



Алексей Владимирович Востров, Михаил Александрович Курочкин

# Экспертные системы

Слайды видеолекций

*Учебное пособие*

**Санкт-Петербург, 2015**

## Содержание курса

ЛЕКЦИЯ 1. Введение в экспертные системы

ЛЕКЦИЯ 2. Программный инструментарий разработки экспертных систем

ЛЕКЦИЯ 3. Теоретические аспекты инженерии знаний

ЛЕКЦИЯ 4. Представление знаний: принципы и методы

ЛЕКЦИЯ 5. Представление неопределенности знаний и данных

ЛЕКЦИЯ 6. Приобретение знаний

ЛЕКЦИЯ 7. Эвристическая классификация

ЛЕКЦИЯ 8. Методы практического извлечения знаний

ЛЕКЦИЯ 9. Разработка экспертных систем



## ЛЕКЦИЯ 1

# Введение в экспертные системы

# Содержание лекции 1

- Какую программу можно назвать «экспертом»?
- Типовые задачи, решаемые экспертными системами
- Базовые функции экспертных систем
- Разработчики экспертных систем
- Искусственный интеллект
- Исследования в области ИИ

# Какую программу можно назвать «экспертом»?

## Экспертные системы



Обладание знаниями:

наличие сведений, необходимых для решения проблем.

Организация и интеграция знаний:

отдельные сведения должны соотноситься друг с другом и образовывать нечто вроде цепочки, в которой одно звено «тащит» за собой следующее.

Решение проблем:

способность сделать выводы применимо к текущей ситуации на основе имеющихся знаний.

**Экспертная система — это программа для компьютера, которая оперирует со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем.**

# Типовые задачи, решаемые экспертными системами

Извлечение информации из первичных данных

- таких как сигналы, поступающие от гидролокатора.

Диагностика неисправностей

- как в технических системах, так и в человеческом организме.

Структурный анализ сложных объектов

- например, химических соединений.

Выбор конфигурации сложных многокомпонентных систем

- например, распределенных компьютерных систем.

Планирование последовательности выполнения операций, приводящих к заданной цели

- например, выполняемых промышленными роботами.

# Базовые функции экспертных систем

## Функции экспертных систем

Приобретение  
знаний

Представление  
знаний в  
удобной для  
работы форме

Управление  
процессом  
поиска  
решений

# Разработчики экспертных систем

Программист

- Сопровождает, отлаживает и модернизирует систему.
- Нуждается в инструменте, позволяющем заглянуть в "ее нутро" на уровне более высоком, чем вызов отдельных языковых процедур.

Инженер

- Формирует базу знаний на основе знаний эксперта.
- Должен убедиться, что сформулированные им знания применены правильно.

Эксперт

- Источник информации для базы знаний.
- Должен проследить ход рассуждений и способ использования сведений, которые с его слов были введены в базу знаний (оценить корректность применения).

Пользователь

- Работает с программой.
- Нуждается в подтверждении корректности заключения, к которому пришла программа.

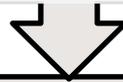
Менеджер  
системы

- Несет ответственность за последствия решения, принятого программой.
- Также нуждается в подтверждении, что эти решения достаточно обоснованы.

# Разработчики экспертных систем

**Эксперт**

Источник информации для базы знаний.



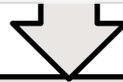
**Инженер**

Формирует базу знаний на основе знаний эксперта.



**Программист**

Сопровождает, отлаживает и модернизирует систему.



**Менеджер системы**

Несет ответственность за последствия решения, принятого программой.



**Пользователь**

Работает с программой.

# Искусственный интеллект

Искусственный интеллект -  
эмуляция мышления человека

Ответвление  
технических наук

Ответвление  
естественных  
наук

Создание  
интеллектуальных  
искусственных существ

Исследование  
процессов обработки  
информации в мозгу  
человека

**"Искусственный интеллект (ИИ) — это область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, т.е. систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, — понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т.д."**

# Исследования в области ИИ



Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 2

# Программный инструментарий разработки экспертных систем

# Содержание лекции 2

- Инструментальные средства разработки экспертных систем
- Основные аспекты извлечения знаний
- Психологический аспект
- Классификация знаний
- Лингвистический аспект
- Гносеологический аспект
- Классификация методов практического извлечения знаний
- Коммуникативные методы
- Текстологические методы

# Инструментальные средства разработки экспертных систем

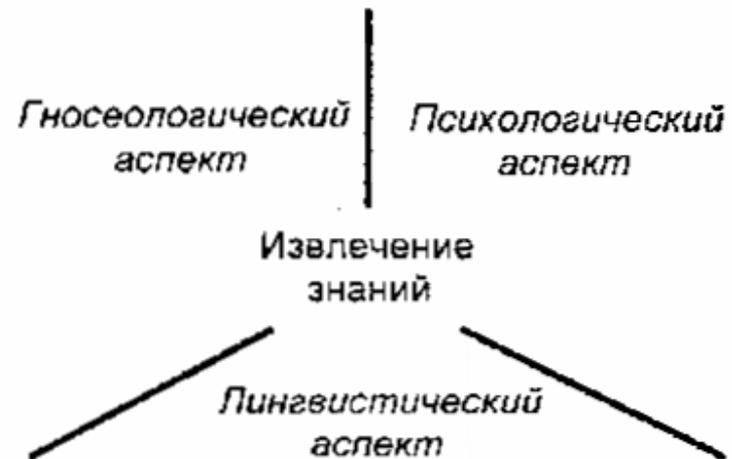
- Оболочки экспертных систем (expert system shells)
- Языки программирования высокого уровня
- Среда программирования, поддерживающая несколько парадигм (multiple- paradigm programming environment)
- Дополнительные модули

# Основные аспекты извлечения знаний

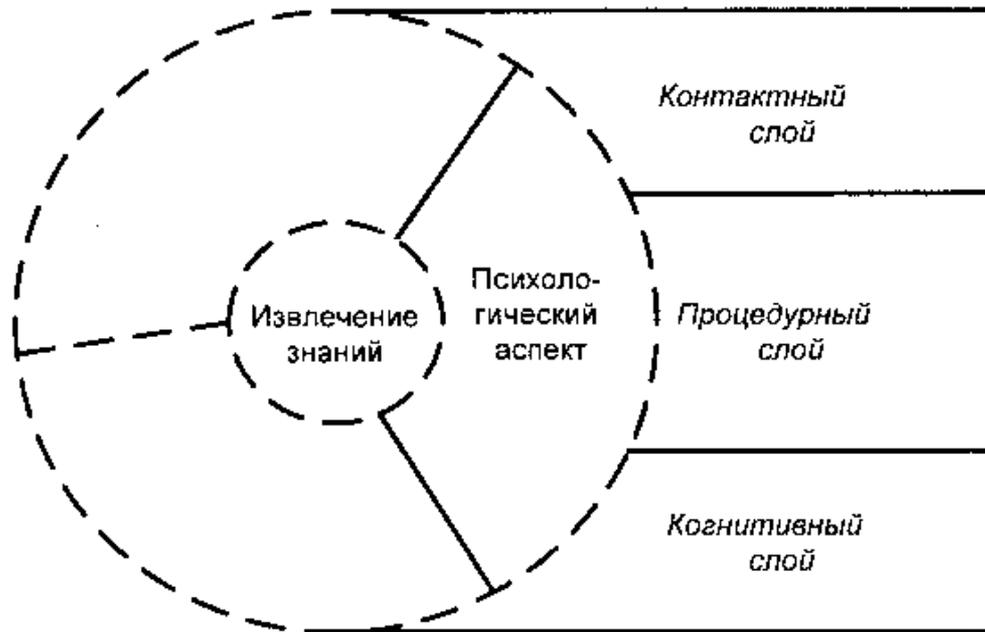
Ключевая проблема основной стратегии получения знаний — непосредственное извлечение знаний "из" памяти эксперта.

Можно выделить три основных аспекта этого процесса:

- психологический;
- лингвистический;
- гносеологический.



# Психологический аспект



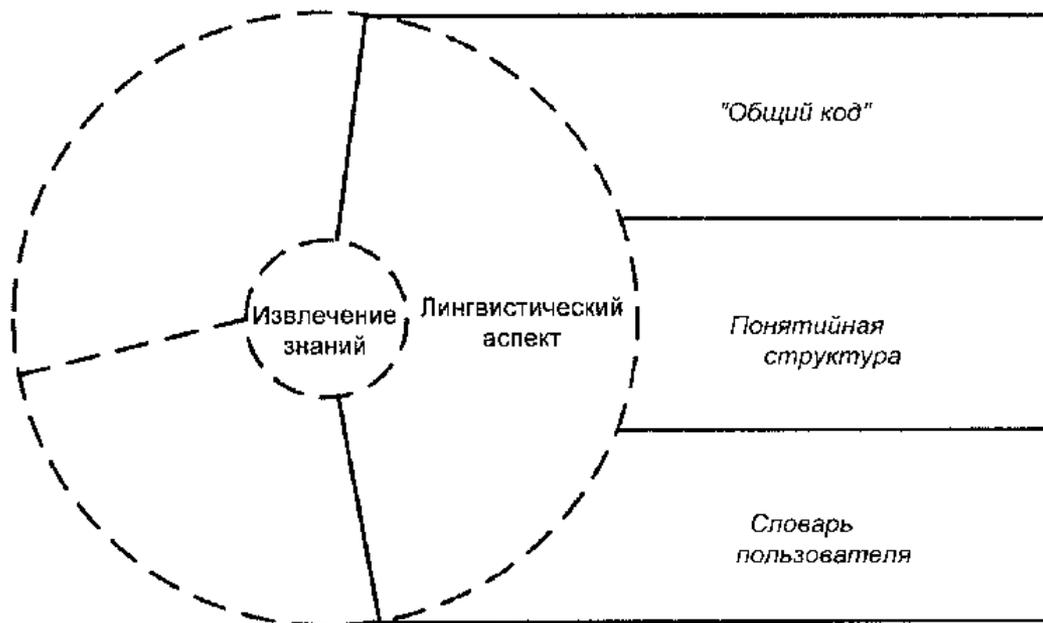
Структура процесса общения

Можно выделить такие структурные компоненты модели общения при извлечении знаний:

- участники общения (партнеры);
- средства общения (процедура);
- предмет общения (знания).

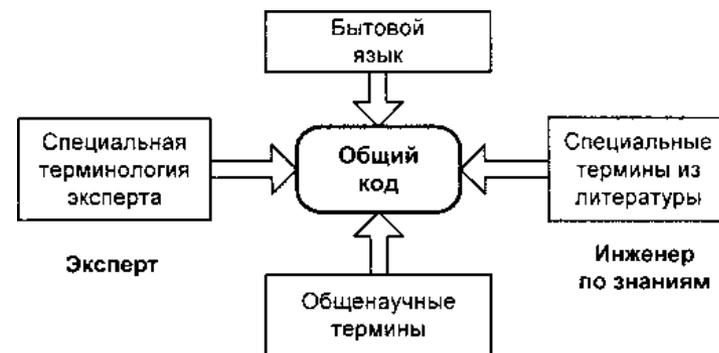


# Лингвистический аспект



Структура общего кода

"Общий код" решает проблему языковых ножниц между профессиональной терминологией эксперта и обыденной литературной речью инженера по знаниям.



# Гносеологический аспект

Системная методология заставляет за частным всегда стремиться увидеть общее, т. е. строить цепочки:

**факт ->**

**обобщенный факт ->**

**эмпирический закон ->**

**теоретический закон**

Такой подход согласуется со структурой самого знания, которое имеет два уровня:

- эмпирический (наблюдения, явления);
- теоретический (законы, абстракции, обобщения).

Основными методологическими критериями стройности выявленной системы знаний можно считать:

- внутреннюю согласованность;
- системность;
- объективность;
- историзм.

# Классификация методов практического извлечения знаний



# Коммуникативные методы

**Коммуникативные методы** извлечения знаний охватывают методы и процедуры контактов инженера по знаниям с непосредственным источником знаний – экспертом.

**Пассивные методы** извлечения знаний включают такие методы, где ведущая роль в процедуре извлечения фактически передается эксперту, а инженер по знаниям только фиксирует рассуждения эксперта во время работы по принятию решений.

**Активные индивидуальные методы** извлечения знаний на сегодняшний день – наиболее распространенные.

К основным активным методам можно отнести:

- анкетирование;
- интервью;
- свободный диалог;
- игры с экспертом.

# Текстологические методы

*Текстологические методы* извлечения знаний включают методы извлечения знаний из документов (методик, пособий, руководств) и специальной литературы (статей, монографий, учебников).

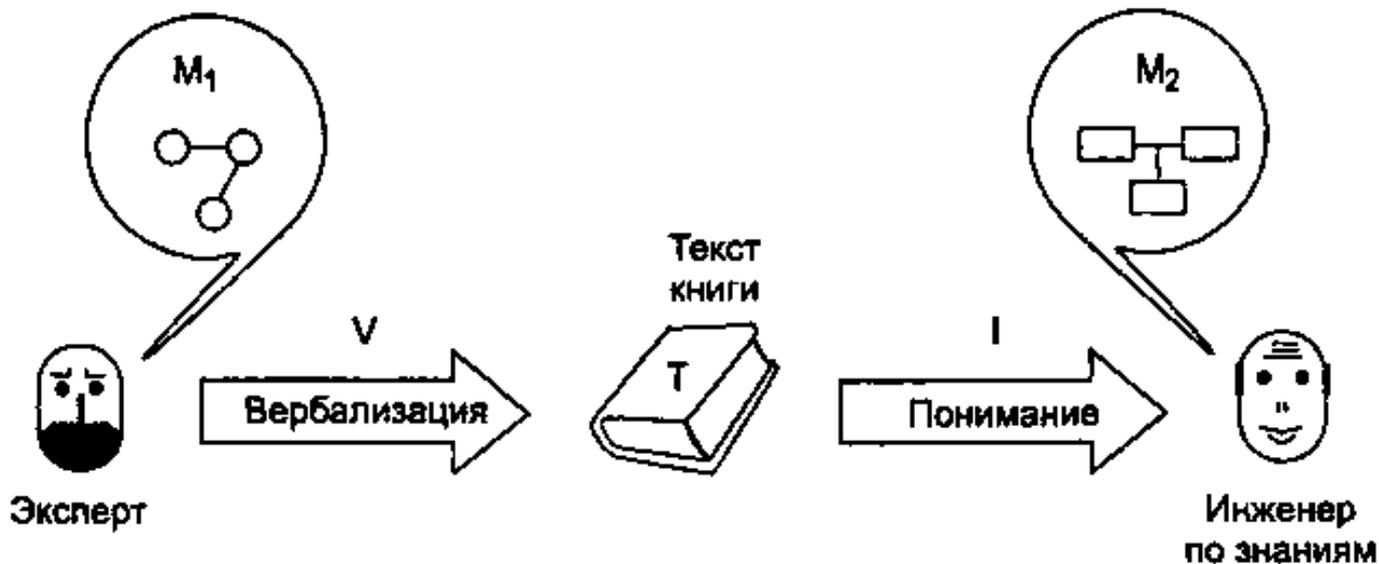


Схема извлечения знаний из специальных текстов

Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 3

# Теоретические аспекты инженерии знаний

# Содержание лекции 3

- Понятие инженерии знаний
- Данные и знания
- Классификация знаний
- Пирамида знаний
- Вывод на знаниях
- Стратегии управления выводом

# Понятие инженерии знаний

**Данные** — это информация, полученная в результате наблюдений или измерений отдельных свойств (атрибутов), характеризующих объекты, процессы и явления предметной области.

**Знания** — это связи и закономерности предметной области (принципы, модели, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющего специалистам ставить и решать задачи в данной области.

**Инженерия знаний** — направление исследований и разработок в области ин-теллектуальных систем, ставящее целью разработку моделей, методов и систем для получения, структурирования и формализации знаний специалистов с целью проектирования баз знаний.

# Данные и знания

Данные

Знания

При обработке на ЭВМ трансформируются, условно проходя следующие этапы:

D1 — данные как результат измерений и наблюдений;

D2 — данные на материальных носителях информации (таблицы, протоколы, справочники);

D3 — модели (структуры) данных в виде диаграмм, графиков, функций;

D4 — данные в компьютере на языке описания данных;

D5 — базы данных на машинных носителях информации.

Z1 — знания в памяти человека как результат мышления;

Z2 — материальные носители знаний (учебники, методические пособия);

Z3 — *поле знаний* — условное описание основных объектов предметной области, их атрибутов и закономерностей, их связывающих;

Z4 — знания, описанные на языках представления знаний (продукционные языки, семантические сети, фреймы — см. далее);

Z5 — **база знаний на машинных носителях информации.**

# Классификация знаний

## Способы определения понятия (знаний)

*Интенсионал*

Определение его через соотнесение с понятием более высокого уровня абстракции с указанием специфических свойств

Пример: «Персональный компьютер **это** дружественная ЭВМ, которую можно поставить на стол и купить менее чем за **\$2000-3000**»

*Экстенсионал*

Определение через соотнесение с понятиями более низкого уровня абстракции или перечисление фактов, относящихся к определяемому объекту

Пример: «Персональный компьютер — это Mac, IBM PC, Sinkler...»

## Классификация знаний

Поверхностные

знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области.

Пример: «Если нажать на кнопку звонка, раздастся звук».

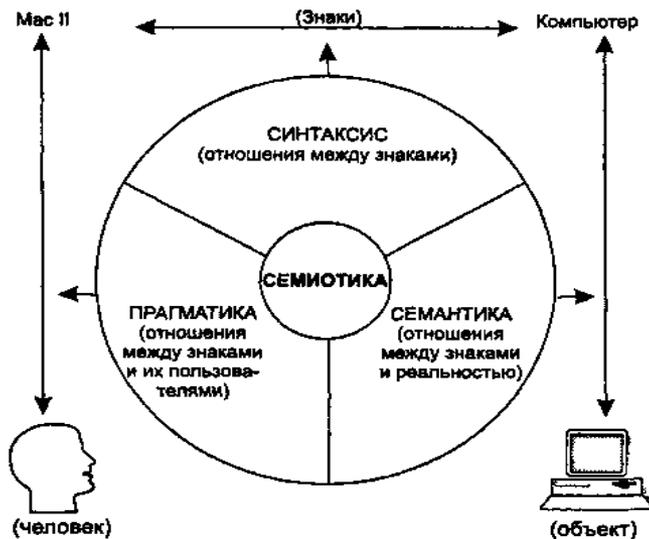
Глубинные

абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и природу процессов, протекающих в предметной области.

Пример: «Принципиальная электрическая схема звонка и проводки».

# Пирамида знаний

**Поле знаний** - это условное неформальное описание основных понятий и взаимосвязей между понятиями предметной области, выявленных из системы знаний эксперта, в виде графа, диаграммы, таблицы или текста.

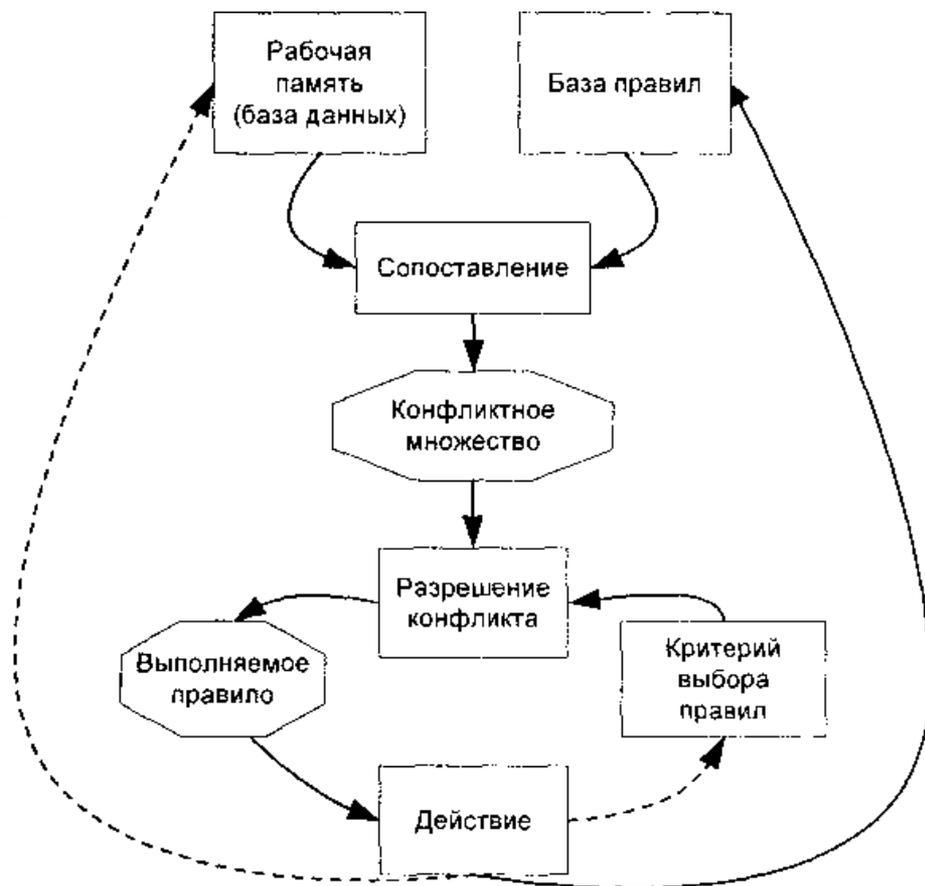


Структура семиотики



Пирамида Ньюэлла

# Вывод на знаниях



**Машина вывода (интерпретатор правил)** — это программа, имитирующая логический вывод эксперта, пользующегося данной продукционной базой знаний для интерпретации поступивших в систему данных.

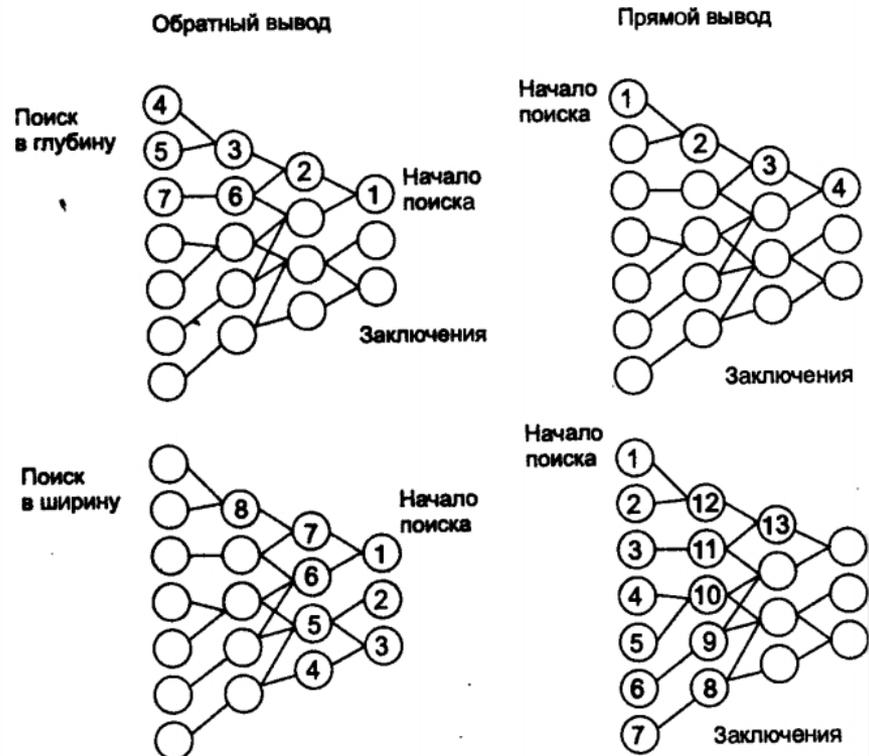
# Стратегии управления выводом

При разработке стратегии управления выводом важно определить:

Какую точку в пространстве состояний принять в качестве исходной? (в прямом или обратном направлении)

Какими методами можно повысить эффективность поиска решения? (в глубину, в ширину, по подзадачам или иначе)

## Прямой и обратный вывод



Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 4

# Представление знаний: принципы и методы

# Содержание лекции 4

- Критерии представлений знаний в системе
- Представление знаний
- Продукционная модель
- Семантические сети
- Фреймы
- Формальные логические модели

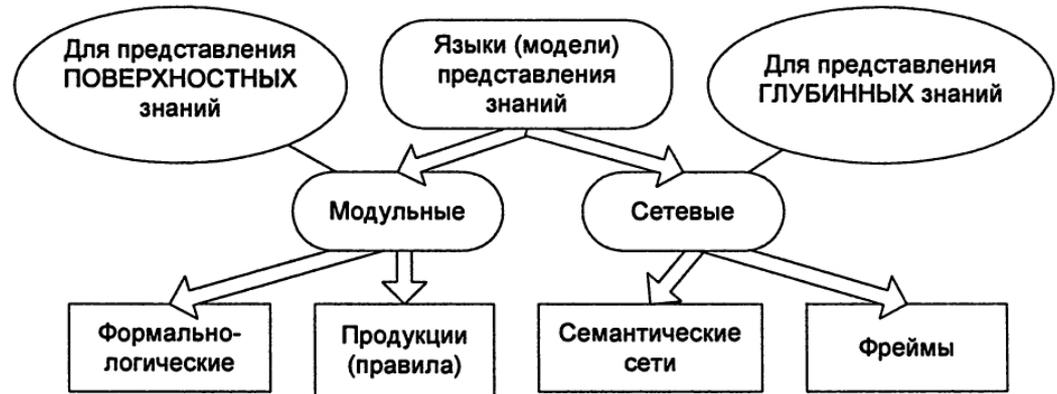
# Критерии представлений знаний в системе

Основная часть представления знаний состоит в том, что представление должно стандартизировать семантическое разнообразие человеческого языка.



# Представление знаний

## Модели представления знаний



## Понятия:

продукционные модели

Или модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде предложений типа «**Если** (условие), **то** (действие)».

семантические сети

Это ориентированный граф, вершины которого — понятия, а дуги — отношения между ними.

фреймы

Это абстрактный образ для представления некоего стереотипа восприятия.

формальные логические модели

Традиционно в представлении знаний выделяют *формальные логические модели, основанные на классическом исчислении предикатов 1-го порядка*, когда предметная область или задача описывается в виде набора аксиом.

# Продукционная модель

«Условие» (**антецедент**) - некоторое предложение-образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний

«Действие» (**консеквент**) — действия, выполняемые при успешном исходе поиска (они могут быть промежуточными, выступающими далее как условия и терминальными или целевыми, завершающими работу системы).

Продукционная модель чаще всего применяется в промышленных экспертных системах.

Пример: Есть фрагмент базы знаний из двух правил: П1: Если (отдых – летом) и (человек – активный) то (ехать в горы)

П2: Если (любит – солнце) то (отдых – летом)

Предположим, в систему поступили данные — (человек – активный) и (любит – солнце).

*Прямой вывод* — исходя из данных, получить ответ.

*1-й проход.* Шаг 1. Пробуем П1, не работает (не хватает данных (отдых–летом)).

Шаг 2. Пробуем П2, работает, в базу поступает факт (отдых–летом).

*2-й проход.* Шаг 3. Пробуем П1, работает, активируется цель (ехать в горы), которая и выступает как вывод.

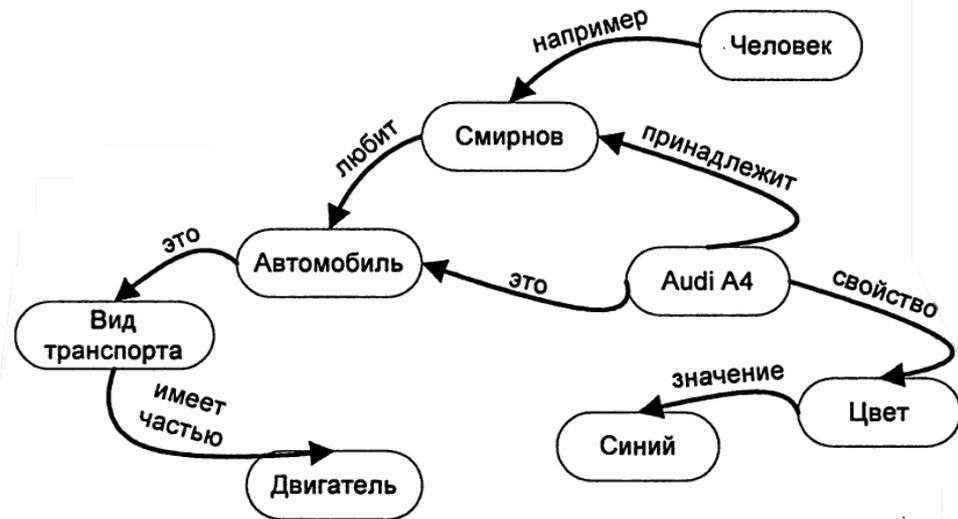


# Семантические сети

Характерной особенностью семантических сетей является обязательное наличие трех типов отношений:

- **класс** — элемент класса (цветок — роза);
- **свойство** — значение (цвет — желтый);
- **пример** элемента класса (роза — чайная).

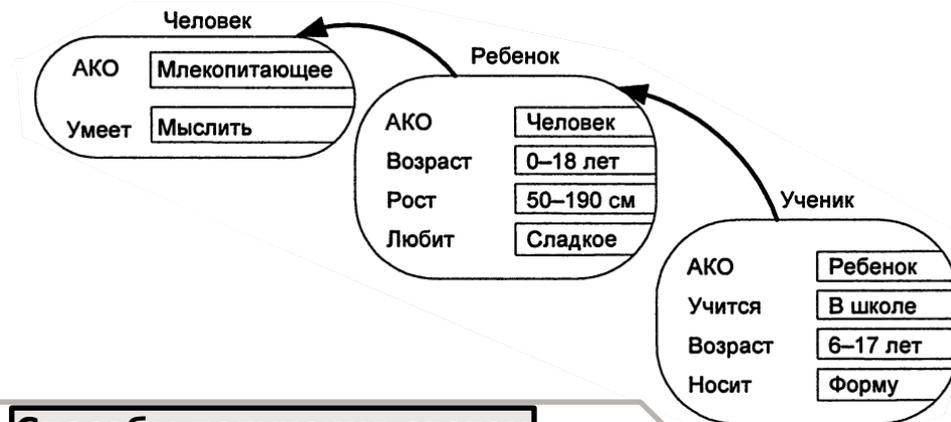
Пример семантической сети.



# Фреймы

Пример фрейма.

|                |   |
|----------------|---|
| Модели фреймов | фреймы-структуры (заем, залог);                                   |
|                | фреймы-роли (менеджер, кассир, клиент);                           |
|                | фреймы-сценарии (банкротство, собрание акционеров);               |
|                | фреймы-ситуации (тревога, авария, рабочий режим устройства) и др. |



## Структура фрейма:

| Имя фрейма |                |                           |                          |
|------------|----------------|---------------------------|--------------------------|
| Имя слота  | Значение слота | Способ получения значения | Присоединенная процедура |
|            |                |                           |                          |
|            |                |                           |                          |
|            |                |                           |                          |



# Формальные логические модели

Пример.

1) высказывание:  $a > b$  представляется термом  $p(a, b)$  (двуместный предикат), где  $p$  – предикатный символ, заменяющий знак “>”;

2) высказывание “аппаратная  $ax$  – исправна” представляется  $Q(x)$ ;

3) теорема Пифагора может быть представлена термом:  
 $P_1[P_2(P_3(x), P_3(y)), P_3(z)]$

Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 5

# Представление неопределенности знаний и данных

# Содержание лекции 5

- Источники неопределенности
- Нечеткие знания
- Основы теории нечетких множеств
- Пример нечетких знаний
- Операции с нечеткими знаниями
- Пути разрешения конфликтов

# Источники неопределенности

- недостаточно полное знание предметной области
- недостаточная информация о конкретной ситуации.

Теория предметной области (т.е. наши знания об этой области) может быть неясной или неполной: в ней могут использоваться недостаточно четко сформулированные концепции или недостаточно изученные явления.

Неопределенность знаний приводит к тому, что правила влияния даже в простых случаях не всегда дают корректные результаты.

# Нечеткие знания



- **Лингвистическая переменная (ЛП)** — это переменная, значение которой определяется набором вербальных (то есть словесных) характеристик некоторого свойства.

# Основы теории нечетких множеств



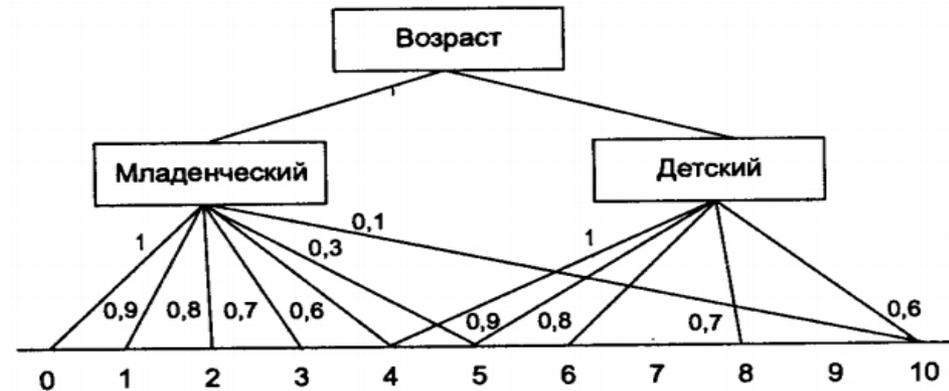
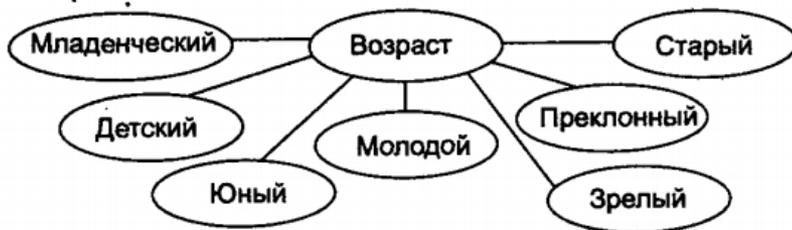
- Нечеткое множество определяется через некоторую базовую шкалу  $V$  и функцию принадлежности НМ —  $\mu(x)$ ,  $x \in V, \mu \in [0...1]$ . Таким образом, нечеткое множество  $V$  — это совокупность пар вида  $(x, \mu(x))$ , где  $x \in V$ .

$$V = \{ \langle x_i, \mu(x_i) \rangle \mid x_i \in V, \mu(x_i) \in [0, 1] \}$$
, где  $x_i$  —  $i$ -е значение базовой шкалы.

- Функция принадлежности определяет субъективную степень уверенности эксперта в том, что данное конкретное значение базовой шкалы соответствует определяемому НМ.
- Эту функцию не стоит путать с вероятностью.

# Пример нечетких знаний

Для ЛП «возраст» базовая шкала — это числовая шкала  $[0,120]$ , обозначающая количество прожитых лет.



Лингвистическая переменная «возраст» и нечеткие множества, определяющие ее значения

Формирование нечетких множеств

# Операции с нечеткими знаниями

Опера-ция «ИЛИ» :

- $\mu(x) = \max(\mu_1(x), \mu_2(x))$  (логика Заде)
- или так:  $\mu(x) = \mu_1(x) + \mu_2(x) - \mu_1(x) * \mu_2(x)$  (вероятностный подход).

Усиление или ослабление лингвистических понятий достигается введением спе-циальных квантификаторов.

$$\text{con}(A) = A \uparrow 2 = \sum_{i=1}^n \mu(x \downarrow i) \uparrow 2$$

# Пути разрешения конфликтов

## Разнообразиие

- Не применять к одним и тем же данным одни и те же правила подряд.

## Новизна

- Чем «старее» правило, тем меньше его приоритет.

## Специфика

- Более специфичные правила имеют больший приоритет.

Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 6

# Приобретение знаний

# Содержание лекции 6

- Стадии приобретения знаний
- Онтологический анализ
- Понятие онтологии
- Формальная модель онтологии
- Формальная модель онтологической системы
- Онтологическая система

# Стадии приобретения знаний

- **Идентификация.** Анализируется класс проблем, которые предполагается решать с помощью проектируемой системы, включая данные, которыми нужно оперировать, и критерии оценки качества решений. Определяются ресурсы, доступные при разработке проекта, — источники экспертных знаний, трудоемкость, ограничения по времени, стоимости и вычислительным ресурсам.
- **Концептуализация.** Формулируются базовые концепции и отношения между ними. Сюда же входят и характеристика различных видов используемых данных, анализ информационных потоков и лежащих в их основе структур в предметной области в терминах причинно-следственных связей, отношений частное/целое, постоянное/временное и т.п.
- **Формализация.** Предпринимается попытка представить структуру пространства состояний и характер методов поиска в нем. Выполняется оценка полноты и степени достоверности (неопределенности) информации и других ограничений, накладываемых на логическую интерпретацию данных, таких как зависимость от времени, надежность и полнота различных источников информации.
- **Реализация.** Преобразование формализованных знаний в работающую программу, причем на первый план выходит спецификация методов организации управления процессом и уточнение деталей организации информационных потоков. Правила преобразуются в форму, пригодную для выполнения программой в выбранном режиме управления. Принимаются решения об используемых структурах данных и разбиении программы на ряд более или менее независимых модулей.
- **Тестирование.** Проверка работы созданного варианта системы на большом числе репрезентативных задач. В процессе тестирования анализируются возможные источники ошибок в поведении системы. Чаще всего таким источником является имеющийся в системе набор правил. Оказывается, что в нем не хватает каких-то правил, другие не совсем корректны, а между некоторыми обнаруживается противоречие.

# Онтологический анализ

## Статическая онтология

в нее входят сущности предметной области, их свойства и отношения;

## Динамическая онтология

определяет состояния, возникающие в процессе решения проблемы, и способ преобразования одних состояний в другие;

## Эпистемическая онтология

описывает знания, управляющие процессом перехода из одного состояния в другое.

*Онтологический анализ предполагает, что решаемая проблема может быть сведена к проблеме поиска, но при этом не рассматривается, каким именно способом нужно выполнять поиск.*

# Текстологические методы

*Текстологические методы* извлечения знаний включают методы извлечения знаний из документов (методик, пособий, руководств) и специальной литературы (статей, монографий, учебников).

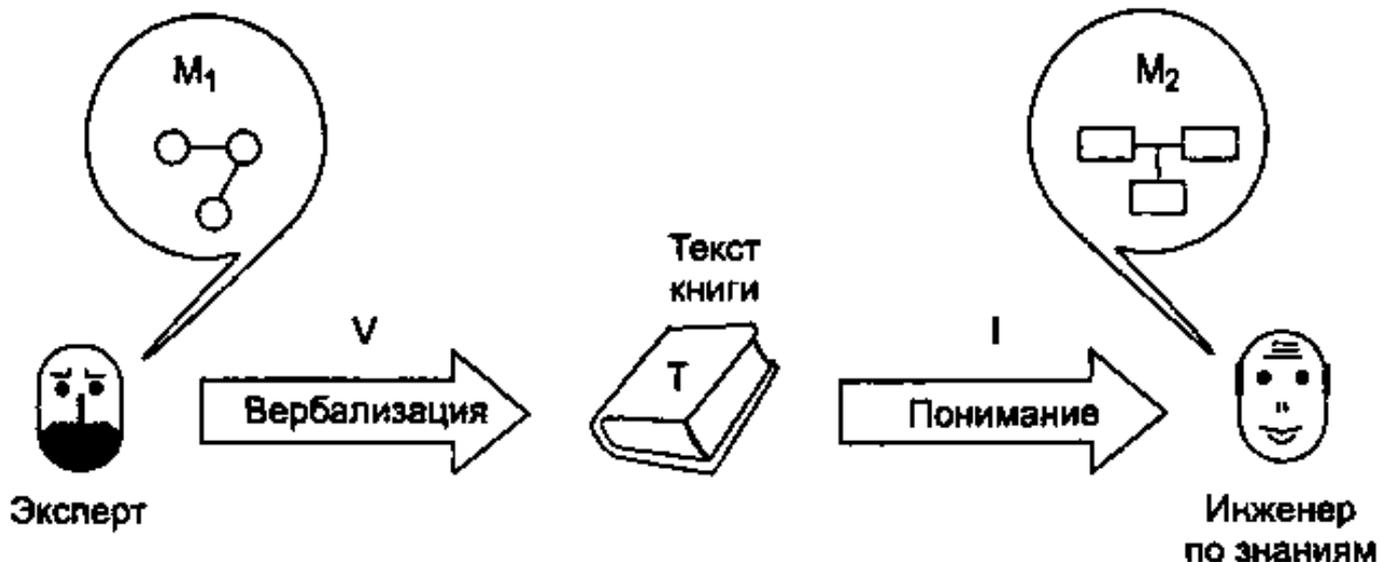


Схема извлечения знаний из специальных текстов

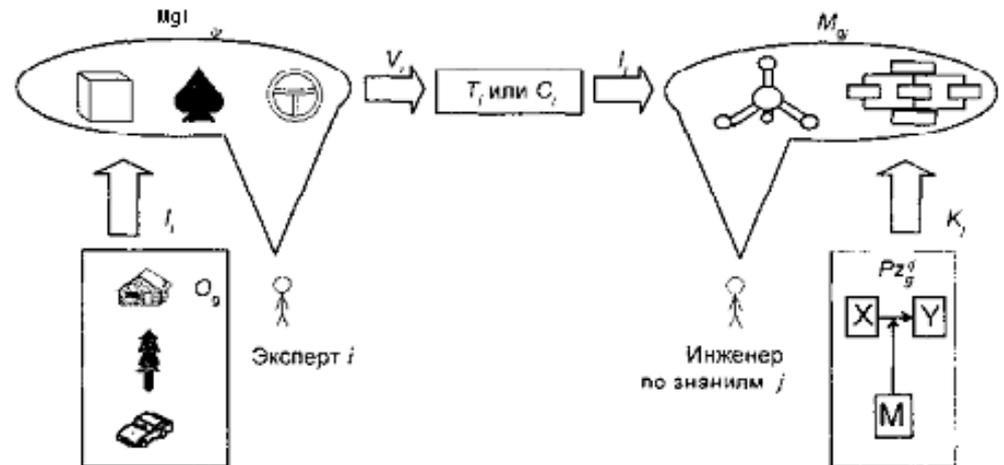
# Понятие онтологии

**Онтологией** называется эксплицитная спецификация концептуализации. Формально онтология состоит из терминов, организованных в таксономию, их определений и атрибутов, а также связанных с ними аксиом и правил вывода.

**Онтология** предметной области включает упорядоченные понятия предметной области (ПО)  $A$  и моделирует основные функциональные связи  $R_A$  или отношения между понятиями, образующими  $Sk$ .

Помимо онтологии понимание задачи отражает модель или стратегия принятия решения  $Sf$  в выбранной ПО.

Схема, отображающая отношения между реальной действительностью и полем знаний:



# Формальная модель онтологии

Под *формальной моделью онтологии*  $O$  будем понимать упорядоченную тройку вида:

$$O = \langle X, \mathfrak{R}, \Phi \rangle,$$

где

$X$  - конечное множество концептов (понятий, терминов) предметной области, которую представляет онтология  $O$ ;

$\mathfrak{R}$  - конечное множество отношений между концептами (понятиями, терминами) заданной предметной области;

$\Phi$  - конечное множество функций интерпретации (аксиоматизация), заданных на концептах и/или отношениях онтологии  $O$ .

Под *таксономической структурой* будем понимать иерархическую систему понятий, связанных между собой отношением  $is\_a$  («быть элементом класса»).

# Формальная модель онтологической системы

Под *формальной моделью онтологической системы*  $\sum^o$  будем понимать триплет вида:

$$\sum^o = \langle O^{meta}, \{O^{d\&t}\}, E^{inf} \rangle,$$

Где  $O^{meta}$  — онтология верхнего уровня (метаонтология);

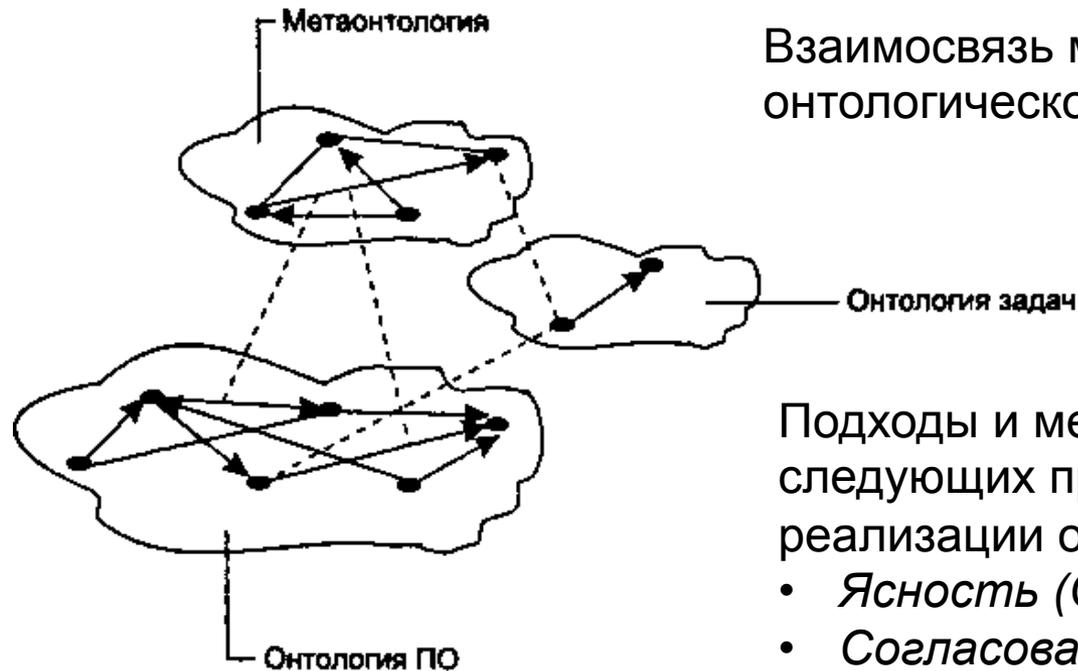
$\{O^{d\&t}\}$  — множество предметных онтологий и онтологий задач предметной области;

$E^{inf}$  — модель машины вывода, ассоциированной с онтологической системой  $\sum^o$ .

В модели  $\sum^o$  имеются три онтологические компоненты:

- метаонтология;
- предметная онтология;
- онтология задач.

# Онтологическая система



Взаимосвязь между онтологиями онтологической системы

Подходы и методологии базируются на следующих принципах проектирования и реализации онтологий:

- *Ясность (Clarity)*
- *Согласованность (Coherence)*
- *Расширяемость (Extendibility)*
- *Минимум влияния кодирования (Minimal encoding bias)*
- *Минимум онтологических обязательств (Minimal ontological commitment)*

Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 7

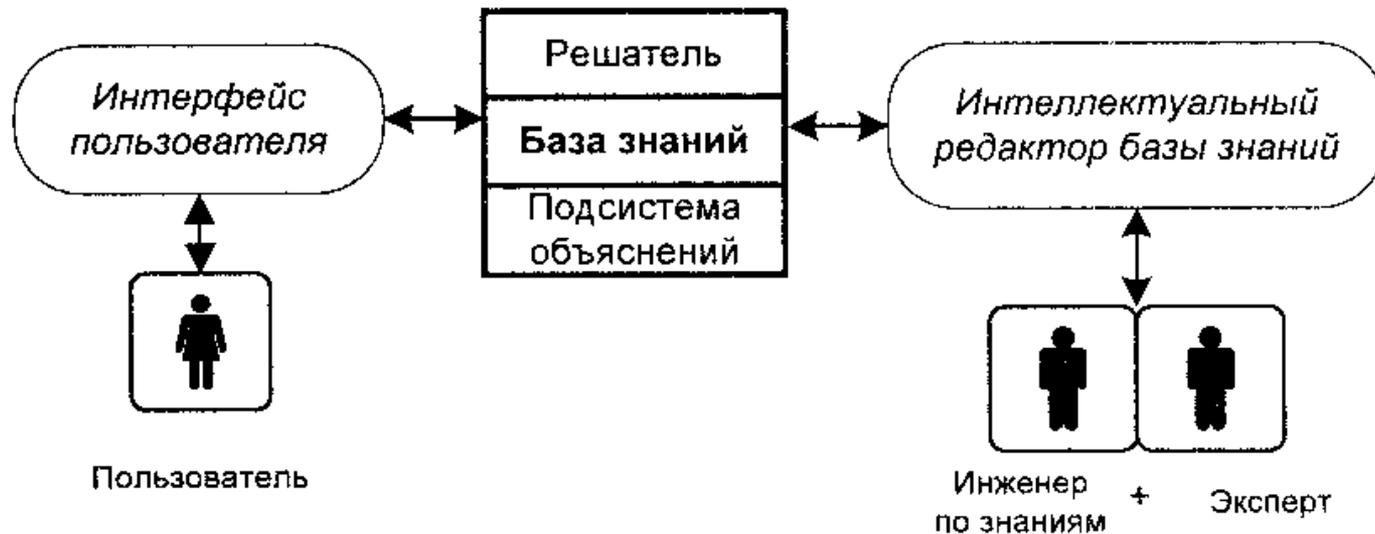
# Эвристическая классификация

# Содержание лекции 7

- Структура системы, основанной на знаниях
- Терминология
- Эвристическое сопоставление
- Структура взаимодействия
- Может ли система, основанная на знаниях, решать проблемы?
- Понижение уровня сложности

# Структура экспертной системы

Обобщенная структура системы, основанной на знаниях представлена на рисунке. Следует учесть, что реальные системы могут иметь более сложную структуру, однако блоки, изображенные на рисунке, непременно присутствуют в любой подобной системе, поскольку де-факто представляют собой стандарт современной структуры.



# Терминология

Так как терминология в области разработки систем, основанных на знаниях постоянно модифицируется, определим основные термины в рамках данных лекций:

*Пользователь* — специалист предметной области, для которого предназначена система. Обычно его квалификация недостаточно высока и поэтому он нуждается в помощи и поддержке своей деятельности со стороны системы.

*Инженер по знаниям* — специалист в области искусственного интеллекта, выступающий в роли промежуточного буфера между экспертом и базой знаний. Синонимы: *когнитолог, инженер-интерпретатор, аналитик.*

*Интерфейс пользователя* — комплекс программ, реализующих диалог пользователя с системой как на стадии ввода информации, так и при получении результатов.

*База знаний (БЗ)* — ядро системы, совокупность знаний предметной области, записанная на машинный носитель в форме, понятной эксперту и пользователю (обычно на некотором языке, приближенном к естественному).

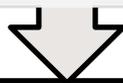
# Эвристическое сопоставление



# Структура взаимодействия

**Эксперт**

Источник информации для базы знаний.



**Инженер**

Формирует базу знаний на основе знаний эксперта.



**Программист**

Сопровождает, отлаживает и модернизирует систему.



**Менеджер системы**

Несет ответственность за последствия решения, принятого программой.



**Пользователь**

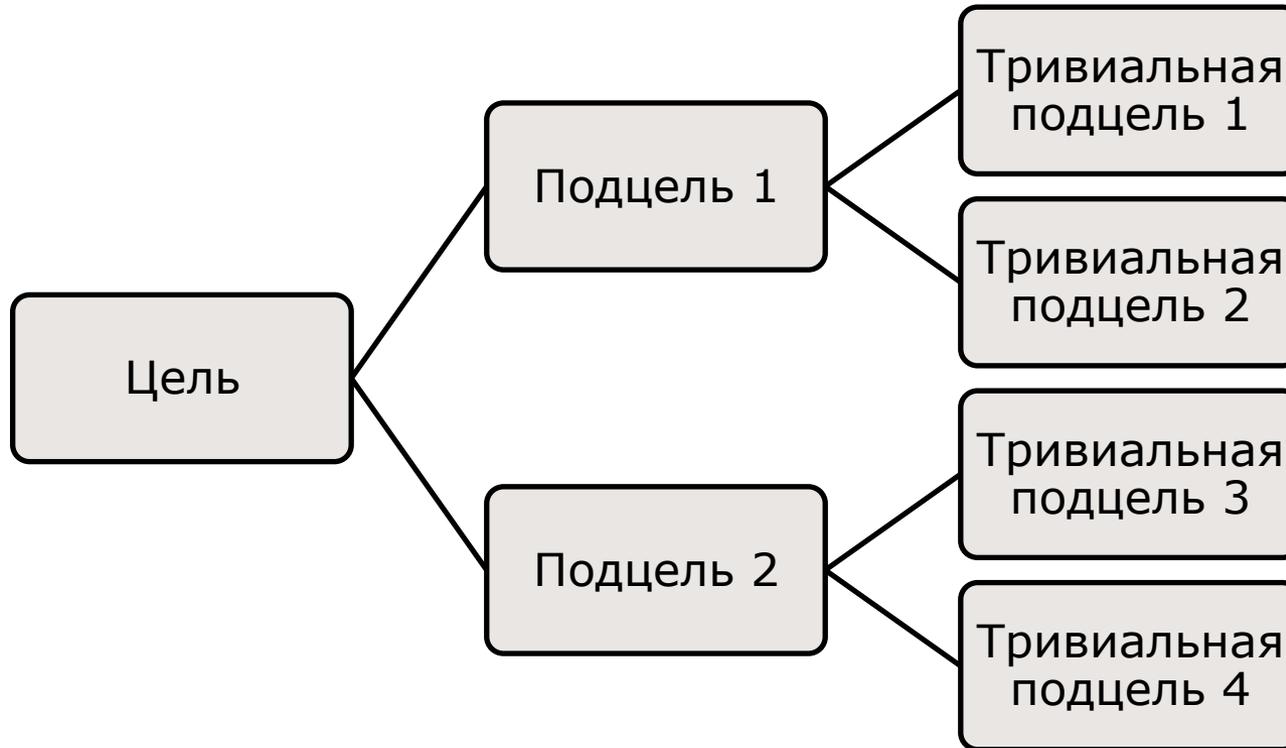
Работает с программой.

# Может ли система, основанная на знаниях, решать проблемы?



Ответ уклончивый:  
"Смотря какие".

# Понижение уровня сложности



**Производится обратная трассировка проблемы — "отталкиваясь" от цели, выясняем, какие предварительные условия требуется удовлетворить для ее достижения, и формулируем более простые подцели. Этот процесс рекурсивно продолжается до тех пор, пока не будут сформулированы тривиальные подцели, достижимые с помощью простейших операций.**

Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 8

# Методы практического извлечения знаний

# Содержание лекции 8

- Классификация методов практического извлечения знаний
- Экспертные системы
- Выбор подходящей проблемы
- Разработка прототипа
- Развитие прототипа до промышленной системы
- Оценка системы
- Стыковка и поддержка системы

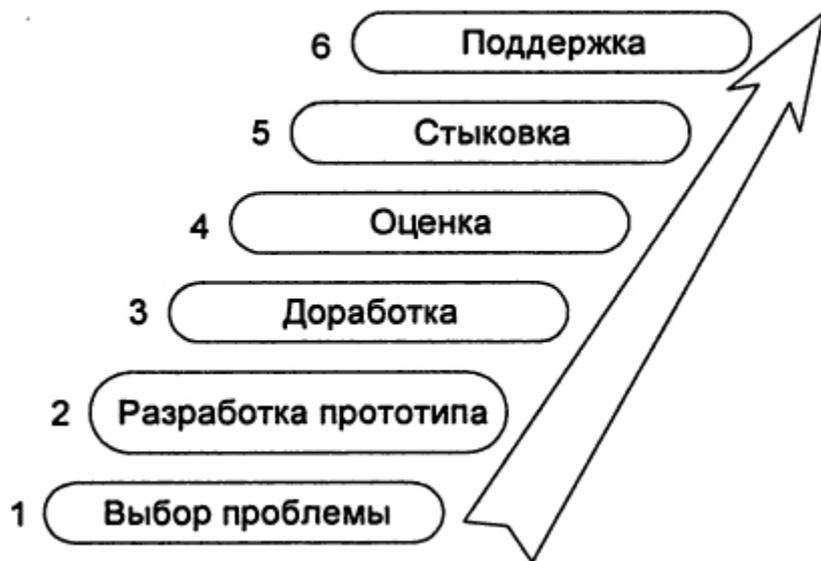
# Классификация методов практического извлечения знаний



# Экспертные системы

Этап, предшествующий разработке конкретной системы, основанной на знаниях. 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 прибылей от разработки;
- подготовку подробного плана разработки.



# Выбор подходящей проблемы



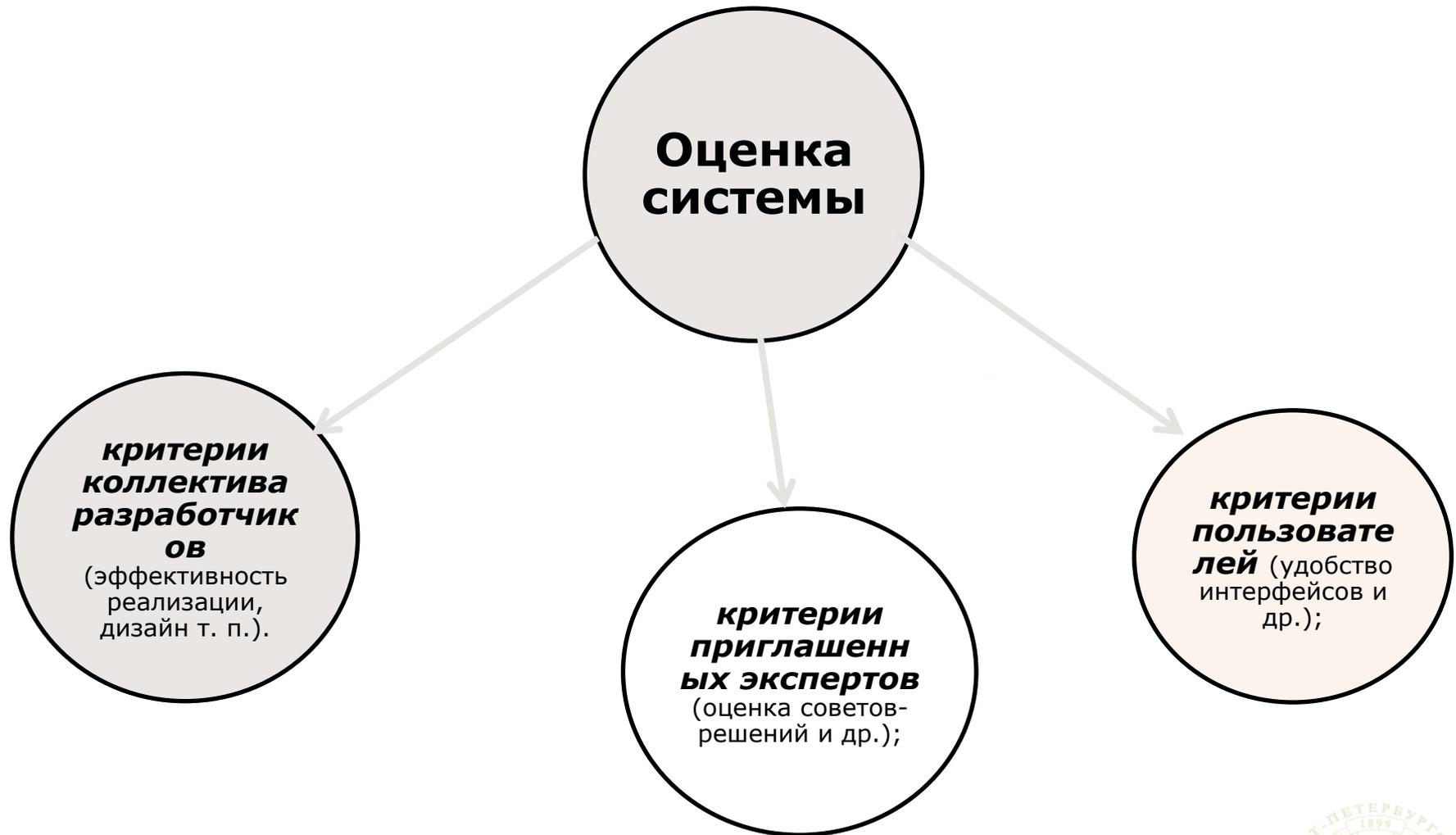
# Разработка прототипа



# Развитие прототипа до промышленной системы

| Этапы развития прототипа      | Функциональность прототипа   |
|-------------------------------|--|
| Демонстрационный прототип ЭС  | Система <b>решает часть задач, демонстрируя жизнеспособность подхода</b> (несколько десятков правил или понятий)   |
| Исследовательский прототип ЭС | Система <b>решает большинство задач</b> , но неустойчива в работе и не полностью проверена (несколько сотен правил или понятий)  |
| Действующий прототип ЭС       | Система <b>надежно</b> решает все задачи на реальных примерах, но для сложной задачи требует много времени и памяти  |
| Промышленная система          | Система <b>обеспечивает высокое качество решений при минимизации</b> требуемого <b>времени и памяти</b> ; переписывается с использованием более эффективных средств представления знаний |
| Коммерческая система          | Промышленная система, пригодная к продаже, <b>хорошо документирована и снабжена сервисом</b>   |

# Оценка системы



# Стыковка и поддержка системы

## Стыковка системы

Это разработка связей между экспертной системой и средой, в которой она действует.

Стыковка происходит с другими программными средствами в рабочей среде и обучение пользователей.

## Поддержка системы

Перекодирование системы на язык, подобный Си 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 ее инструментальной среде разработки.

Спасибо за внимание



## ЛЕКЦИЯ 9

# Разработка экспертных систем

# Содержание лекции 9

- Классификация задач экспертных систем
- Классификация по решаемой задаче
- Классификация по связи с реальным временем
- Классификация по типу ЭВМ
- Этапы разработки экспертной системы

# Классификация задач экспертных систем



# Классификация по решаемой задаче

## Классификация по решаемой задаче

**Интерпретация данных.** Это процесс определения смысла данных, результаты которого должны быть согласованными и корректными.  
*Например, обнаружение и идентификация различных типов океанских судов по результатам аэрокосмического сканирования — S1AP и др.*

**Диагностика.** Это процесс соотнесения объекта с некоторым классом объектов и/или обнаружение неисправности в некоторой системе. Важной спецификой является необходимость понимания функциональной структуры ("анатомии") диагностирующей системы.

*Например: диагностика ошибок в аппаратуре и математическом обеспечении ЭВМ — система CRIB и др.*

## Задачи анализа

**Поддержка принятия решений.** Это совокупность процедур, обеспечивающая принимающего решения индивидуума необходимой информацией и рекомендациями, облегчающими процесс принятия решения.

*Например: помощь в выборе страховой компании или инвестора — CHOICE и др.*

# Классификация по решаемой задаче

## Классификация по решаемой задаче

**Проектирование.** Состоит в подготовке спецификаций на создание "объектов" с заранее определенными свойствами. Основные проблемы — получение четкого структурного описания знаний об объекте и проблема "следа".

*Например: синтез электрических цепей — SYN и др.*

**Планирование.** Это нахождение планов действий, относящихся к объектам, способным выполнять некоторые функции.

*Например: планирование эксперимента — MOLGEN и др.*

## Задачи синтеза

**Управление.** Это функция организованной системы, поддерживающая определенный режим деятельности.

*Например: управление системой календарного планирования Project Assistant и др.*

**Мониторинг.** Основная задача - непрерывная интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы. Главные проблемы — "пропуск" тревожной ситуации и инверсная задача "ложного" срабатывания.

*Например: контроль условий хранения химических веществ — EMI COM и др.*

**Обучение.** Это использование компьютера для обучения какой-то дисциплине или предмету.

*Например: система PROUST — обучение языку Паскаль и др.*

## Комбинированные задачи

**Прогнозирование.** Позволяет предсказывать последствия некоторых событий или явлений на основании анализа имеющихся данных. Прогнозирующие системы логически выводят вероятные следствия из заданных ситуаций.

*Например: прогнозы в экономике — ECON и др.*

# Классификация по связи с реальным временем

## Классификация по связи с реальным временем

**Динамические ЭС** работают в сопряжении с датчиками объектов в режиме реального времени с непрерывной интерпретацией поступающих в систему данных.

*Пример: мониторинг в реанимационных палатах*



**Квазидинамические ЭС** интерпретируют ситуацию, которая меняется с некоторым фиксированным интервалом времени.

*Пример: микробиологические ЭС, в которых снимаются лабораторные измерения с технологического процесса один раз в 4 — 5 часов и анализируется динамика полученных показателей по отношению к предыдущему измерению.*



**Статические ЭС** разрабатываются в предметных областях, в которых база знаний и интерпретируемые данные не меняются во времени. Они стабильны.

*Пример: диагностика неисправностей в автомобилях*



# Классификация по типу ЭВМ

## Классификация по типу ЭВМ

ЭС для уникальных стратегически важных задач на суперЭВМ (  и др.);

ЭС на ЭВМ средней производительности (mainframe);

ЭС на символьных процессорах и рабочих станциях ( ,  );

ЭС на персональных компьютерах ( ,  ).

## Классификация по степени интеграции с другими программами

**Автономные ЭС** работают непосредственно в режиме консультаций с пользователем для специфически "экспертных" задач, для решения которых не требуется привлекать традиционные методы обработки данных (расчеты, моделирование и т. д.).

**Гибридные ЭС** представляют программный комплекс, агрегирующий стандартные пакеты прикладных программ и средства манипулирования знаниями

# Этапы разработки экспертной системы

Этап, предшествующий разработке конкретной системы, основанной на знаниях. 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 прибылей от разработки;
- подготовку подробного плана разработки.



Спасибо за внимание