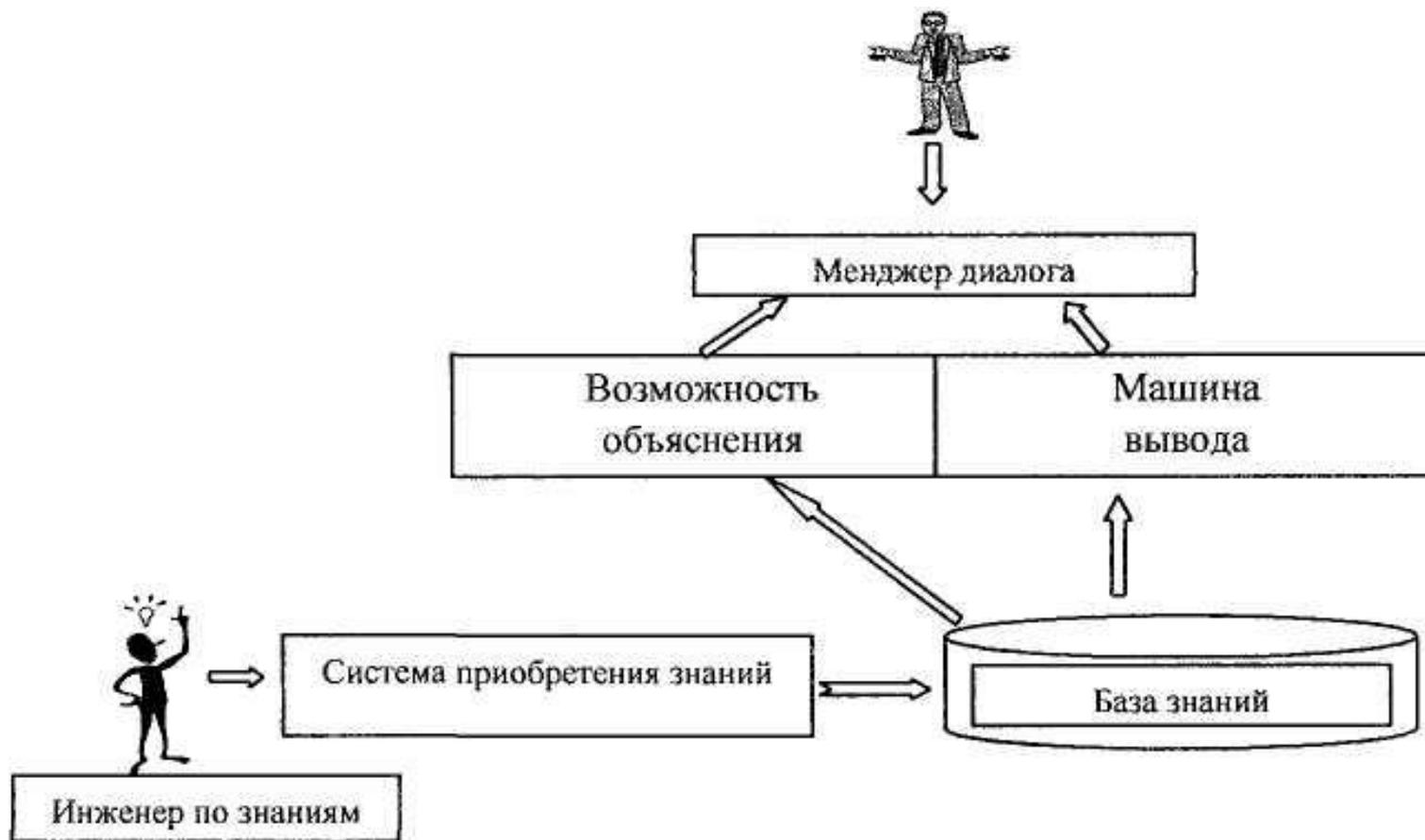
Арефьева Е.А.



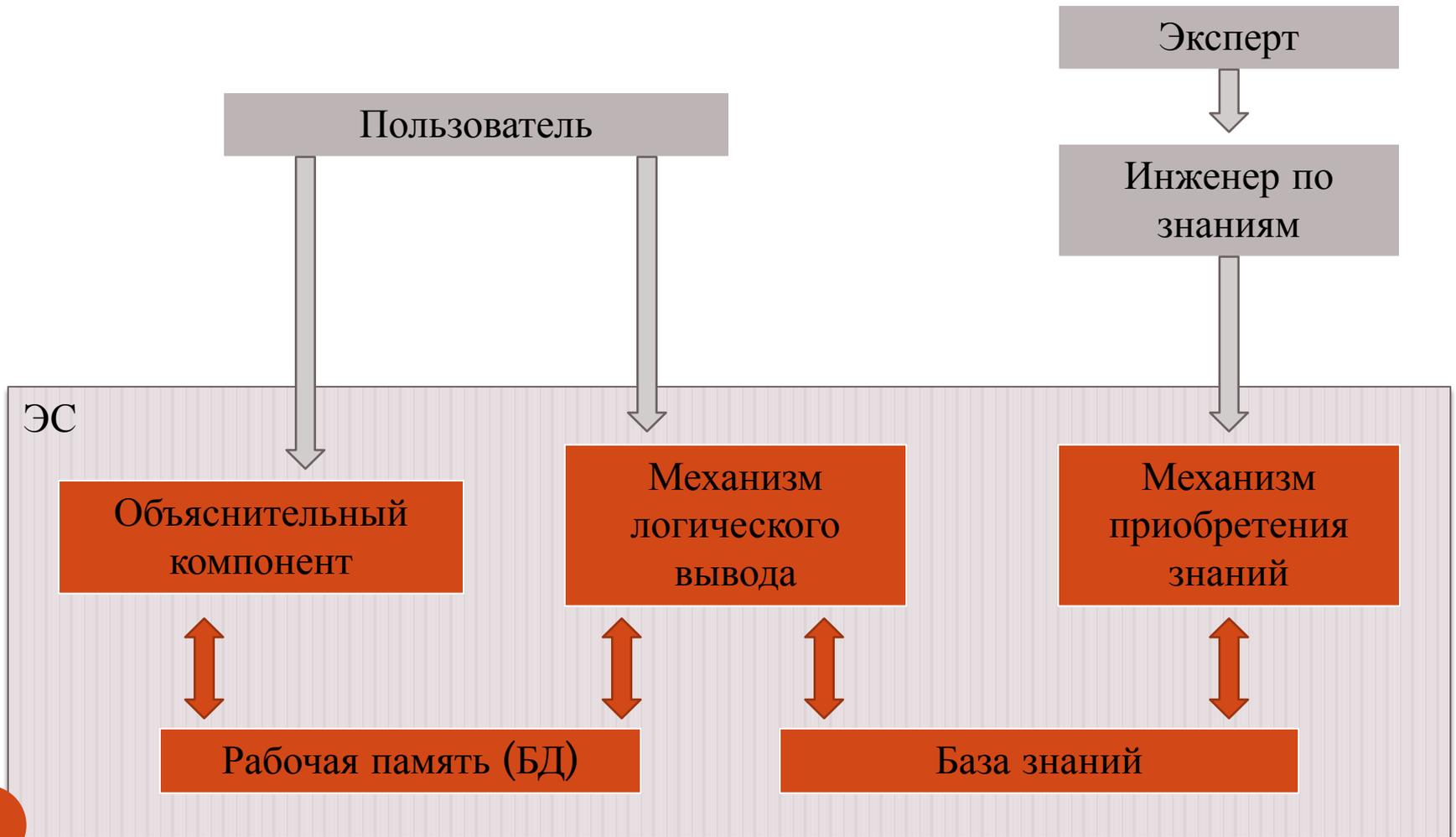
Содержание

- ❖ Архитектура и классификация ЭС
- ❖ Проектирование ЭС
- ❖ Механизм логического вывода
- ❖ Приобретение знаний в ЭС

ТИПИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭС



АРХИТЕКТУРА ЭС



РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭС

- Экспертная система работает в двух режимах: приобретения знаний и решения задач (режим консультации или режим использования ЭС).



Классификация экспертных систем

- Аналитические
 - предполагают выбор решений из множества известных альтернатив (определение характеристик объектов)
- Синтетические
 - предполагают формирование неизвестных решений (формирование объектов)



Классификация ЭС

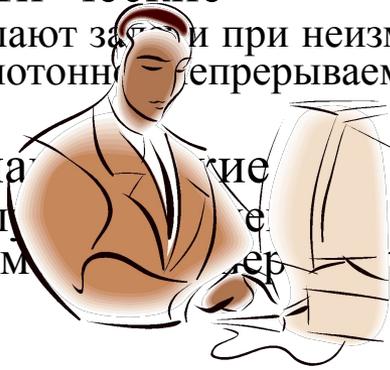
По способу формирования решения

- **Статические**

- решают задачи при неизменяемых в процессе решения данных и знаниях, осуществляют монотонное непрерываемое решение задачи от ввода исходных данных до конечного результата

- **Динамические**

- допускают изменения в процессе решения данных и знаний, предусматривают возможность возврата в процессе решения полученных ранее результатов



Классификация ЭС

По типу учета временного фактора

- С детерминированными знаниями
- Системы с четко определенными знаниями



неопределенными знаниями

неполнота

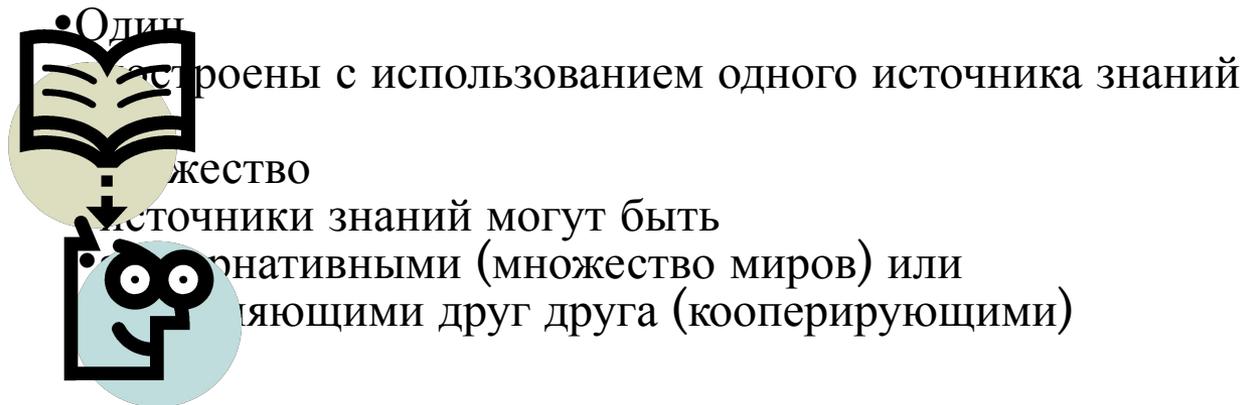
достоверность

смысленность

четкость

Классификация ЭС

По видам используемых данных и знаний



Классификация ЭС

По числу используемых источников знаний

- Традиционные методы инженерии знаний, использующие в основном неформализованные методы инженерии знаний и неформализованные знания, полученные от экспертов
- Гибридные методы инженерии знаний, использующие неформализованные методы инженерии знаний, и формализованные методы, а также данные традиционных методов информатики, программирования и математики



Классификация ЭС

По типу используемых методов и знаний

Классификация ЭС

Классификация по типу решаемых задач:
пространство поиска

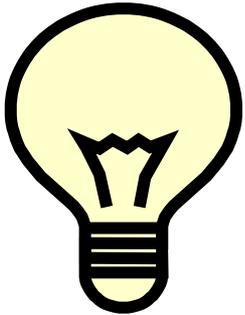
КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ

Задачи	Описание
расширения	задачи, в процессе решения которых осуществляется только увеличение информации о предметной области, не приводящее ни к изменению ранее выведенных данных, ни к выбору другого состояния области. Типичной задачей этого класса являются задачи классификации
доопределения	задачи с неполной или неточной информацией о реальной предметной области, цель решения которых - выбор из множества альтернативных текущих состояний предметной области того, которое адекватно исходным данным; в случае неточных данных альтернативные текущие состояния возникают как результат ненадежности данных и правил, что приводит к многообразию различных доступных выводов из одних и тех же исходных данных; в случае неполных данных альтернативные состояния являются результатом доопределения области, т. е. результатом предположений о возможных значениях недостающих данных.
преобразования	задачи, которые осуществляют изменения исходной или выведенной ранее информации о предметной области, являющиеся следствием изменений либо реального мира, либо его модели.

КЛАССЫ ЗАДАЧ ЭС

Типы задач	Описание
интерпретация данных	выбор решения из фиксированного множества альтернатив на базе введенной информации о текущей ситуации; основное назначение - определение сущности рассматриваемой ситуации, выбор гипотез, исходя из фактов; типичным примером является экспертная система анализа финансового состояния предприятия.
диагностика	выявление причин, приведших к возникновению ситуации; требуется предварительная интерпретация ситуации с последующей проверкой дополнительных фактов, например, выявление факторов снижения эффективности производства.
коррекция	диагностика, дополненная возможностью оценки и рекомендации действий по исправлению отклонений от нормального состояния рассматриваемых ситуаций
конструирование, проектирование	разработка объекта с заданными свойствами при соблюдении установленных ограничений (определение конфигурации объектов с точки зрения достижения заданных критериев эффективности и ограничений); например, проектирование бюджета предприятия или портфеля инвестиций
прогнозирование	предсказание последствий развития текущих ситуаций на основе математического и эвристического моделирования; например, прогнозирование трендов на биржевых торгах
планирование	определение последовательности действий, приводящих к желаемому состоянию объекта; например, планирование процессов поставки продукции
диспетчирование	распределение работ во времени, составление расписаний, например, планирование графика освоения капиталовложений
слежение (мониторинг)	наблюдение за изменяющимся состоянием объекта и сравнение его показателей с установленными или желаемыми; для этого выполняется диагностика, прогнозирование, а в случае необходимости планирование и коррекция действий пользователей, например, мониторинг сбыта готовой продукции
управление	воздействие на объект для достижения желаемого поведения (мониторинг, дополненный реализацией действий в автоматических системах), например, принятие решений на биржевых торгах

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭС



	Анализ	Синтез	
Детерминированность знаний	Классифицирующие	Трансформирующие	Одни источники знаний
Неопределенность знаний	Доопределяющие	Многоагентные	Множество источников знаний
	Статика	Динамика	

Проектирование ЭС

СХЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭС



Инструментальные средства

На этапе реализации экспертной системы происходит физическое наполнение базы знаний и настройка всех программных механизмов в рамках выбранного инструментального средства, а при необходимости и программирование специализированных модулей программного инструмента.

Виды

- программные оболочки (пустые ЭС),
- средства автоматизации проектирования ЭС (генераторы, интегрированные среды),
- языки представления знаний (языки инженерии знаний, программирования).

МЕТОДЫ ПОИСКА РЕШЕНИЙ В ЭС

Методы поиска решения в ЭС

```
graph TD; A[Методы поиска решения в ЭС] --> B[Поиск в одном пространстве]; A --> C[Поиск в нескольких пространствах]; B --> D[Слепые методы поиска]; B --> E[Эвристический поиск]; B --> F[Поиск в пространстве состояний]; B --> G[Поиск методом редукции]; C --> H[Поиск в иерархии пространств]; H --> I[Факторизованное пространство]; H --> J[Фиксированное множество прост-ств]; H --> K[Изменяющееся множество прост-ств]; C --> L[Поиск в альтернативных пространствах];
```

Поиск в одном пространстве

Слепые методы поиска

Эвристический поиск

Поиск в пространстве состояний

Поиск методом редукции

Поиск в нескольких пространствах

Поиск в иерархии пространств

Факторизованное пространство

Фиксированное множество прост-ств

Изменяющееся множество прост-ств

Поиск в альтернативных пространствах

ПОИСК В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

- Необходимо найти такую последовательность операторов, которая преобразует начальные состояния в конечные
- - множество начальных состояний (условия задачи)
- - множество операторов задачи
- - множество конечных (целевых) состояний (решений задачи)
- Процесс решения можно представить в виде графа (явно или неявно)
- - множество вершин графа, каждая из которых отождествляется с одним из состояний
- - множество дуг, соединяющих пары вершин

Пример

ПОИСК МЕТОДОМ РЕДУКЦИИ

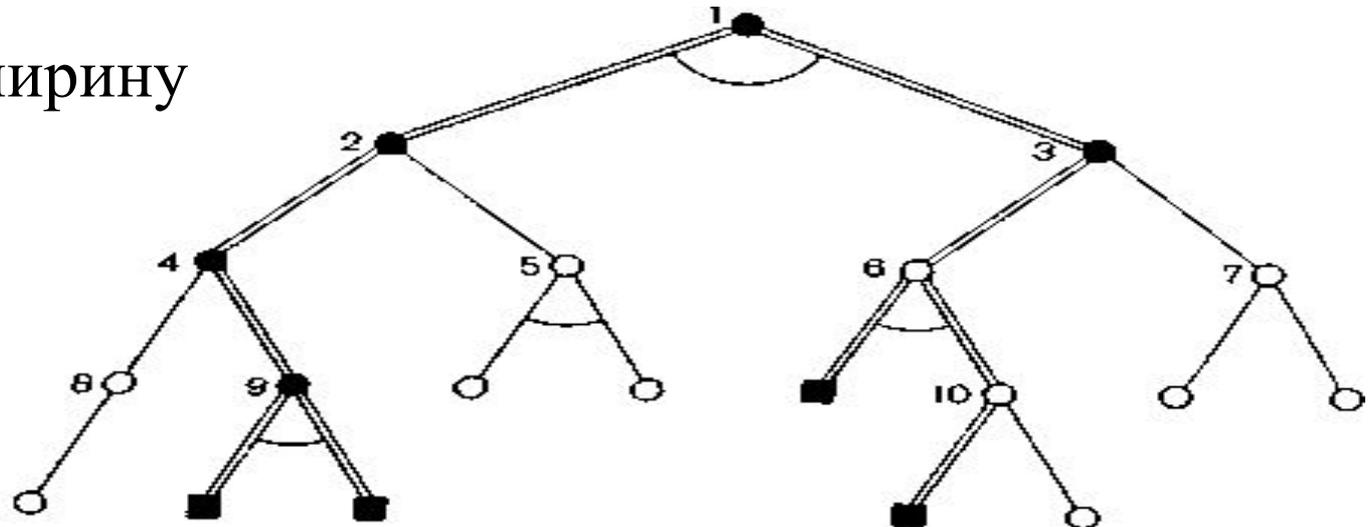
- При поиске методом редукции решение задачи сводится к решению совокупности образующих ее подзадач.
- Этот процесс повторяется для каждой подзадачи до тех пор, пока каждая из подзадач, образующих решение, не будет очевидной. Подзадача считается очевидной, если ее решение известно или получено ранее.
- Процесс решения задачи разбиением ее на подзадачи можно представить в виде специального направленного графа, называемого И/ИЛИ графом. В графе выделяют два типа вершин: конъюнктивные (решение задачи сводится к решению всех ее подзадач) и дизъюнктивные (необходимо решение одной из подзадач).

СТРАТЕГИИ ПОИСКА

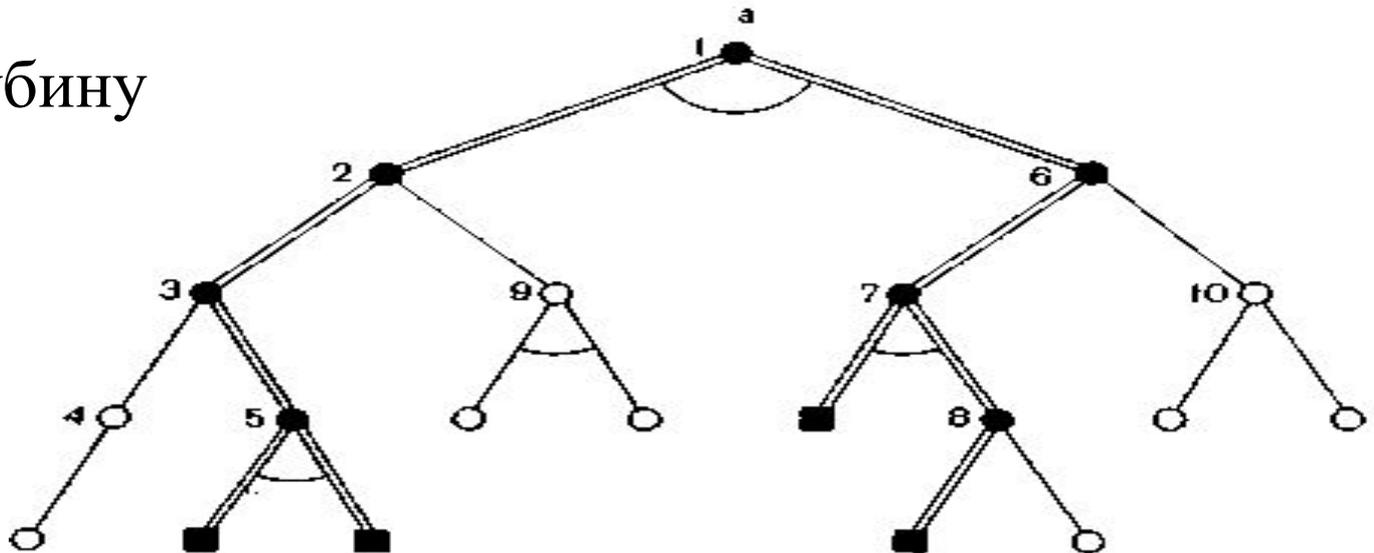
- ***Поиск в глубину.*** Суть поиска в глубину состоит в том, что при выборе очередной подцели в пространстве состояний предпочтение всегда, когда возможно, отдается той, которая соответствует следующему, более детальному уровню описания задачи.
- ***Поиск в ширину.*** При поиске в ширину, напротив, система вначале проанализирует один уровень пространства состояний, и лишь затем перейдет к следующему уровню детализации. Метод поиска в ширину требует больше памяти.

СТРАТЕГИИ ПОИСКА

● Поиск в ширину



● Поиск в глубину



ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОИСК

При увеличении пространства поиска методы слепого поиска требуют чрезмерных затрат времени и (или) памяти.

Стремление сократить время поиска привело к созданию эвристических методов поиска, т.е. методов, использующих некоторую информацию о проблемной области для рассмотрения не всего пространства поиска, а таких путей в нем, которые с наибольшей вероятностью приводят к цели.

- Один способ сокращения перебора состоит в выборе более "информированного" оператора, который не строит так много вершин.
- Другой способ состоит в использовании эвристической информации для определения на каждом шаге дальнейшего направления перебора. Для этого необходимо ввести меру "перспективности" вершины в виде некоторой оценочной функции

Чаще используемые эвристики, сильно сокращая перебор, влекут за собой потерю свойства полноты.

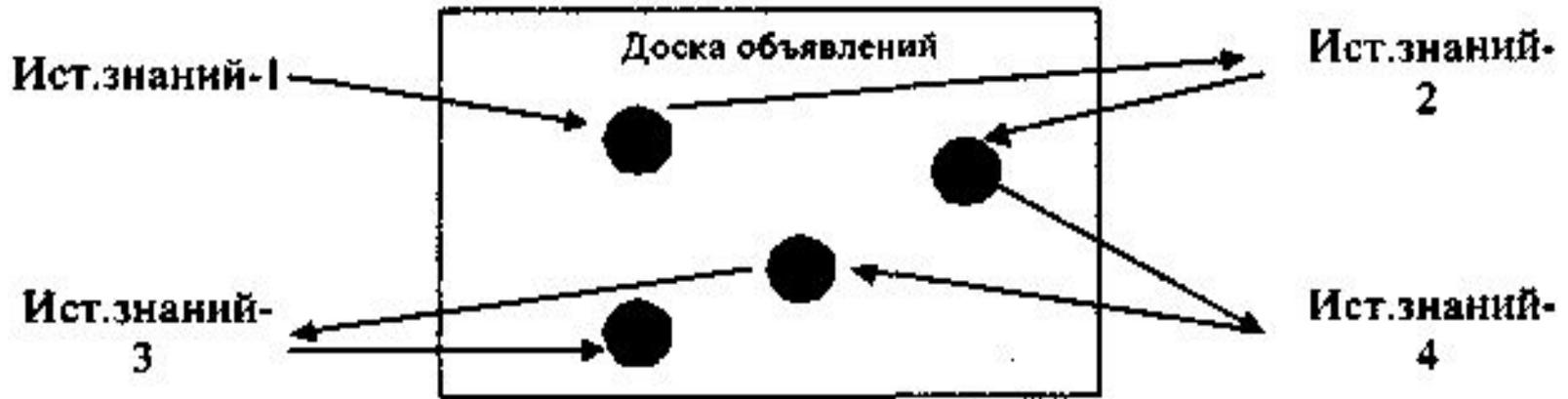
ПОИСК В ИЕРАРХИИ ПРОСТРАНСТВ

- Простейший из методов основывается на *факторизуемости* пространства решений, что позволяет производить раннее "отсечение".
- Если пространство поиска не удастся факторизовать, но при этом не требуется получать все решения или выбрать лучшее, то могут быть применены методы, использующие иерархию однородных пространств.
- Если пространство поиска таково, что любая задача может быть сведена к известной заранее последовательности подзадач, то используется *фиксированное* абстрактное пространство. Эффективность этого метода определяется возможностью использовать безвозвратную стратегию.
- В тех случаях, когда решение задачи не может быть получено без бэктрекинга, применяются более сложные методы. *Метод "нисходящего уточнения"* применим в том случае, когда существует фиксированная упорядоченность понятий области и фиксированный частичный порядок между подзадачами. В случае, если подзадачи взаимозависимы, т.е. для решения некоторой подзадачи может требоваться информация, получаемая другой подзадачей, и подзадачи не могут быть упорядочены, целесообразно применять *принцип наименьших свершений*. Этот подход позволяет приостанавливать решение подзадачи, для которой не достает информации, переходить к решению другой подзадачи и возвращаться к исходной задаче, когда отсутствующая информация станет доступной.

ПОИСК В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ (НЕМОНОТОННЫЙ ВЫВОД)

- При работе с неполными (неточными) данными и знаниями необходимо делать предположения, а при получении новой информации, показывающей ошибочность предположений, отказываться как от сделанных предположений, так и от умозаключений, полученных на основе этих предположений. Мнение системы о том, какие факты имеют место, изменяется в ходе рассуждения, т.е. можно говорить о *ревизии мнения*.
- Совокупность мнений, которой система придерживается в текущий момент, будем называть *активной системой мнений*. Каждой из систем мнений соответствует свое пространство поиска, а все вместе они образуют *альтернативные пространства*.
- Бэктрекинг при поиске в альтернативных пространствах должен осуществлять возврат в состояние, где это предположение было сделано, и испытывать другое предположение (*управляемый зависимостью бэктрекинг*).

События



“Доска объявлений”

Доска объявлений

В основу взаимодействия альтернативных моделей лежит принцип косвенного взаимодействия, т.е. взаимодействие источников знания осуществляется только через общую память, называемую *“доской объявлений”*.

МЕХАНИЗМ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА



СТРАТЕГИИ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

- Стратегии можно рассматривать по крайней мере с трех точек зрения:
- 1) как средство разрешения конфликтов;
- 2) как способ представления метазнания;
- 3) как средство повышения эффективности метода, встроенного в интерпретатор.

СТРАТЕГИИ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

ОБЩНОСТЬ

- стратегии, не зависящие от способа представления знаний
- стратегии, не зависящие от проблемной области
- стратегии, учитывающие специфику проблемной области
- стратегии, учитывающие специфику цели

ЯВНОСТЬ

- заданные явно
- заданные неявно

СТРАТЕГИИ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

масштаб

- глобальные
- локальные
- знания о текущем

состав
используем
ых знаний

- цикле работы интерпретатора
- знания об истории работы интерпрет

Полезность

- индивидуальная полезность
- сравнительная полезность

ВЫБОРКА

Понятие

- На этапе **выборки** осуществляется определение подмножества элементов рабочей памяти и подмножества модулей базы знаний, которые могут быть использованы в текущем цикле. Иногда этап выборки делается один раз на несколько следующих друг за другом циклов. При реализации этапа выборки обычно используется один из двух подходов.

Типы

- Первый подход, называемый иногда **синтаксической выборкой**, выполняет грубый отбор знаний (данных и/или модулей), которые могут быть полезны в текущем цикле. Основанием для выборки знаний в данном случае являются формальные (синтаксические) знания, встроенные в систему разработчиком.
- Второй подход, называемый **семантической выборкой**, осуществляет отбор знаний на основании таких сведений, как: модель предметной области, разбиение задачи на подзадачи, текущие цели и т.п. Семантические знания, вводятся в систему экспертом, например, в виде метаправил.

СОПОСТАВЛЕНИЕ

- Задача данного этапа состоит в том, чтобы сопоставить выбранное множество активных правил выбранному подмножеству элементов рабочей памяти и определить конфликтный набор правил
- Наиболее общий подход к ускорению операции сопоставления состоит в комбинировании двух процессов:
 - 1) процесса индексирования (выборки)
 - 2) процесса интерпретации (означивание) условий правил.

РАЗРЕШЕНИЕ КОНФЛИКТОВ

- Результатом этапа сопоставления является конфликтный набор, т.е. множество означиваний тех правил, которые удовлетворены в текущем цикле. В ходе этапа разрешения конфликтов интерпретатор выбирает одно или несколько означиваний, которые должны быть выполнены в текущем цикле.

Стратегии

- стратегии упорядочивания правил;
- стратегии специальных случаев;
- стратегии возраста элементов;
- стратегии различий;
- случайные стратегии.

ВЫПОЛНЕНИЕ

- На данном этапе выполняются действия правил (при поиске от данных), что обычно приводит к изменению рабочей памяти.
- Различают три основных вида действий: ввод, вывод, преобразование.
- После выполнения действий осуществляется проверка условий окончания, т.е. определяется, не является ли текущее состояние рабочей памяти целевым.
- осуществляются изменения памяти состояний интерпретатора, соответствующие выполненным действиям.

БАЗА ЗНАНИЙ

$$Z = \{Z_i\} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_k\}$$

База знаний

$$Z_i = \langle Q_i, P_i, A_i \rightarrow B_i, F_i, N_i \rangle$$

Правило продукции

Q_i

сфера применения продукции

P_i

условие применимости ядра продукции

$$A_i \rightarrow B_i$$

ядро продукции

F_i

фактор уверенности

N_i

постусловие продукции

ФАКТЫ

$$D = \{D_l\} = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$$

факты

$$P_i = P_i(D_i^P)$$

предусловие

$$A_i = A_i(D_i^A)$$

условие

$$B_i = \langle D_i^B \rangle$$

действие

$$N_i = \langle D_i^N \rangle$$

постусловие

$$\tilde{D} = \langle \tilde{D}_j \rangle = \langle \tilde{D}_1, \tilde{D}_2, \dots, \tilde{D}_m \rangle$$

РП

$$\tilde{F} = \langle \tilde{F}_j \rangle = \langle \tilde{F}_1, \tilde{F}_2, \dots, \tilde{F}_m \rangle$$

ФУ РП

ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД ОТ ФАКТОВ К ЦЕЛИ

$$Z^Q = \{Z_i^Q\}, Z_{\square}^Q \subseteq Z$$

Выбор правил по сфере применения

$$i = \arg(Q_i \subseteq \tilde{Q})$$

$$Z^P = \{Z_i^P\}, Z_{\square}^P \subseteq Z^Q$$

Выбор правил с истинным предусловием

$$i = \arg\left(D_i^P \subseteq \tilde{D}, P_i(D_i^P)\right)$$

$$Z^A = \{Z_i^A\}, Z_{\square}^A \subseteq Z^P$$

Выбор правил с истинным условием

$$i = \arg\left(D_i^A \subseteq \tilde{D}, A_i(D_i^A)\right)$$

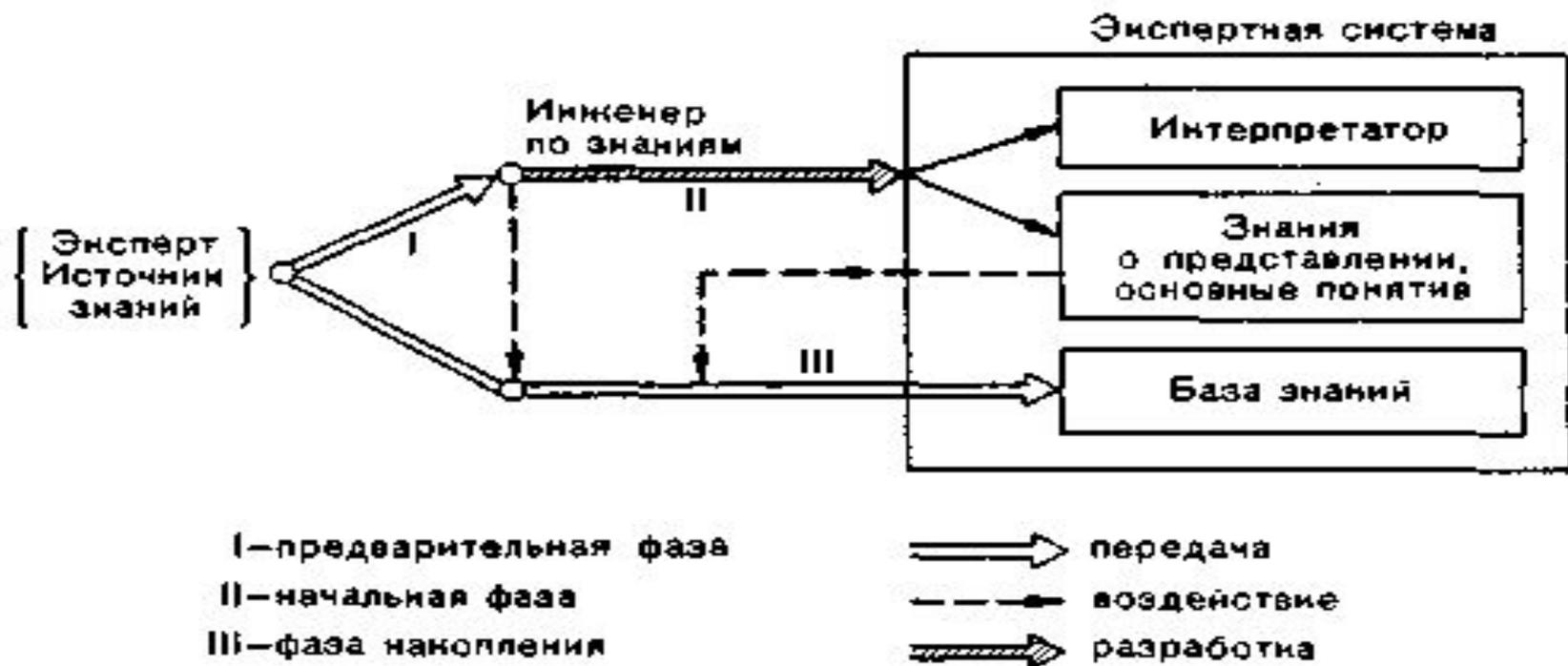
ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД ОТ ФАКТОВ К ЦЕЛИ

- условие
- действие

$$\acute{D} \in D_i^B$$

Пример

Приобретение знаний



Общая схема приобретения знаний

Предварительная фаза приобретения знаний характеризуется тем, что экспертной системы еще не существует. Задача инженера по знаниям — сформировать общее представление о структуре данных и принципах построения экспертной системы. Эта фаза приобретения знаний выполняется на этапах идентификации, концептуализации и формализации.

На начальной фазе осуществляется наполнение системы знаниями о представлении, т.е. значениями, определяющими организацию, структуру и способ представления базы знаний. Начальная фаза осуществляется в ходе первой стадии этапа выполнения.

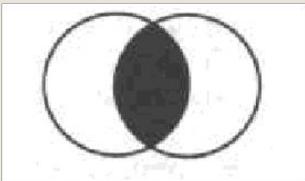
В ходе **фазы накопления** осуществляется приобретение основных знаний об области экспертизы.

МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ



Предметные области

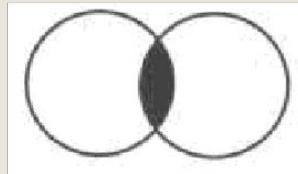
Хорошо
документированные



Z_1

Z_2

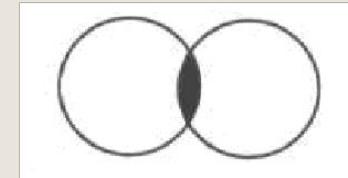
Средне-
документированные



Z_1

Z_2

Слабо-
документированные



Z_1

Z_2

Классификация предметных областей по уровню документированности

Z_1 - экспертное «личное» знание; Z_2 материализованное в книгах «общее» знание;

$Z_{\text{ПО}} = Z_1 \cup Z_2$ - знания предметной области.

Сравнение пассивных методов извлечения знаний

	Наблюдения	«Мысли вслух»	Лекции
До ст ои нс тв а	Отсутствие влияния аналитика и его субъективной позиции. Максимальное приближение аналитика к предметной области	Свобода самовыражения для эксперта Вербализация рассуждений Отсутствие влияния аналитика и его субъективной позиции	Свобода самовыражения для эксперта Структурированное изложение Высокая концентрация Отсутствие влияния аналитика и его субъективной позиции
Н ед ос та тк и	Отсутствие обратной связи Фрагментарность полученных комментариев	Отсутствие обратной связи Возможность ухода «в сторону» в рассуждениях эксперта	«Зашумленность» деталями Слабая обратная связь Недостаток хороших лекторов среди экспертов-практиков

Сравнение индивидуальных активных методов извлечения знаний

	Анкетирование	Интервьюирование	Свободный диалог
До ст ои нс тв а	Возможность стандартизированного опроса нескольких экспертов Не требует особенного напряжения от аналитика во время процедуры анкетирования	Наличие обратной связи (возможность уточнения контекста и разрешения противоречий)	Гибкость Обратная связь Возможность изменения сценария и формы сеанса
Не до ст ат ки	Требует умения и опыта составления анкет Отсутствие контекста и обратной связи. Вопросы анкеты могут быть неправильно поняты экспертом	Требует значительного времени на подготовку вопросов интервью	Требует от аналитика высочайшего напряжения Отсутствие формальных методик проведения Трудность протоколирования результатов

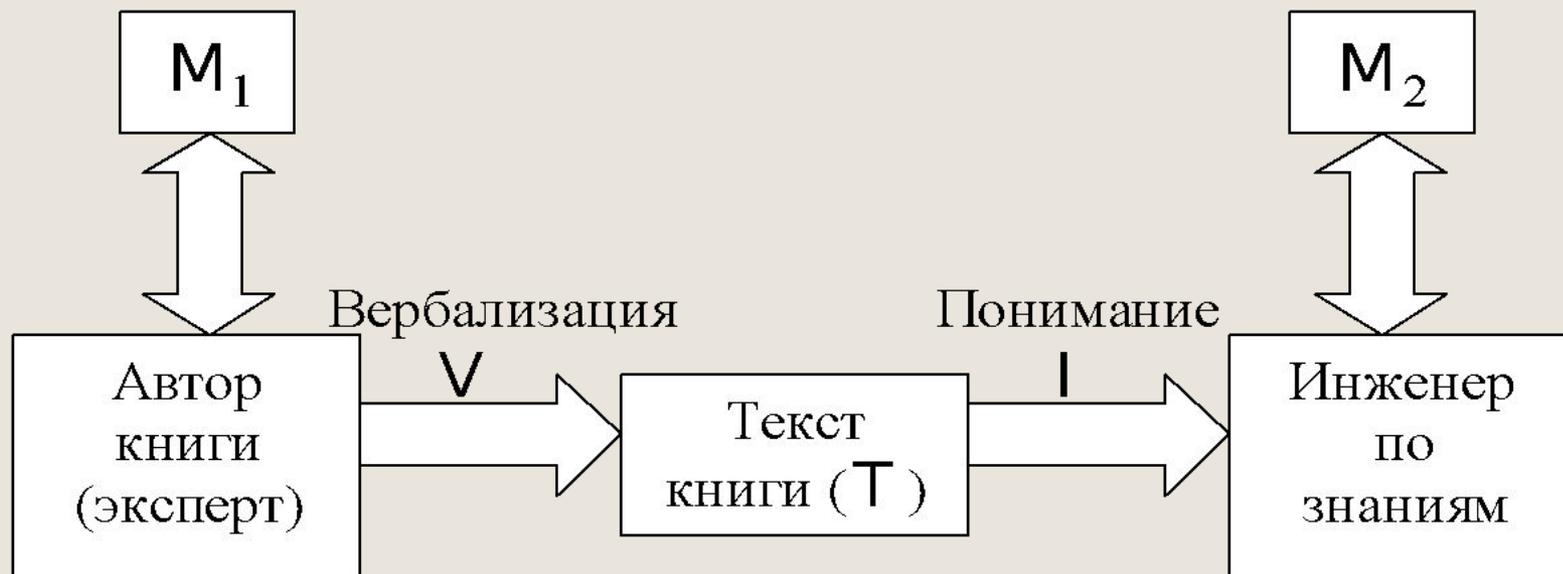
Сравнение групповых активных методов извлечения знаний

	«Мозговой штурм»	Дискуссия за круглым столом
Достоинства	<p>Позволяет выявлять глубинные пласты знаний (на уровне бессознательного)</p> <p>Активизирует экспертов</p> <p>Позволяет получать новые знания</p>	<p>Позволяет получать более объективные фрагменты знаний</p> <p>Оживляет процедуру извлечения знаний</p> <p>Позволяет участникам обмениваться знаниями</p>
Недостатки	<p>Возможен только для новых интересных исследовательских проблем</p> <p>Не всегда эффективен (довольно низкий процент продуктивных идей)</p>	<p>Требует больших организационных затрат</p> <p>Отличается сложностью проведения</p>

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА

Этапы:

- формирование репрезентативной экспертной группы
 - подготовка и проведение экспертизы
 - статистическая обработка полученных результатов (оценка согласованности)
- ## Требования к экспертам
- высокий уровень общей эрудиции;
 - глубокие специальные знания в предметной области;
 - способность к адекватному отображению свойств исследуемого объекта;
 - отсутствию личной заинтересованности в определенных направлениях решения вопроса;
 - наличие производственного и (или) исследовательского опыта в предметной области.



M_1 - смысл, заложенный автором и основанный на его собственной модели мира; M_2 - смысл, который постигает инженер по знаниям;

I - интерпретация текста, изложенного словесно;

T - словесное изложение знаний; V - результат вербализации.

Текстологические методы извлечения знаний

Текстология — это наука, целью которой является практическое прочтение текстов, изучение и интерпретация литературных источников, а также рассмотрение семиотических, психолингвистических и других аспектов извлечения знаний из текстов.

Спасибо за внимание!!!