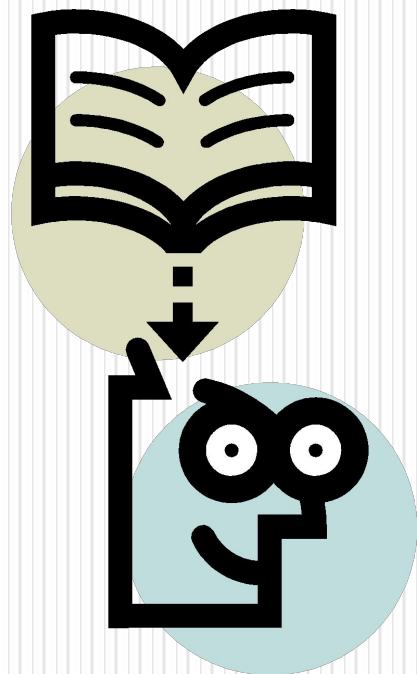


# Экспертные системы

Арефьева Е.А.

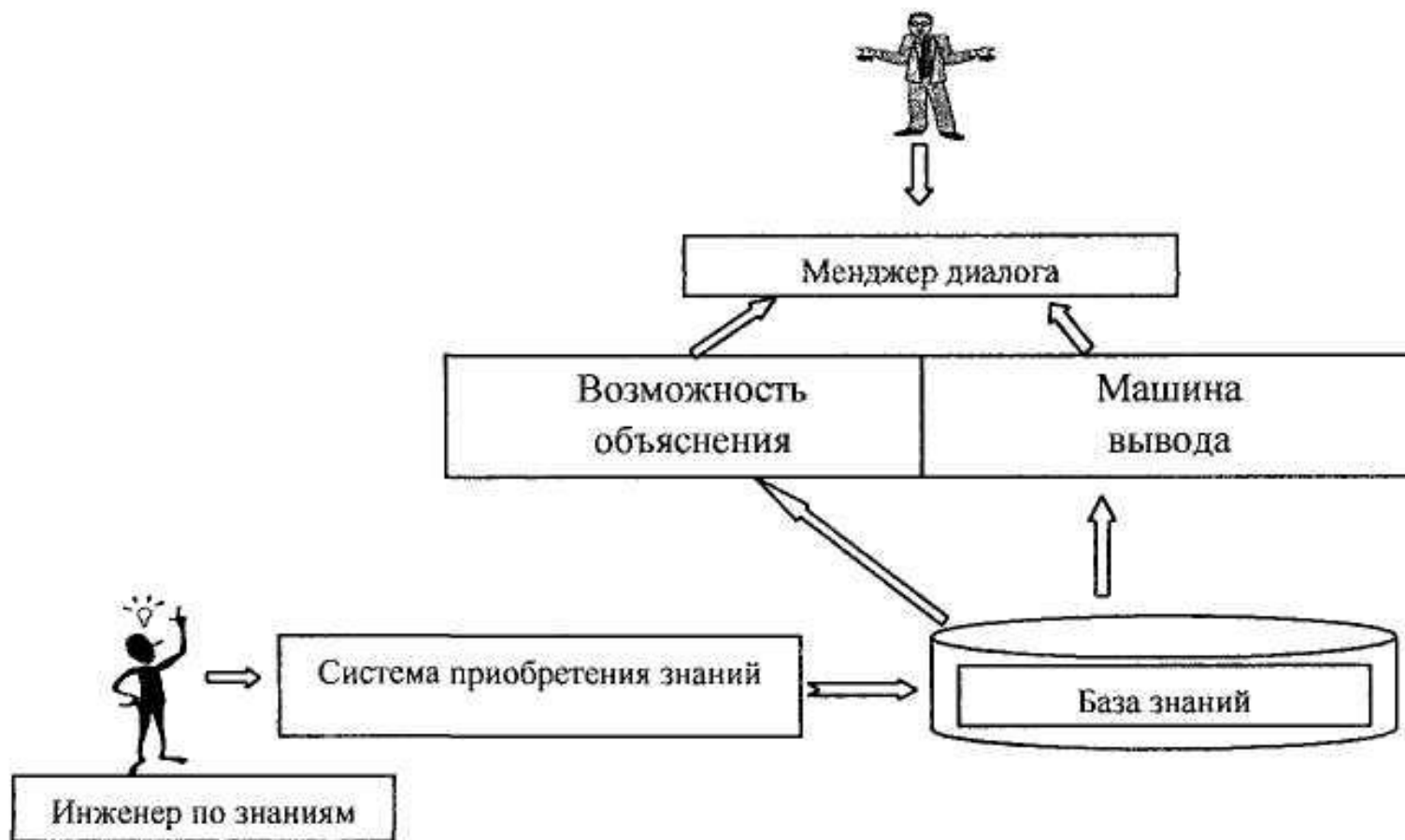


# Содержание

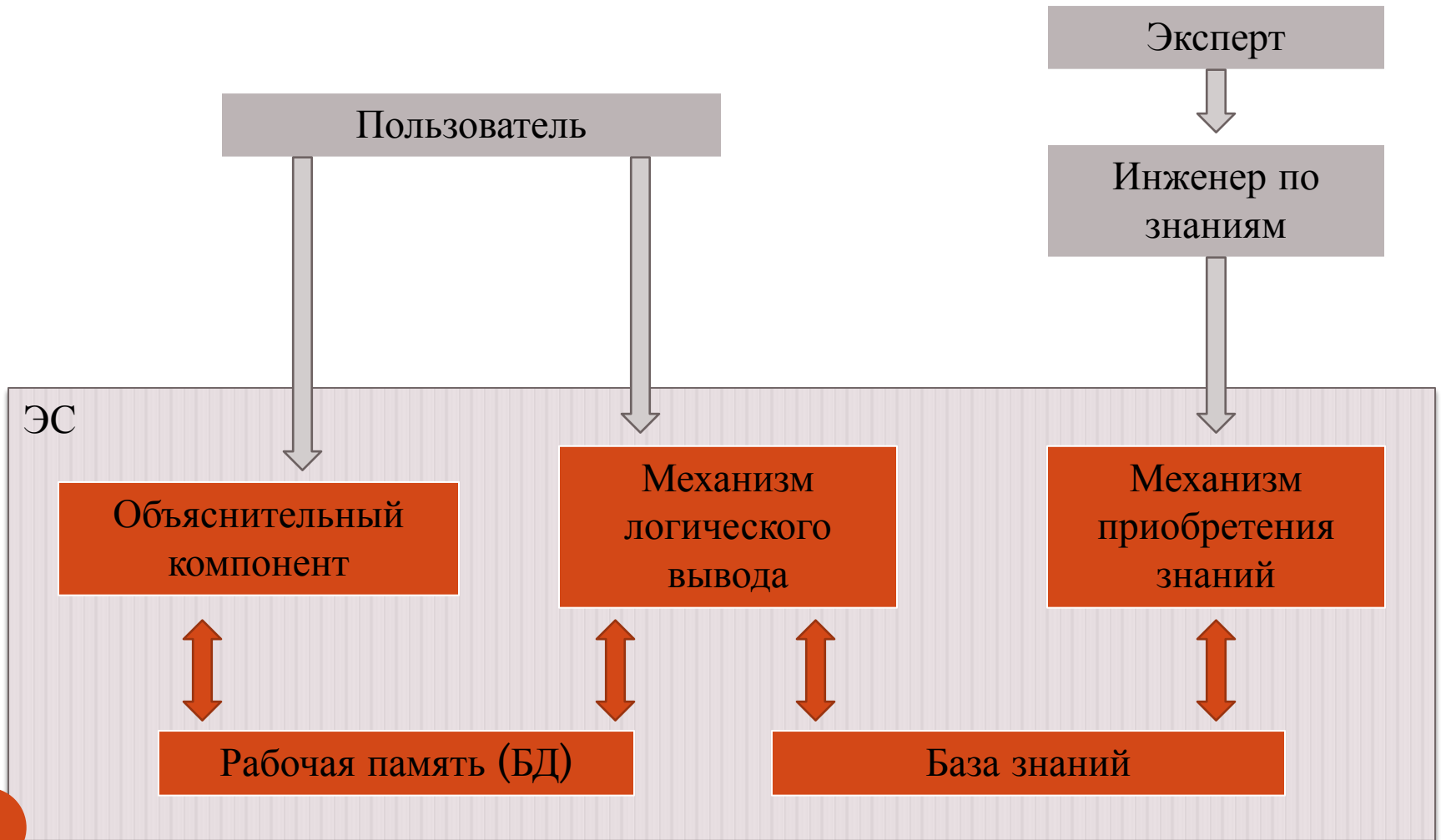
---

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

# ТИПИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭС



# АРХИТЕКТУРА ЭС



# РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭС

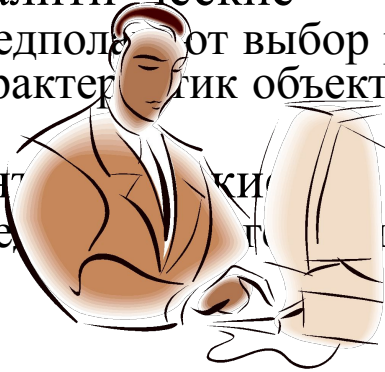
- Экспертная система работает в двух режимах: приобретения знаний и решения задач (режим консультации или режим использования ЭС).



# Классификация экспертных систем

---

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



Классификация ЭС

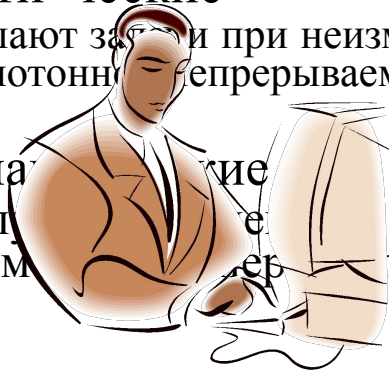
По способу формирования решения

- **Статические**

- решают задачи при неизменяемых в процессе решения данных и знаниях, осуществляют монотонно 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

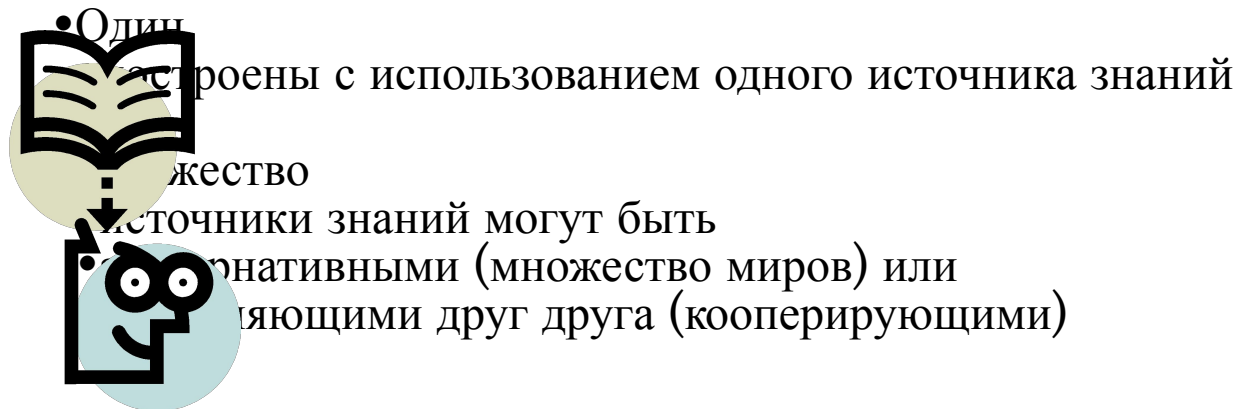
смысленность

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

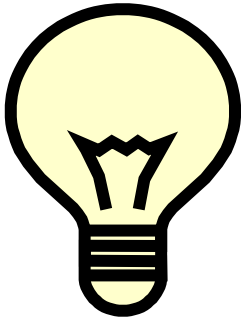
# КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ РЕШАЕМЫХ ЗАДАЧ

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	<b>Классифицирующие</b>	<b>Трансформирующие</b>	Одни источники знаний
Неопределенность знаний	<b>Доопределяющие</b>	<b>Многоагентные</b>	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

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

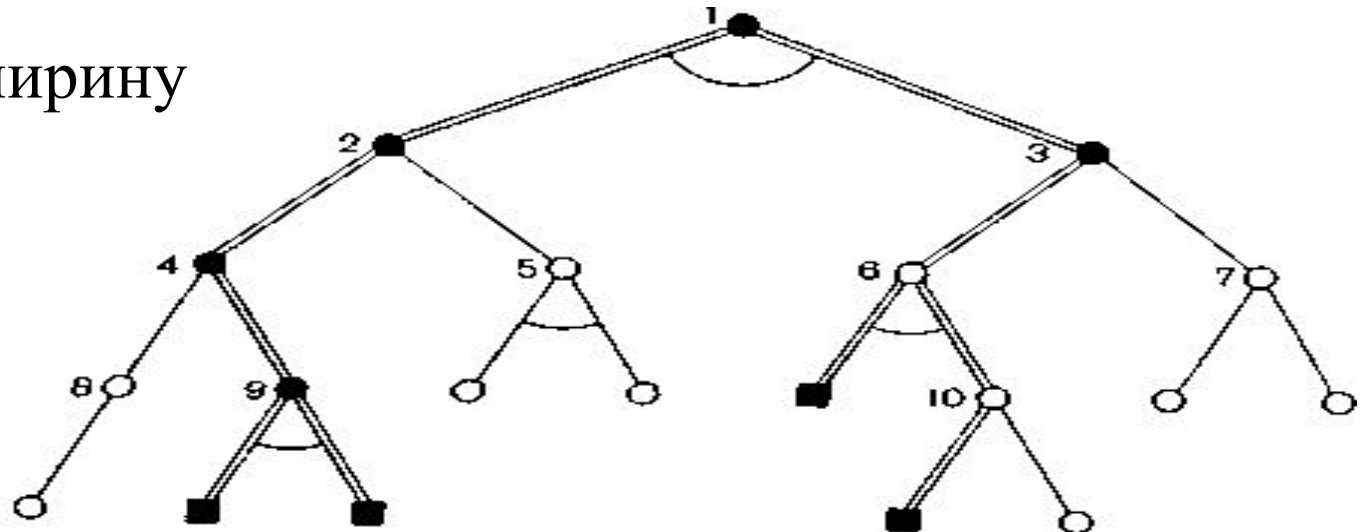
- При поиске методом редукции решение задачи сводится к решению совокупности образующих ее подзадач.
- Этот процесс повторяется для каждой подзадачи до тех пор, пока каждая из подзадач, образующих решение, не будет очевидной. Подзадача считается очевидной, если ее решение известно или получено ранее.
- 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

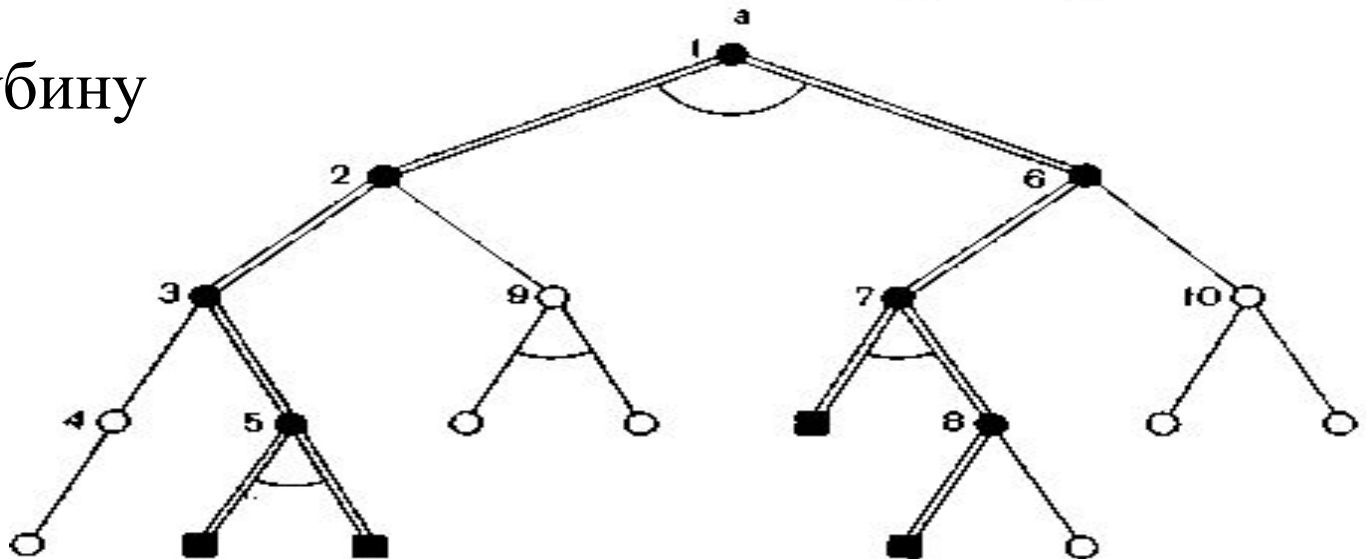
- ***Поиск в глубину.*** Суть поиска в глубину состоит в том, что при выборе очередной подцели в пространстве состояний предпочтение всегда, когда возможно, отдается той, которая соответствует следующему, более детальному уровню описания задачи.
- ***Поиск в ширину.*** При поиске в ширину, напротив, 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.

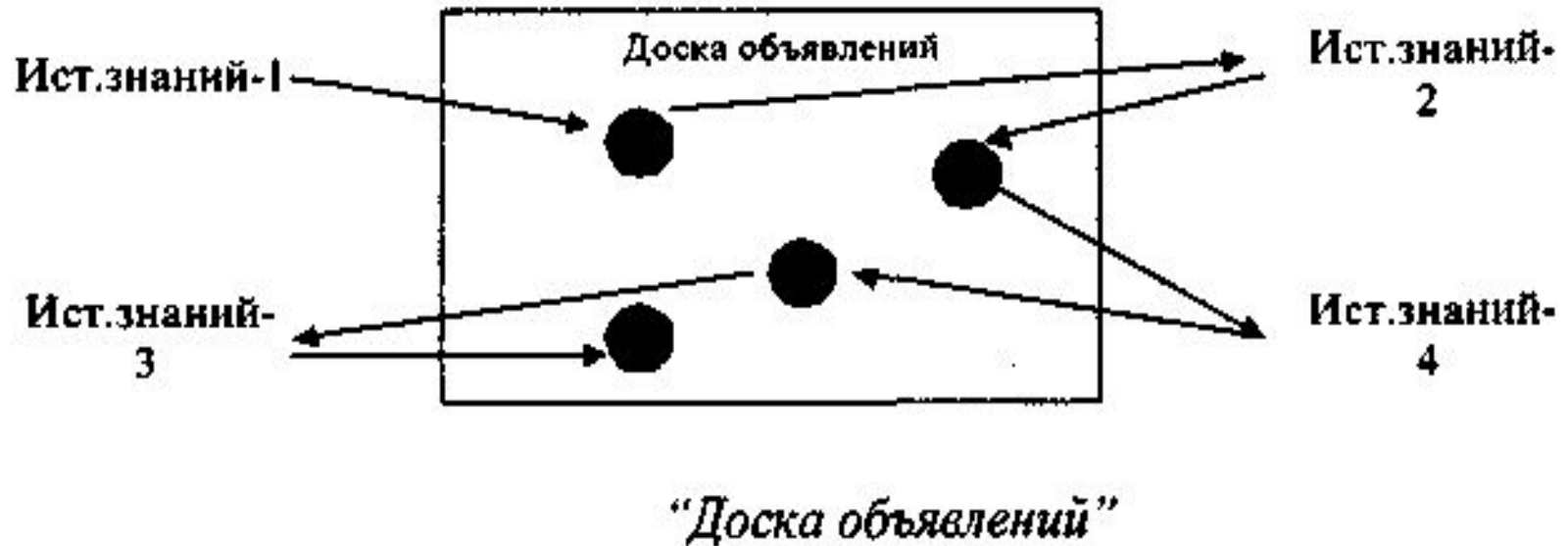
# ПОИСК В ИЕРАРХИИ ПРОСТРАНСТВ

- 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*).

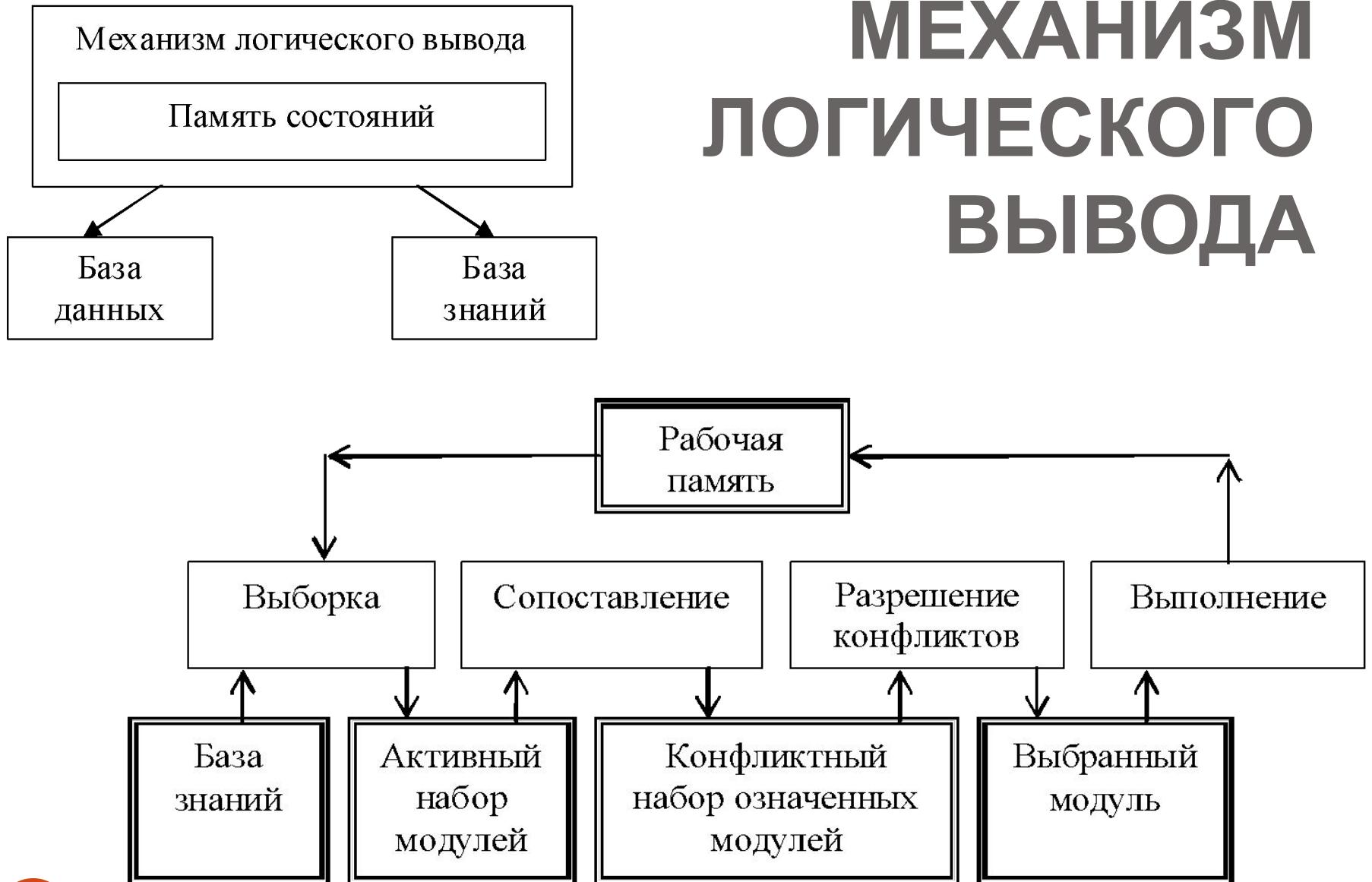
## События



## Доска объявлений

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 используемых знаний

- цикле работы интерпретатора
- знания об истории работы интерпретатора

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

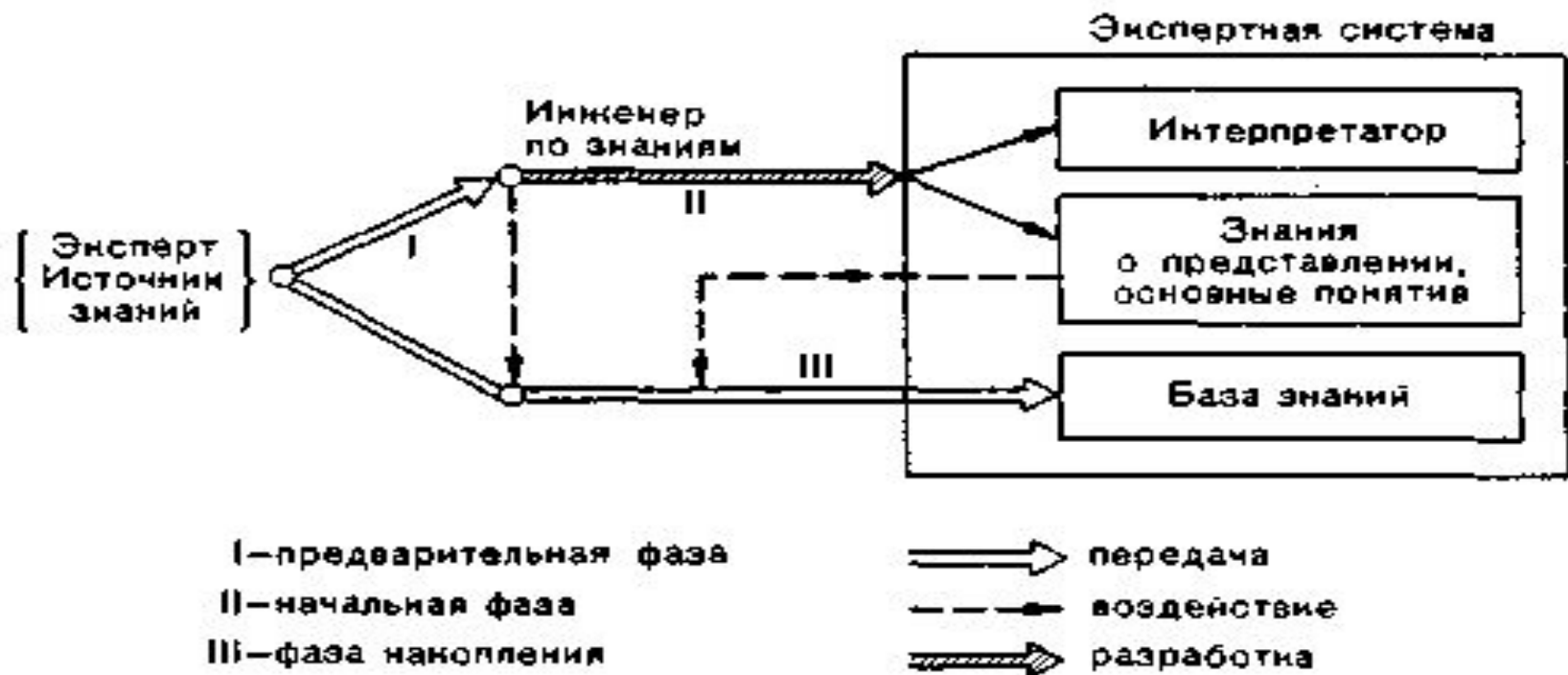
$$\acute{D} \in D_i^B$$



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.

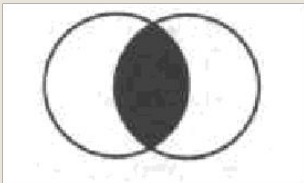
В ходе **фазы накопления** осуществляется приобретение основных знаний об области экспертизы.

# МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ



## Предметные области

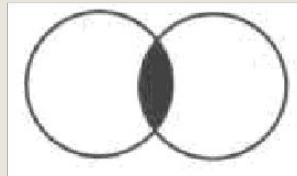
Хорошо  
документированные



$Z_1$

$Z_2$

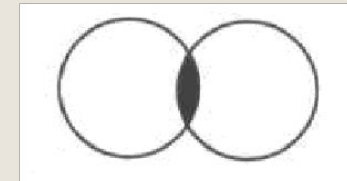
Средне-  
документированные



$Z_1$

$Z_2$

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
<b>До</b> <b>ст</b> <b>ои</b> <b>нс</b> <b>тв</b> <b>а</b>	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
<b>Н</b> <b>ед</b> <b>ос</b> <b>та</b> <b>тк</b> <b>и</b>	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
<b>До ст ои нс тв а</b>	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
<b>Не до ст ат ки</b>	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

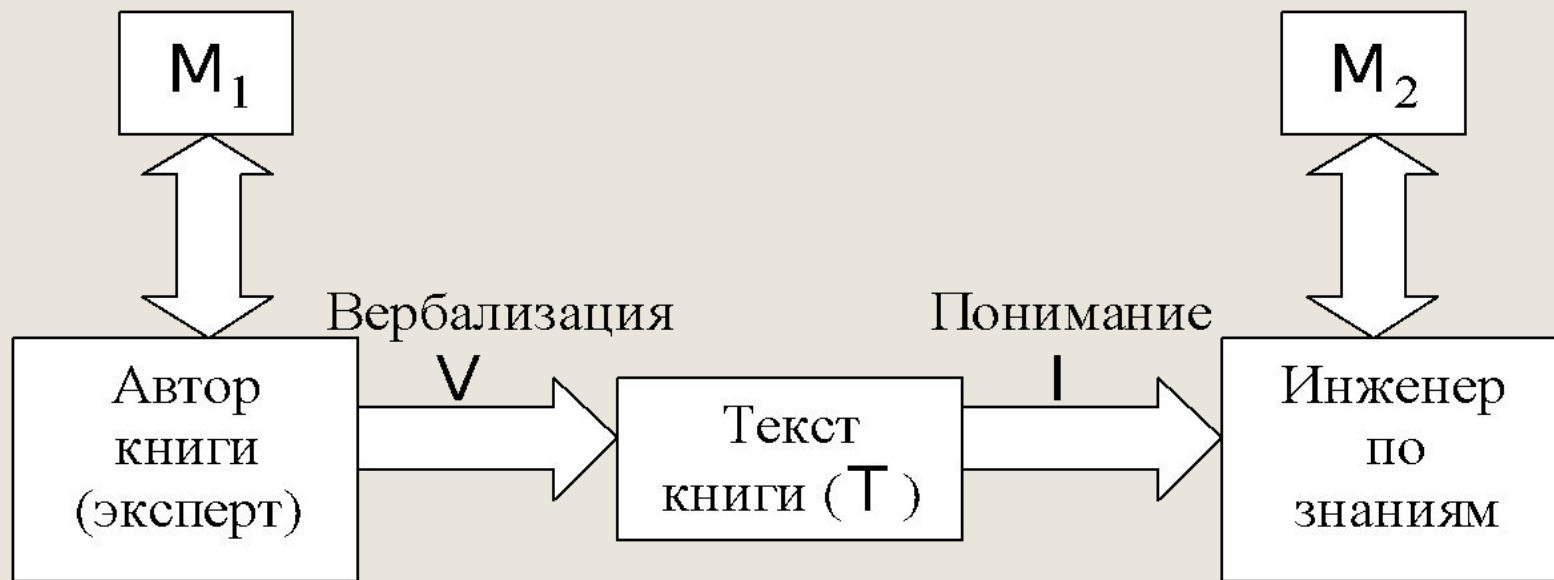
	«Мозговой штурм»	Дискуссия за круглым столом
<b>Достоинства</b>	<p>Позволяет выявлять глубинные пласты знаний (на уровне бессознательного)</p> <p>Активизирует экспертов</p> <p>Позволяет получать новые знания</p>	<p>Позволяет получать более объективные фрагменты знаний</p> <p>Оживляет процедуру извлечения знаний</p> <p>Позволяет участникам обмениваться знаниями</p>
<b>Недостатки</b>	<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!!!