

Ин. яз. им. М. Тореза

# **Новые информационные технологии в лингвистике**

*Харламов  
Александр Александрович*

# **Новые информационные технологии в лингвистике**

*Лекция № 2. Представление знаний*

## Знания

В настоящее время нет общепризнанного формального определения понятия **Знание**. Воспользуемся переходом от данных к знаниям чтобы попытаться понять, что такое **Знание**.

Знания обладают рядом **специфических признаков**, позволяющих отличать понятия «Знание» и «База знаний» от понятий «Данные» и «База данных».

Несомненно, что данные – составная часть знаний.

# ***Представление знаний***

## **Свойства знаний**

- внутренняя интерпретируемость (система имен)
- рекурсивная структурированность
- связность (взаимосвязь единиц)
- представление в виде семантических пространств с метрикой (расстояние между ними)
- активность (первичность процедур)
- функциональная целостность (комплексность, время, средства получения, средства анализа достаточности полученного результата)

Первые два признака, являются справедливыми и для традиционно организованных структур данных

## **Внутренняя интерпретируемость**

Предусматривает возможность установки для элемента знаний (и данных) связанной с ним **системы имен**

В том числе:

- **индивидуальное** имя присваивается информационной единице

- **последовательность** имен присваивается множествам (классам), в которые она входит

Наличие системы имен позволяет знать, что хранится в базе знаний, и уметь отвечать на вопросы о содержимом базы знаний

## **Рекурсивная структурированность**

Определяет **свойство декомпозиции** для информационной единицы

При необходимости информационная единица может быть расчленена на более мелкие единицы, или, наоборот, объединена в более крупные системы

Предусматриваются отношения принадлежности элементов к классу, и родо-видовые отношения между ними  
типа часть – целое, род – вид

## **Связность**

Характеризует возможность установления между информационными единицами **отношений**, которые определяют семантику и прагматику связей явлений и фактов

В отличие от структурированности, характеризующей структуру знаний, система взаимосвязей определяет закономерности явлений, процессов, фактов, причинно-следственные отношения между ними

## **Представление в виде семантических пространств с метрикой**

Семантические пространства с метрикой характеризуют **смысловую близость-удаленность** информационных единиц

Знания должны быть взаимосвязанными и взаимозависимыми в некотором общем для них когнитивном **семантическом пространстве**

## **Активность**

Это принципиальное **отличие** знаний от данных

Активность базы знаний позволяет формировать мотивы, ставить цели и строить процедуры их решения

С самого начала программирование опиралось на первичность процедур и вторичность данных. Процедурам отводилась роль активизирующего начала, они отражали способ решения задачи, активизировали необходимые данные, пассивно лежащие в памяти системы

## **Функциональная целостность**

Отражает возможность **комплексного** выбора желаемого результата, времени его получения, средств получения результата, средств анализа достаточности полученного результата

*Представление знаний*

**Элементы знаний**

**Отличие знаний от данных**

**Отношения и классы отношений**

## *Представление знаний*

**Элементы знаний – это** особым образом организованные **информационные структуры**, которые имеют свое **содержание, структуру, возможные связи, и процедуры** принятия решений

## ***Представление знаний***

### **Отличие знаний от данных**

Основное отличие уровня знаний от уровня данных заключается в том, что уровень знаний является **концептуальной моделью** предметной области, в то время как уровень данных не выполняет моделирующей функции, хотя и структурирует семантику предметной области

Семантика предметной области остается эксплицированной в голове эксперта

## ***Представление знаний***

### **Отношения и классы отношений**

**Отношения** определяют и фиксируют **форму связи** между понятиями, (следовательно, и именами), но также между другими функциональными группами внутреннего языка представления знаний

## ***Представление знаний***

Отношения могут задаваться не только с помощью **лексики** языка, но и с помощью **грамматических связей**, выражаемых средствами языка

Основным критерием **качества** представления знаний, является **правильность** установления отношений

## **Классы отношений**

- отношения классификации
- признаковые отношения
- количественные отношения
- отношения сравнения
- отношения принадлежности
- временные отношения
- пространственные отношения

## **Классы отношений**

- каузальные отношения
- инструментальные отношения
- информационные отношения
- порядковые отношения
- модальные отношения
- модификаторы
- квантификаторы

## **Отношения классификации**

Позволяют классифицировать элементы предметной области, образовывать классы элементов, устанавливать отношения между классами, а также между классами и отдельными элементами

# Отношения классификации

Важнейшими являются следующие  
отношения:

- иметь имя
- класс – подкласс
- элемент – класс
- род – вид
- нижестоящие понятия – вышестоящие

## ПОНЯТИЯ

- часть – целое
- быть эталоном

## **Признаковые отношения**

Приписывают различные качественные признаки понятиям

Могут быть представлены в виде последовательной композиции двух отношений:

- иметь признак и
- иметь значение признака

**Понятия представляют собой совокупность определяющих их признаков**

В понятии сосредоточено то **общее**, что объединяет отдельные элементы в один класс, признаковые отношения являются характеристиками понятий

В некоторых случаях можно считать, что **понятие** есть некоторый **набор** определенных атрибутов признаковых отношений

**Отношения сравнения** составляют три характеристики некоторого понятия или группы понятий по какому-либо признаковому или количественному отношению:

- быть меньше (хуже)
- быть больше (лучше)
- быть эквивалентным

## **Отношения принадлежности (ассоциативные)**

Связывают два элемента предметной области не по классификационному признаку, а по признаку отношения к какой-либо конкретной ситуации

## **Временные отношения**

**Определяют динамические  
характеристики элемента:**

- протяженность существования во времени
- момент возникновения
- дату и другие временные показатели

## **Временные отношения**

К временным отношениям относятся отношения типа:

- быть одновременно
- быть раньше
- быть позже
- совпадать во времени
- пересекаться во времени

## **Пространственные отношения**

Фиксируют место пребывания некоторого элемента предметной области, или взаимоотношение элементов между собой в некотором пространстве

## **Пространственные отношения**

В качестве примера можно привести следующие пространственные отношения:

- совпадать в пространстве
- быть слева
- быть справа
- быть сзади
- быть между
- касаться

## **Инструментальные отношения**

Отражают прагматический аспект деятельности

Самые важные из них:

- служить для
- быть средством для
- способствовать
- быть инструментом
- быть вспомогательным средством

## **Информационные отношения**

Образуют группу отношений, которые описывают различные стороны передачи и получения информации:

- быть отправителем
- быть получателем
- быть источником информации

## **Порядковые отношения**

Описывают соотнесенность элементов предметной области между собой:

- быть следующим
- быть очередным
- быть ближайшим

## **Модальность**

Модальность – это класс отношений, в котором исследуются высказывания, имеющие такие **истинностные значения**, как **возможность**, **необходимость**, **обязательность**

## Модальность

Модальность – одно из важнейших свойств суждений, так как в нем выражается **степень существенности** того или иного признака для данного объекта предметной области, отображенного в суждении

# Модальность

Модальности делятся на три группы:

- суждения возможности  
(проблематичности)
- суждения необходимости
- суждения действительности

## **Модальность**

В суждении **возможности** отображается вероятность наличия или отсутствия признаков у объекта

В суждении **необходимости** отображается такой признак, который имеется у объекта при всех условиях

В суждении **действительности** констатируется наличие или отсутствие у объекта того или иного признака

# Модальность

## Основные отношения модальности:

- необходимо
- желательно
- невозможно
- совершенно невозможно
- возможно
- обязательно
- необязательно
- нежелательно
- совершенно необходимо

## Модификаторы

Это класс отношений, устанавливающих **признаки** элементов

К ним относятся следующие лексические единицы:

- быстро
- осторожно
- качественно
- сложно
- регулярно и т.п.

## Квантификаторы

Особый класс отношений, в котором словосочетания языка образуют так называемые кванторы, два из них имеют четкий смысл:

- квантор общности и
- квантор существования

## Квантификаторы

**Квантор общности** распространяет некоторую информацию **на все** без исключения **элементы** рассматриваемого класса

**Квантификатор существования** содержит утверждение истинности некоторой информации **хотя бы для одного элемента** из рассматриваемого класса

## **Остальные квантификаторы**

Однозначной семантикой не обладают, т.е. относятся к разряду нечетких кванторов

В качестве примера можно указать следующие **нечеткие квантификаторы:**

- МНОГО
- МАЛО
- ЧАСТО
- БЛИЗКО
- ТОЛЬКО
- ДАЖЕ
- ВСКОРЕ и т.п.

# **Первичные атомарные отношения**

- БЫТЬ ЭТАЛОНОМ
- ИМЕТЬ
- БЫТЬ ЭЛЕМЕНТОМ КЛАССА
- БЫТЬ ПОДКЛАССОМ КЛАССА
- РОД-ВИД
- НИЖЕСТОЯЩЕЕ-ВЫШЕСТОЯЩЕЕ  
(ПО ИЕРАРХИИ)
- ЧАСТЬ-ЦЕЛОЕ
- ИМЕТЬ ПРИЗНАК
- ПРИЗНАК-ЗНАЧЕНИЕ
- ПРИЗНАК-МЕРА
- МЕРА-ЗНАЧЕНИЕ
- РАВНО

## **Первичные атомарные отношения**

- СРАВНИМО
- БОЛЬШЕ
- БОЛЬШЕ ИЛИ РАВНО
- МЕНЬШЕ
- МЕНЬШЕ ИЛИ РАВНО
- НЕСРАВНИМО
- СРАВНИМОСТЬ-МЕРА
- СООТНОСИТЬСЯ
- СООТНЕСЕННОСТЬ-ЗНАЧЕНИЕ
- ОДНОВРЕМЕННО
- БЫТЬ РАНЬШЕ
- БЫТЬ ПОЗЖЕ

## **Первичные атомарные отношения**

- НАЧИНАТЬСЯ ОДНОВРЕМЕННО
- КОНЧАТЬСЯ ОДНОВРЕМЕННО
- ПРИМЫКАТЬ ПО ВРЕМЕНИ СЛЕВА
- ПЕРЕСЕКАТЬСЯ ПО ВРЕМЕНИ
- СОВПАДАТЬ ПО ВРЕМЕНИ
- БЫТЬ ВНУТРИ (ВО ВРЕМЕНИ)
- СОВПАДАТЬ В ПРОСТРАНСТВЕ
- БЫТЬ СЛЕВА
- БЫТЬ СПРАВА
- БЫТЬ СПЕРЕДИ
- БЫТЬ СЗАДИ
- БЫТЬ НАЙСКОСОК ОТ

# **Первичные атомарные отношения**

- ПЕРЕСЕКАТЬСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ
- КАСАТЬСЯ
- НАХОДИТЬСЯ НА
- БЫТЬ СВЕРХУ
- БЫТЬ СНИЗУ
- НАХОДИТЬСЯ В
- ПРИНАДЛЕЖАТЬ
- СЛУЖИТЬ ДЛЯ
- БЫТЬ СРЕДСТВОМ ДЛЯ
- БЫТЬ ИНСТРУМЕНТОМ ДЛЯ
- СПОСОБСТВОВАТЬ
- ПРИЧИНА-СЛЕДСТВИЕ
- БЫТЬ ЦЕЛЬЮ

## **Первичные атомарные отношения**

- БЫТЬ МОТИВОМ
- БЫТЬ ОТПРАВИТЕЛЕМ
- БЫТЬ ПОЛУЧАТЕЛЕМ
- БЫТЬ ИСТОЧНИКОМ ИНФОРМАЦИИ
- БЫТЬ СЛЕДУЮЩИМ
- БЫТЬ ОЧЕРЕДНЫМ
- БЫТЬ БЛИЖАЙШИМ
- БЫТЬ ЗАМЕНЯЮЩИМ
- НАХОДИТЬСЯ В СОСТОЯНИИ
- ИМЕТЬ ИМЯ
- ИМЕТЬ ОЦЕНКУ

## **Выражение знаний**

Практический опыт, заключенный в базе знаний, представляется совокупностью многочисленных **фактов, правил, процедур и эвристик** (т.е. эмпирических правил), относящихся к определенной предметной области

## **Выражение знаний**

Предметную область, представленную моделью «**Сущность–Отношение–Атрибут–Значение–Событие**» можно характеризовать совокупностью объектов, количественных и качественных характеристик объектов и связей между объектами

## **Выражение знаний**

**Объекты и связи** составляют базис для классификации **понятий**

**Объекты** подразделяются на:

- сущности
- события
- значения

**СВЯЗИ** – на:

- отношения
- атрибуты

## **Выражение знаний**

**Сущность** – это понятие, воспринимаемое индивидуально, представляющее интерес само по себе и имеющее определенную протяженность во времени

**Событие** – это понятие, воспринимаемое индивидуально, представляющее интерес само по себе и происходящее мгновенно

**Значение** – это понятие, воспринимаемое индивидуально и представляющее интерес только в связи с некоторой сущностью или с некоторым событием.

## **Выражение знаний**

**Отношение** – временная или постоянная связь между **сущностями** и (или) **событиями**

Отношение может включать некоторые значения

**Атрибут** – это временная или постоянная связь между **сущностью** (или событием) и **значением**

## Аспекты задачи представления знаний

Необходимо различать два **аспекта** – **идентификацию понятий** и **формулировку ограничений**

**Идентификация понятий** предполагает отображение объекта предметной области в некоторое базисное понятие языка представления знаний

Второй аспект предполагает наложение **ограничений** на идентифицированное понятие и **на его** возможные **характеристики**

**Идентификация понятий включает классификацию явлений по разным категориям:**

- выделяются объекты и связи (отношения) между ними
- при этом выделяются индивидуальные и групповые объекты
- определяются зависимости объектов и связей во времени

Объекты не всегда существуют в любое время, а связи могут меняться с течением времени

**Изменение во времени** предполагает существование понятия «**состояние**»

В некотором состоянии находятся объекты и связи в отдельные моменты времени

**Событие** - динамическое явление (переходы из состояния в состояние)

Специфическое обращение к событиям состоит в выделении различных **фактов**, которые приводят к **переходу** из состояния в состояние

## **Наложение ограничений**

Допускает различные виды ограничений и способы их выражения

Можно выделить:

- статические ограничения, которые накладываются на объекты и их связи и выполняются в любое время
- динамические ограничения на процесс изменения объектов и связей

# Системы представления знаний

Модели представления знаний могут быть подразделены на четыре класса:

- семантические сети
- системы фреймов
- продукционные системы
- логические модели (языки)

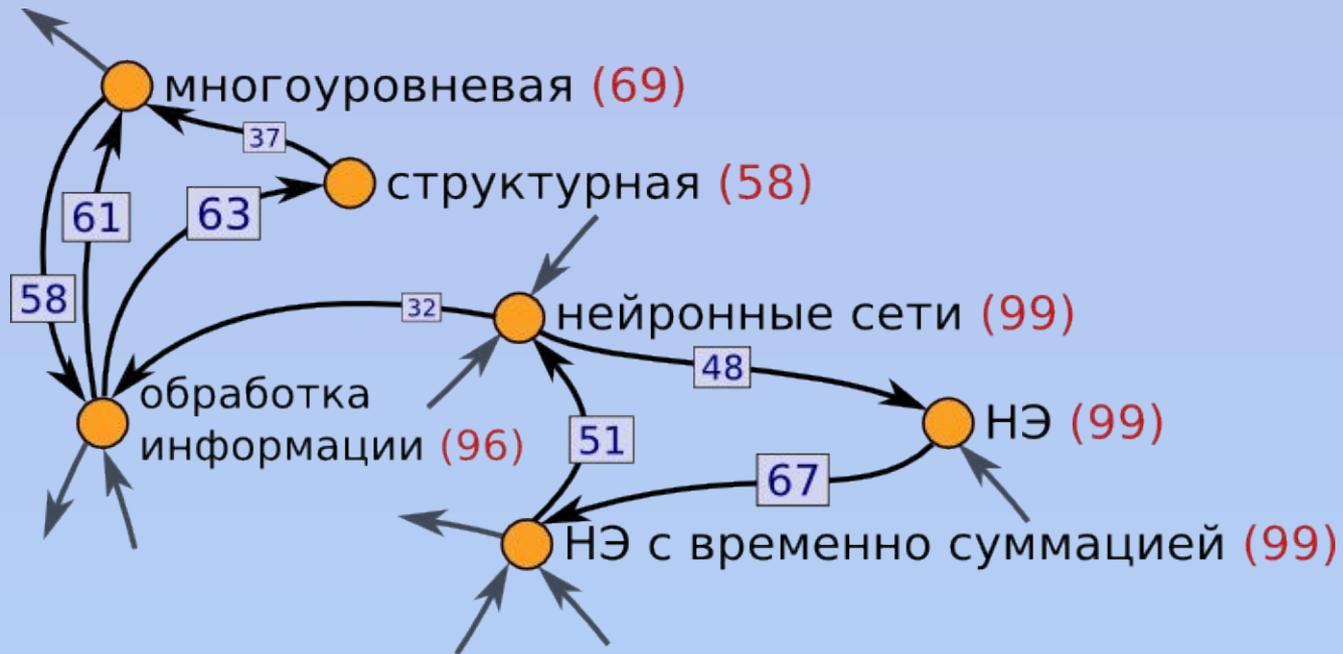
# Семантические сети

Обозначают класс подходов, для которых общим является использование графических схем с узлами, соединенными дугами

Семантические сети представляют знания о предметной области и позволяют осуществить их построение непосредственно из текста

**Узлы** (вершины сети) представляют некоторые понятия (объекты, события, явления), а **дуги** – отношения между ними

# Структурный нейросетевой подход к анализу текстовой информации Семантический уровень



**Попарная сочетаемость** корневых основ ключевых слов и словосочетаний (ассоциативная, или семантическая сеть) – понятия с их весом и связи с их весом  
**Семантические представления** – сеть для предметной области  
**Вес понятий** – частота встречаемости в тексте  
**Вес связей** – частота попарной встречаемости в фрагментах текста

## **Семантические сети**

Семантические сети являются объектно-ориентированными структурами и обеспечивают такой признак, как **СВЯЗНОСТЬ**

## **Семантические сети**

В иерархических семантических сетях используются, например, такие типы связей между объектами:

- множество
- подмножество
- элемент

## **Семантические сети**

Семантические сети, применяемые для описания естественных языков, используют такие типы связей между объектами:

- агент
- объект
- реципиент

## Семантические сети

Характерной особенностью семантических сетей является наличие трех типов отношений:

- класс — элемент класса
- свойство — значение
- пример элемента класса

# Семантические сети

## Ассоциативная навигация

Основная идея моделирования при помощи семантических моделей заключается в том, что модель представляет данные о реальных объектах и связях между ними прямым способом. Это существенно облегчает доступ к знаниям: начиная движение от некоторого понятия, по дугам отношений можно достичь других понятий.

## **Семантические сети**

Накладывая ограничения на описание вершин и дуг, можно получить **сети различного вида**

## Семантические сети

Если вершины не имеют собственной внутренней структуры, такие сети называют **простыми**

В противном случае они являются **иерархическими** сетями

В этом случае сеть может быть разделена на подсети, и отношения могут быть установлены не только между вершинами, но и между пространствами

## **Семантические сети**

### **Достоинства семантических сетей:**

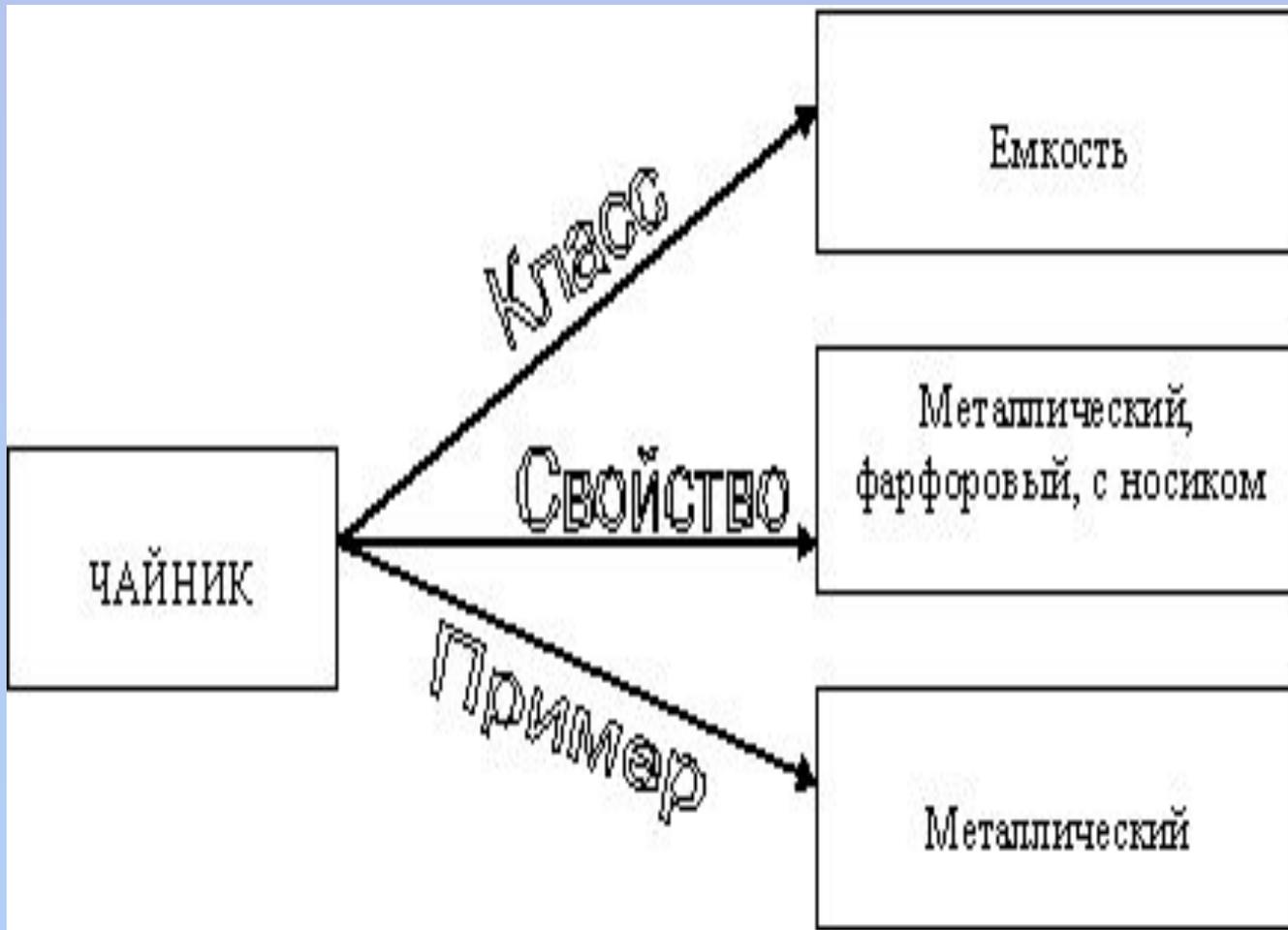
- в семантических сетях существует возможность представлять знания более естественным и структурированным образом, чем в других формализмах
- семантические сети более других соответствуют современным представлениям об организации долговременной памяти человека

## Семантические сети

### Недостатки семантических сетей:

- нет специальных средств, позволяющих определить **временные зависимости**, поэтому временные значения и события трактуются как обычные понятия
- сложность организации процедуры поиска вывода на семантической сети

# Модель семантической сети



## **Модель семантической сети**

Проблема **поиска решения** в базе знаний типа семантической сети сводится к задаче поиска фрагмента сети, соответствующего некоторой подсети, соответствующей поставленному вопросу

# Модель семантической сети

Наиболее часто в семантических сетях используются следующие отношения:

- связи типа "часть-целое" ("класс-подкласс", "элемент-множество" и т.п.)
- функциональные связи (определяемые обычно глаголами "производит", "влияет" ...)
- количественные (больше, меньше, равно...)
- пространственные (далеко от, близко от, за, под, над...)

## **Модель семантической сети**

Наиболее часто в семантических сетях используются следующие отношения (продолжение):

- временные (раньше, позже, в течение...)
- атрибутивные связи (иметь свойство, иметь значение...)
- логические связи (и, или, не) и др.

# Модель семантической сети

Можно ввести несколько

**классификаций семантических сетей:**

- по количеству типов отношений
  - **однородные** (с единственным типом отношений)
  - **неоднородные** (с различными типами отношений)

# Модель семантической сети

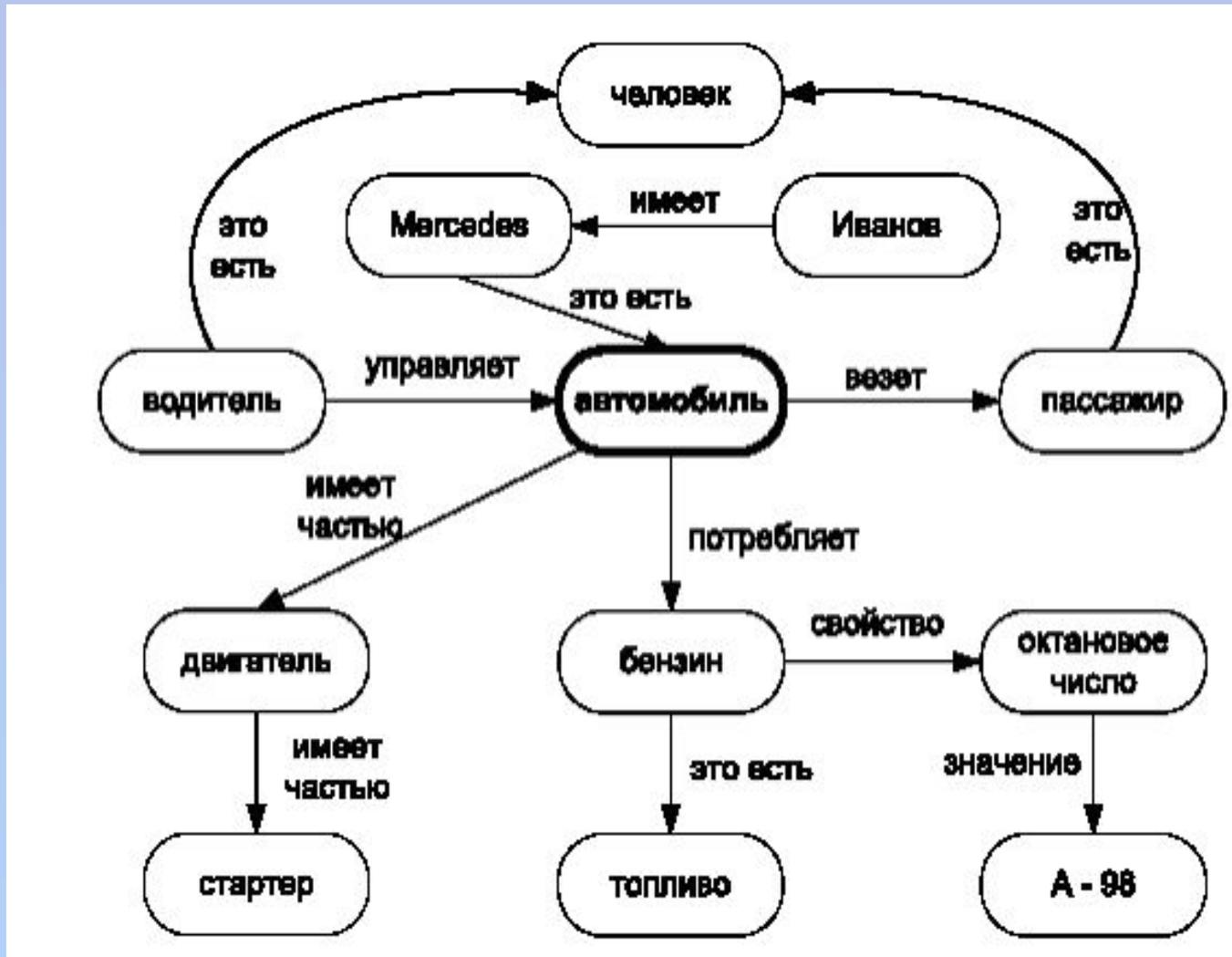
Можно ввести несколько классификаций семантических сетей:

- по типам отношений:
  - бинарные (в которых отношения связывают два объекта);
  - непарные (в которых есть специальные отношения, связывающие более двух понятий)

## **Модель семантической сети**

Проблема поиска решения в базе знаний типа семантической сети сводится к задаче поиска фрагмента сети, соответствующего некоторой подсети, соответствующей поставленному вопросу

# Модель семантической сети



# Модель семантической сети

Узлы графа соответствуют понятиям и объектам, а дуги – отношениям между объектами

Формально сеть можно задать в

следующем виде:  $H = \langle I, C, G \rangle$

$I$  – множество информационных единиц

$C$  – множество типов связей между

информационными единицами

$G$  – отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов  $C$  между элементами  $I$

## **Семантическая сеть**

Семантическая сеть представляет знания преимущественно **декларативно**

## **Системы фреймов**

Фреймы – это фрагменты знания, предназначенные для представления стандартных ситуаций

Термин «фрейм» (frame – рамка) был предложен М. Минским

## **Системы фреймов**

Например, слово «комната» вызывает у слушающих образ комнаты: «жилое помещение с четырьмя стенами, полом, потолком, окнами и дверью, площадью 6-20 м<sup>2</sup>»

## **Фрейм**

Фрейм - это минимальное возможное описание сущности какого-либо явления, события, ситуации, процесса или объекта. Минимальность означает, что при дальнейшем упрощении описания теряется его полнота.

## Фрейм

В этом описании есть  
незаполненные значения  
некоторых атрибутов

Эти незаполненные значения  
атрибутов — количество окон, цвет  
стен, высота потолка, покрытие  
пола и др.

# Фрейм

Фреймы имеют вид структурированных наборов компонентов ситуации, называемых слотами

С каждым фреймом ассоциируется разнообразная информация (в том числе и процедуры), например, ожидаемые процедуры ситуации, способы получения информации о слотах, значения, принимаемые по умолчанию, правила вывода

## Фрейм

В качестве идентификатора фрейму присваивается имя фрейма. Это имя должно быть единственным во всей фреймовой системе

# Фрейм

## Структура фрейма

Имя слота	значение слота	способ получения значения	присоединён ная процедура
-----------	-------------------	---------------------------------	---------------------------------

## **Фрейм**

Различают фреймы-образцы или прототипы, хранящиеся в базе знаний, и фреймы-экземпляры, которые создаются для отображения реальных ситуаций на основе поступающих данных

## **Фрейм**

**Фрейм-прототип** – это наиболее типичный представитель своего класса, с обобщенными, но вполне конкретными, значениями своих свойств

## **Фрейм**

Модель фрейма является достаточно универсальной, поскольку позволяет отобразить все многообразие знаний о мире через:

- **фреймы-структуры**, для обозначения объектов и понятий (заем, залог, вексель)

- **фреймы-роли** (менеджер, кассир, клиент)

## **Фрейм**

Модель фрейма является достаточно универсальной, поскольку позволяет отобразить все многообразие знаний о мире через:

- **фреймы-сценарии**

(банкротство, собрание акционеров, празднование именин)

- **фреймы-ситуации** (тревога, авария, рабочий режим устройства)

# Фрейм

Важнейшим свойством теории фреймов является заимствованное из теории семантических сетей наследование свойств. Наследование происходит по АКО-связям (A-Kind-Of = это). Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня иерархии, откуда неявно наследуются, то есть переносятся, значения аналогичных слотов

## Фрейм

Значением слота может быть что угодно: числа, формулы, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов. В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет реализовывать во фреймовых представлениях «принцип матрешки»

# Формальная структура фрейма

имеет следующий вид:

$f[\langle N_1, V_1 \rangle, \langle N_2, V_2 \rangle, \dots, \langle N_k, V_k \rangle]$ , где  $f$  – имя фрейма; пара  $\langle N_i, V_i \rangle$  –  $i$ -й слот,

$N_i$  – имя слота и  $V_i$  – его значение

Значение слота может быть

представлено последовательностью

$\langle K_1 \rangle \langle L_1 \rangle; \dots; \langle K_n \rangle \langle L_n \rangle; \langle R_1 \rangle; \dots;$

$\langle R_m \rangle$ , где  $K_i$  – имена атрибутов,

характерных для данного слота;  $L_i$  –

значения этих атрибутов или

множества их значений;  $R_j$  –

различные ссылки на другие слоты

## Фрейм

Каждый фрейм как структура хранит знания о предметной области (фрейм-прототип), а при заполнении слотов значениями превращается в конкретный фрейм события или явления

**Фрейм: Человек**

Имя слота: Значение слота

Класс: Животное

Структурный элемент: Голова, шея,  
руки, ...

Рост: 30 - 220 см

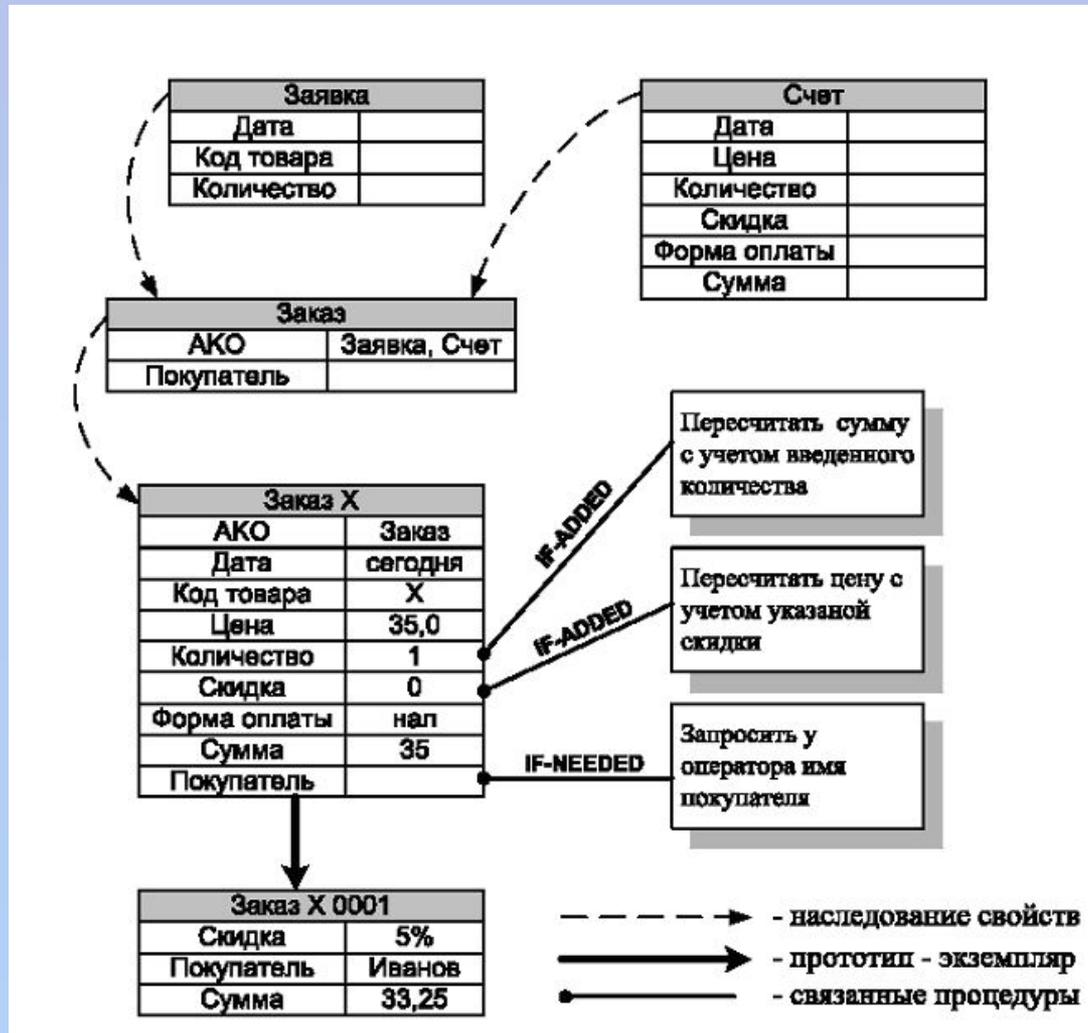
Масса: 1 - 200 кг

Хвост: Нет

Язык: Русский, английский, ...

Связь: Обезьяна

# Фрейм



## **Фрейм**

Достоинство фреймового представления заключается в том, что этот тип представления комбинирует декларативные и процедурные знания

# Фрейм

Фреймовые модели обеспечивают требования структурированности и связности

Это достигается за счет свойств наследования и вложенности, которыми обладают фреймы, т.е. в качестве слотов может выступать система имен слотов более низкого уровня, а также слоты могут быть использованы как вызовы каких-либо процедур для выполнения

## Фрейм

К недостаткам фреймовых систем относят их относительно высокую сложность, что проявляется в снижении скорости работы механизма вывода и увеличения трудоемкости внесения изменений в родовидовую иерархию

## Продукционные системы

Продукционная модель - модель, основанная на правилах, позволяющая представить знания в виде предложений типа: **Если** (условие), **то** (действие)

Идея этого метода принадлежит Э.

Посту (1943)

При использовании продукционной модели база знаний состоит из набора правил

Помимо продукционных правил база знаний должна включать простые факты

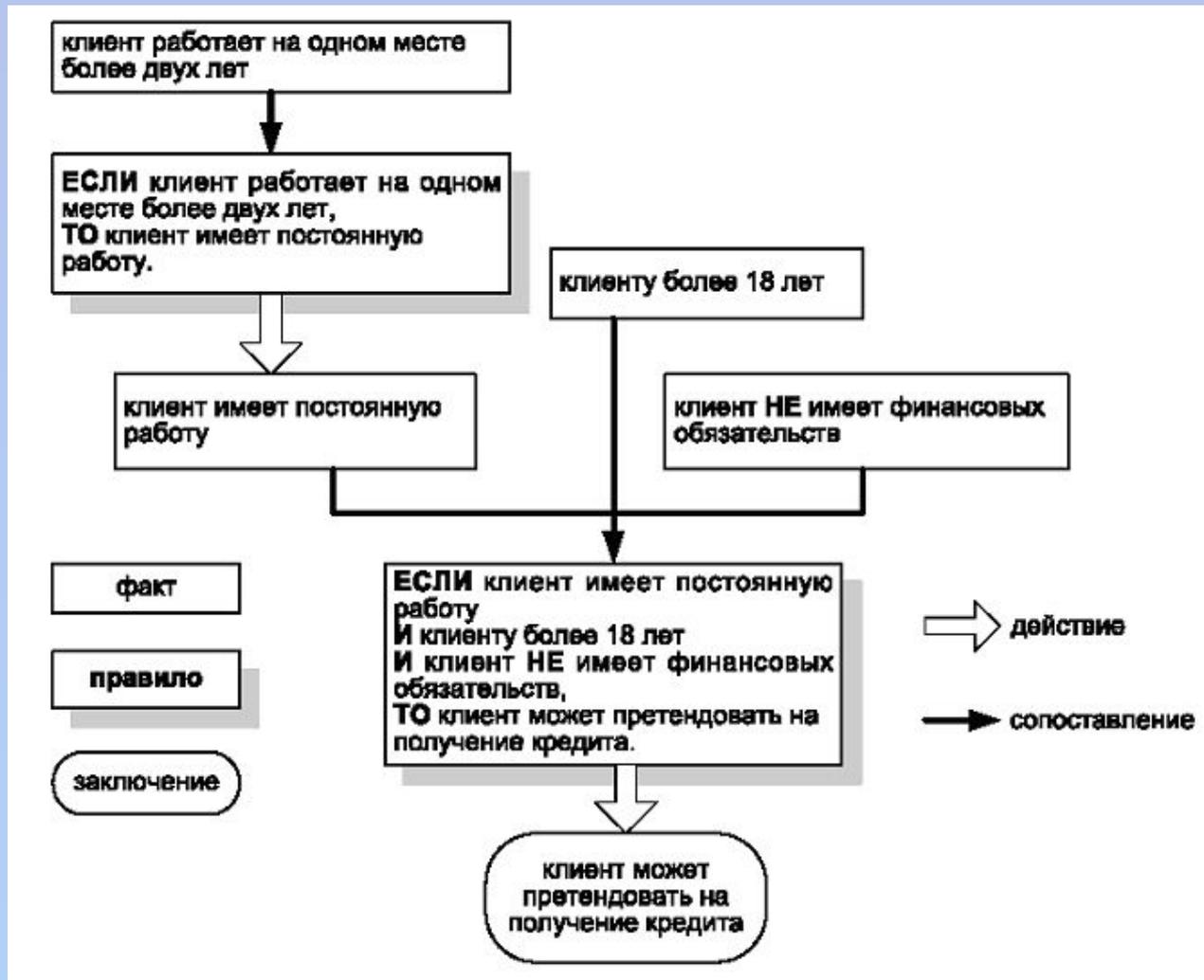
## Продукционные системы

Под *условием* понимается некоторое предложение — образец, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под *действием* — действия, выполняемые при успешном исходе поиска (они могут быть промежуточными, выступающими далее как условия, и терминальными или целевыми, завершающими работу системы)

## Продукционные системы

При использовании продукционной модели база знаний состоит из набора правил. Программа, управляющая перебором правил, называется *машиной вывода*. Чаще всего вывод бывает прямой (от данных к поиску цели) или обратный (от цели для ее подтверждения – к данным). *Данные* — это исходные факты, на основании которых запускается машина вывода

# Продукционные системы



## **Продукционные системы**

Продукционная модель привлекает разработчиков своей наглядностью, высокой модульностью, легкостью внесения дополнений и изменений и простотой механизма логического вывода

## Система продукций

Образуется множеством правил продукции. Эти правила формулируют определенные действия при выполнении некоторых заданных условий

В самом простом виде правила продукций близки по смыслу импликации «если – то», поэтому для правил продукций эта запись имеет вид:

$P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \dots \wedge P_n - B$ , где  $P_i$  ( $i=1,2, \dots, n$ ) – условия применимости, образующие конъюнкцию;  $B$  – заключение или действие, которое имеет место при истинности конъюнкции

## **Система продукций**

Удобна для выражения знаний, которые могут принимать форму переходов между состояниями (ситуация -> действие, посылка -> заключение, причина -> следствие)

## Система продукций

База знаний в этом случае состоит из множества правил продукций (базы правил)

$$\Pi = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$$

и конечного набора фактов (базы фактов)

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$$

Если правило имеет вид  $P_i = a_{i1} a_{i2} \dots a_{is} \rightarrow a_m$ , то это значит, что новый факт  $a_m$  имеет место (т.е. правило  $P_i$  применимо) при условии истинности всех фактов  $a_{i1} \dots a_{is}$ , определяющих правило  $P_i$

## **Недостатки системы продукций:**

- отсутствие внутренней структуры
- отсутствие зависимости шагов

дедуктивного вывода от стратегии вывода,  
что делает ее трудно интерпретируемой

## **Достоинства продукционных систем:**

- модульность организации знаний
- независимость правил продукций
- легкая модификация знаний на основе возможного удаления и добавления правил
- возможность использования различных управляющих стратегий за счет отделения предметных знаний от управляющих

## **Логические модели**

Для представления математического знания в математической логике пользуются логическими формализмами — исчислением высказываний и исчислением предикатов

## **Логические модели**

Эти формализмы имеют ясную формальную семантику и для них разработаны механизмы вывода.

Поэтому исчисление предикатов было первым логическим языком, который применяли для формального описания предметных областей, связанных с решением прикладных задач

## Логическая модель

В логическом подходе знания представляются посредством формул, которые строятся из предикатов, логических связок, кванторов и т.п.

Одни логические подходы ограничиваются классической логикой первого порядка, тогда как в других используется модальная логика, нечеткая логика, логика высших порядков и т.п.

## Логические модели

*Предикатом* называется функция, принимающая два значения (истина или ложь) и предназначенная для выражения свойств объектов или связей между ними

Выражение, в котором утверждается или отрицается наличие каких-либо свойств у объекта, называется *высказыванием*

## Логические модели

*Константы* служат для именования объектов предметной области

Логические предложения или высказывания образуют *атомарные формулы*

*Интерпретация предиката* — это множество всех допустимых связываний переменных с константами. Связывание представляет собой подстановку констант вместо переменных

## **Логические модели**

Пример: «Михаил дал Владимиру книгу»

**ДАТЬ (МИХАИЛ, ВЛАДИМИРУ, КНИГУ)**

## **Логические модели**

Логический вывод осуществляется с помощью силлогизма (если из А следует В, а из В следует С, то из А следует С)

## **Логические модели**

Преимущество логических моделей представления знаний заключается в возможности непосредственно запрограммировать механизм вывода синтаксически правильных высказываний

## **Недостатки логической модели:**

Логические модели являются наиболее строгим, в математическом смысле, способом представления знаний

На практике они не получили большого распространения из-за малой наглядности базы знаний

# Логическая модель

В основе логических моделей представления знаний лежит понятие формальной системы в виде четверки:  $M = \langle T, P, A, F \rangle$ , где  $T$  – множество базовых символов теории  $M$  (например, буквы алфавита),  $P$  – множество синтаксических правил, посредством которых из базовых символов строятся формулы,  $A$  – множество построенных формул, состоящих из аксиом,  $F$  – правила вывода, определяющие множество отношений между правильно построенными формулами