

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный
технический университет»

Кафедра АСУ

Системы искусственного интеллекта

Лекция 2 **МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ**

д.т.н. Сараев Павел Викторович

Липецк - 2024

ПЛАН ЛЕКЦИИ

Глава 2. Модели представления знаний.

Экспертные системы

2.3. Модели представления знаний.

2.4. Структура экспертных систем.

2.5. Механизмы логического вывода.

2.3. Модели представления знаний

2.3. Модели представления знаний.

Определение (в ИЗ). Знания - формализованная информация, на которую ссылаются или используют в процессе логического вывода.

Для формализации используются **модели представления знаний**.

Требования к формализации:

- 1) однородность (единообразность);
- 2) понятность экспертам и пользователям системы.

Модели представления знаний:

- 1) логическая модель;
- 2) продукционная модель;
- 3) фреймовая модель;
- 4) семантическая сеть.

2.3. Модели представления знаний

Логическая модель.

Знания представляются в системе логики **предикатов**.

Предикат – выражение, которое становится истинным или ложным в зависимости от значений аргументов предиката.

Логическая модель факта (высказывание) - атомарная формула.

Пример.

СТУДЕНТ (Иванов)

Смысл: «*Иванов является студентом*»

ПОСЕЩЕНИЕ(Иванов, лекции)

Смысл: «*Иванов посещает лекции*»

Пример

2.3. Модели представления знаний

Для представления более сложных знаний используются кванторы существования \exists и всеобщности \forall .

Пример.

$(\exists x) (\text{ДЕЛЬФИН}(x) \text{ AND } \text{УМНЫЙ}(x))$

Смысл:

«Некоторый дельфин наделён умственными способностями»

$(\forall x) (\text{СЛОН}(x) \rightarrow \text{ЦВЕТ}(x, \text{Серый}))$

Смысл: «Все слоны - серые»

Пример



2.3. Модели представления знаний

Логический вывод основан на **силлогизме**:

$$A \rightarrow B, B \rightarrow C \Rightarrow A \rightarrow C$$

Достоинства:

- единственность теоретического обоснования;
- возможность реализации системы формально точных определений и выводов.

Недостатки:

- сложность представления знаний.

2.3. Модели представления знаний

Продукционная модель.

(Модель, основанная на правилах)

Знания представлены совокупностью правил

«ЕСЛИ ... ТО ...».

Выражение после «ЕСЛИ» называется предпосылкой (antecedent, антецедент).

Выражение после «ТО» называется заключением (consequent, консеквент).

2.3. Модели представления знаний

Пример. На основе концептуальной модели печати документа на принтере постройте производционную модель представления знаний.

Из примера раздела 2.2 множество состояний и операций:

$$S_{\text{н}} = (\text{ПР(выключен)}, \text{Б(чистая)}, \text{TP(не загружен)}, \neg O(\text{TP}, \text{Д}), \neg B(\text{П}, \text{Б}))$$
$$S_{\text{ц}} = (\text{ПР(выключен)}, \text{Б(текст)}, \text{TP(не загружен)}, \neg O(\text{TP}, \text{Д}), \neg B(\text{П}, \text{Б}))$$

$$g_1 = \text{ЗАГРУЗИТЬ}(\text{П}, \text{TP})$$

$$S_{\text{н}} \rightarrow g_1 \rightarrow S_1$$

$$S_1 = (\text{ПР(выключен)}, \text{Б(чистая)}, \text{TP(загружен)}, \neg O(\text{TP}, \text{Д}), \neg B(\text{П}, \text{Б}))$$

П1:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(не загружен) И
 $\neg O(\text{TP}, \text{Д})$ И $\neg B(\text{П}, \text{Б})$

ТО УДАЛИТЬ (TP(не загружен)) И ДОБАВИТЬ(TP(загружен))

2.3. Модели представления знаний

$g_2 = \text{ОТКРЫТЬ}(\Pi, D)$

$S_1 \rightarrow g_2 \rightarrow S_2$

$S_2 = (\underline{\text{ПР(выключен)}}, \text{Б(чистая)}, \text{TP(загружен)}, \underline{O(\text{TP}, D)}, \sim B(\Pi, B))$

П2:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(загружен) И
 $\sim O(\text{TP}, D)$ И $\sim B(\Pi, B)$

ТО УДАЛИТЬ ($\sim O(\text{TP}, D)$) И ДОБАВИТЬ($O(\text{TP}, D)$)

$g_3 = \text{ВКЛЮЧИТЬ}(\Pi, D)$

$S_2 \rightarrow g_3 \rightarrow S_3$

$S_3 = (\underline{\text{ПР(включен)}}, \text{Б(чистая)}, \text{TP(загружен)}, O(\text{TP}, D), \sim B(\Pi, B))$

П3:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(загружен) И
 $O(\text{TP}, D)$ И $\sim B(\Pi, B)$

ТО УДАЛИТЬ (ПР(выключен)) И ДОБАВИТЬ(ПР(включен))

И т.д.

2.3. Модели представления знаний

База знаний (правил):

П1:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(не загружен) И
~О(ТР, Д) И ~В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (ТР(не загружен)) И ДОБАВИТЬ(ТР(загружен))

П2:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(загружен) И
~О(ТР, Д) И ~В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (~О(ТР, Д)) И ДОБАВИТЬ(О(ТР, Д))

П3:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(загружен) И
О(ТР, Д) И ~В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (ПР(выключен)) И ДОБАВИТЬ(ПР(включен))

П4:

ЕСЛИ ПР(включен) И Б(чистая) И ТР(загружен) И
О(ТР, Д) И ~В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (~В(П,Б)) И ДОБАВИТЬ(В(П,Б))

2.3. Модели представления знаний

П5:

ЕСЛИ ПР(включен) И Б(чистая) И ТР(загружен) И
О(ТР, Д) И В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (Б(чистая)) И ДОБАВИТЬ(Б(текст))

П6:

ЕСЛИ ПР(включен) И Б(текст) И ТР(загружен) И
О(ТР, Д) И В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (ПР(включен)) И ДОБАВИТЬ(ПР(выключен))

П7:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(текст) И ТР(загружен) И
О(ТР, Д) И В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (О(ТР, Д)) И ДОБАВИТЬ(~О(ТР, Д)) И
УДАЛИТЬ (ТР(загружен)) И ДОБАВИТЬ(ТР(не загружен))

П8:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(текст) И ТР(не загружен) И
~О(ТР, Д) И В(П,Б)

ТО УДАЛИТЬ (В(П,Б)) И ДОБАВИТЬ(~ В(П,Б))

Пример



2.3. Модели представления знаний

Продукционная модель.

Логические выводы: прямые и обратные.

Достоинства:

- простота создания и понимания;
- простота пополнения и модификации;
- простота механизма логического вывода

Недостатки:

- неясность взаимных отношений правил;
- сложность оценки целостного образа;
- низкая эффективность обработки.

2.3. Модели представления знаний

Фреймовая модель. (M. Минский)

Фрейм – структура данных для представления некоторого концептуального объекта.

Конкретные свойства объекта описываются в **слотах** – структурных элементах данного фрейма.

(Имя фрейма:

 Имя слота 1 (значение слота 1);

 Имя слота 2 (значение слота 2);

 ...

 Имя слота N (значение слота N)

).

2.3. Модели представления знаний

Фреймовая модель.

Пример.

(Служащий:

Фамилия (Иванов);
Год рождения (1974);
Специальность (Программист);
Стаж (3)

).

Пример

Достоинства:

- универсальность;
- объединение процедурных и декларативных знаний.

Недостатки:

- сложный механизм логического вывода.

2.3. Модели представления знаний

Семантическая сеть. (Куиллиан)

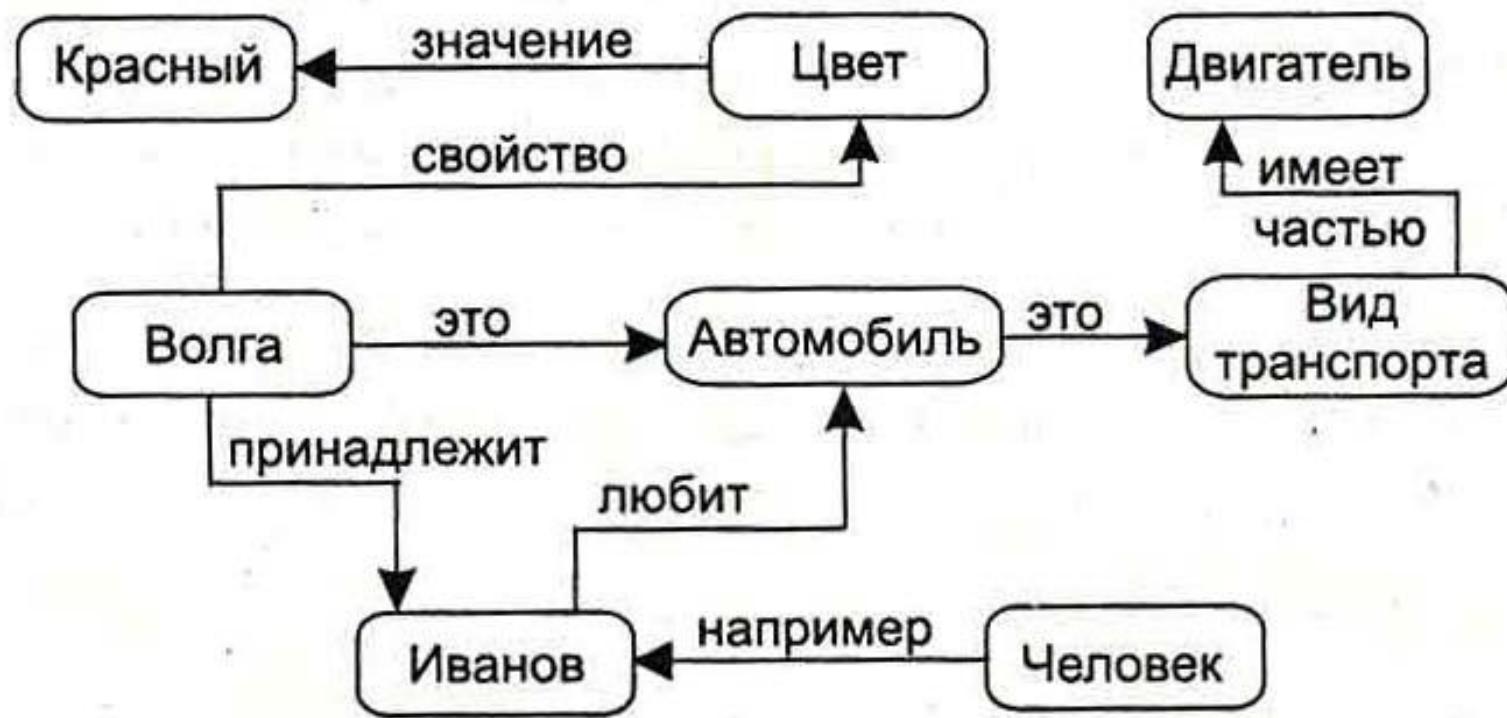
Семантическая сеть - структура данных, состоящая из узлов (соответствуют понятиям и объектам) и дуг (соответствуют отношениям между объектами).

Отношения могут быть произвольными. Часто используются: «является (есть)», «является частью», «имеет значение» и т.д.

2.3. Модели представления знаний

Семантическая сеть.

Пример.



Пример



2.3. Модели представления знаний

Семантическая сеть.

Достоинства:

- отражает современные представления о структуре долговременной памяти человека;
- целостность системы.

Недостатки:

- отсутствует разделение базы знаний и механизма логического вывода.

2.4. Структура экспертных систем

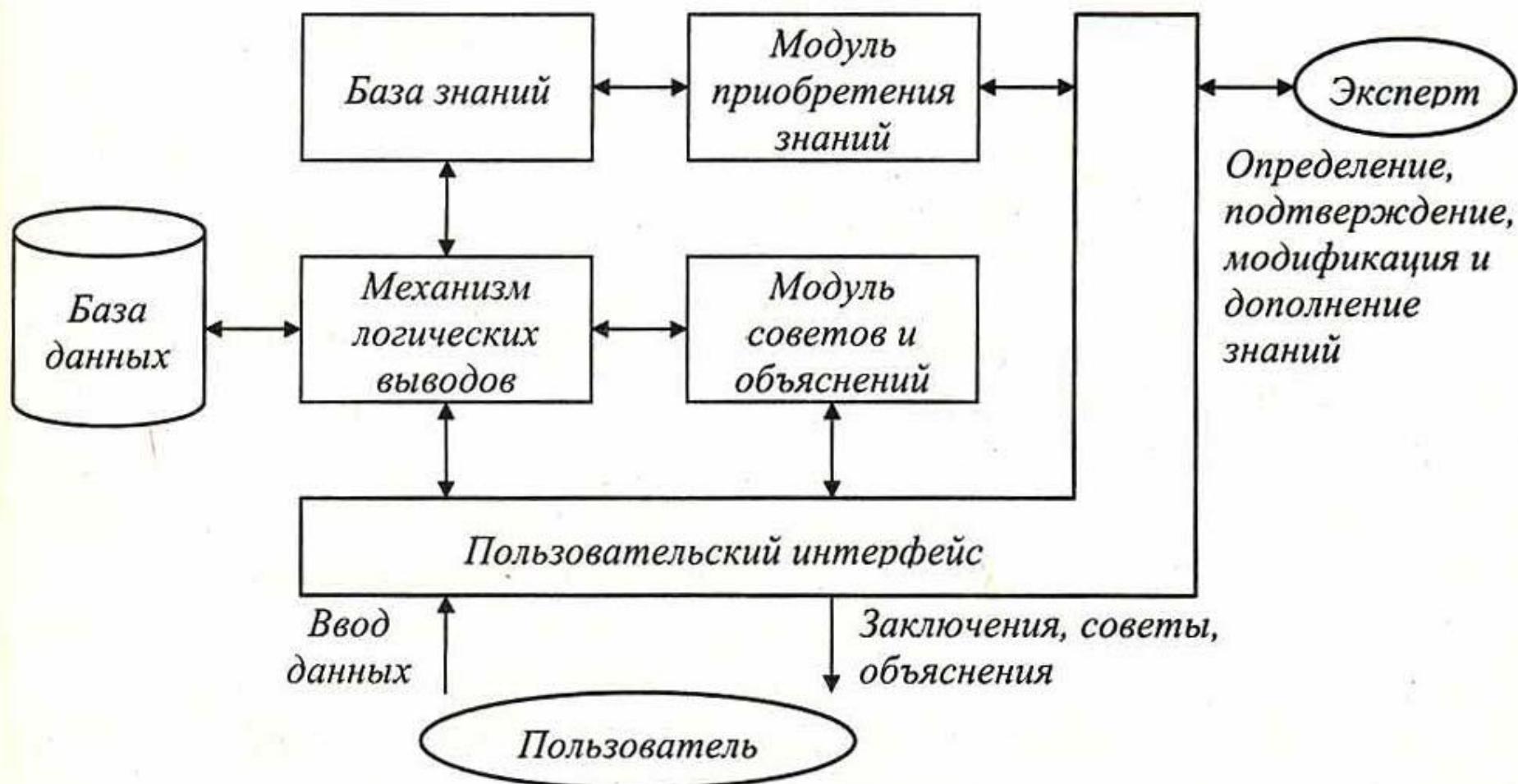
2.4. Структура экспертных систем.

Экспертные системы (ЭС) - системы, способные заменить специалиста в конкретной предметной области, т. е. решать задачи в отсутствие экспертов.

(Т. Нейлор)

Определение. Под ЭС понимается система, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи. Дополнительно желаемой характеристикой такой системы, которая многими рассматривается как основная, является способность системы пояснить по требованию ход своих рассуждений в понятной для спрашивающего форме.

2.4. Структура экспертных систем



2.4. Структура экспертных систем

Типы ЭС:

Тип решаемых задач	Суть решаемых задач
Интерпретация	Построение описаний ситуаций по наблюдаемым данным
Прогноз	Вывод вероятных следствий из заданных ситуаций
Диагностика	Заключение о нарушениях в системе исходя из наблюдений
Проектирование	Построение конфигурации объектов при ограничениях
Планирование	Проектирование плана действий
Мониторинг	Сравнение наблюдений с критическими точками плана
Отладка	Выработка рекомендаций по устранению неисправностей
Ремонт	Выполнение плана применения выработанной рекомендации
Обучение	Диагностика, отлаживание и исправление поведения ученика
Управление	Интерпретация, прогноз, ремонт и мониторинг поведения системы

2.4. Структура экспертных систем

Этапы разработки ЭС:

1. Идентификация (Определение характеристик задачи)
2. Концептуализация (Поиск понятий для представления знаний)
3. Формализация (Разработка структур для организации знаний)
4. Реализация (Формулировка правил, воплощающих знания)
5. Испытания (Оценка правил, в которых воплощено знание)

2.5. Механизмы логического вывода

2.5. Механизмы логического вывода.

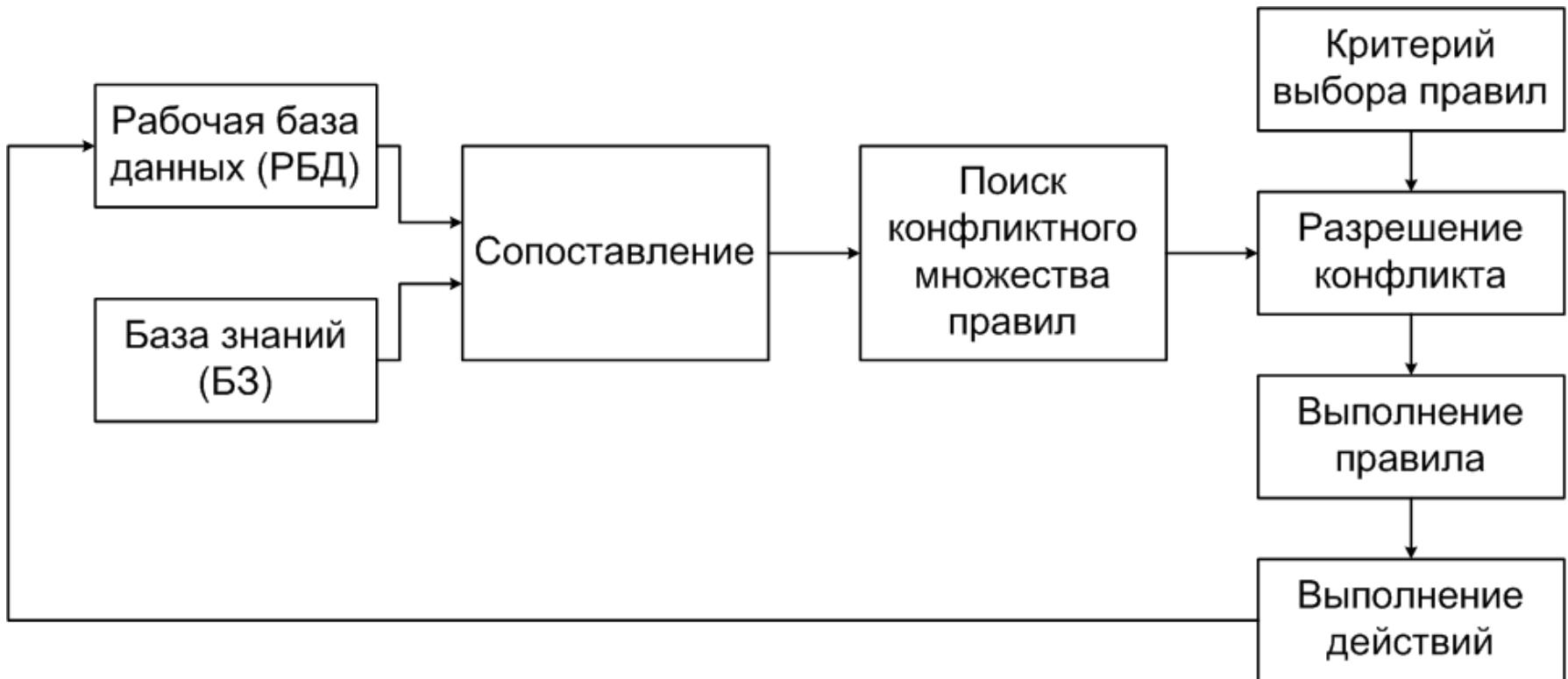
Обобщенный алгоритм:

- Задание текущего состояния предметной области (прямой диалог, генерация и т.д.).
 - Интерпретация текущего состояния предметной области и выработка вариантов решения.
- Выбор варианта решения и выдача его на выход системы для пользователя;
- Изменение состояния модели предметной области (рабочей базы данных, РБД).

Управление процессом вывода осуществляется путем изменения состояния РБД и не затрагивает БЗ!!!

2.5. Механизмы логического вывода

Обобщенная стратегия логического вывода:



Механизмы логического вывода:

- прямой;
- обратный.

2.5. Механизмы логического вывода

1. Прямой механизм логического вывода.

(Стратегия «снизу-вверх», «от ситуации к цели»)

1. Определяется ситуация, в которой выполняется условие в условной части (ЕСЛИ), и делается логический вывод согласно констатирующей части (ТО).
2. Полученный вывод понимается как условие, выполнение которого следует определить по условной части другого правила и т.д.

В случае альтернативного развития вывода ("или") выполняется генерация конфликтного набора правил, его разрешение с помощью метаправил и "подъем" далее.

Варианты этой стратегии:

- а) *возвратная* - возврат осуществляется опять к 1-му правилу . (одна продукция применяется до тех пор, пока это требуется);
- б) *безвозвратная* - каждая продукция применяется один раз.

2.5. Механизмы логического вывода

Пример.

Рыбак собирается на рыбалку. Он рассуждает по схеме:

П1: **ЕСЛИ** вода в реке поднимается **ТО** рыба выходит на мель.

П2: **ЕСЛИ** вода в реке опускается **ТО** рыба уходит в глубину.

П3: **ЕСЛИ** лето влажное **ТО** вода в реке поднимается.

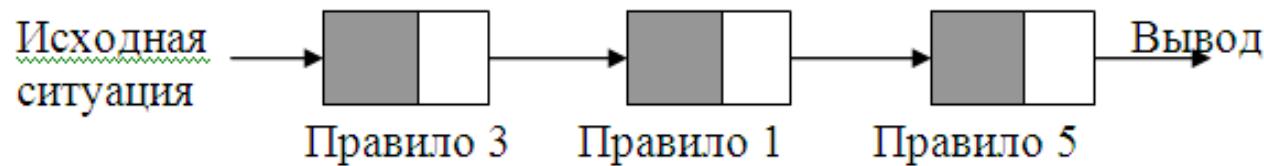
П4: **ЕСЛИ** лето сухое **ТО** вода в реке опускается.

П5: **ЕСЛИ** рыба выходит на мель **ТО** следует применять легкую блесну.

П6: **ЕСЛИ** рыба уходит в глубину **ТО** следует применять тяжелую блесну.

Исходная ситуация: лето выдалось влажное.

Какую блесну брать на рыбалку?



Пример



2.5. Механизмы логического вывода

Пример. Применить прямой логический вывод для печати документа на принтере. Из примеров раздела 2.2, 2.3.

Начальная РБД (t=0)

Ф1: ПР(выключен)

Ф2: Б(чистая)

Ф3: ТР(не загружен)

Ф4: $\sim O(TR, D)$

Ф5: $\sim B(P, B)$

Применяем правило **П1**:

ЕСЛИ ПР(выключен) И Б(чистая) И ТР(не загружен) И

$\sim O(TR, D)$ И $\sim B(P, B)$

ТО УДАЛИТЬ (ТР(не загружен)) И **ДОБАВИТЬ**(ТР(загружен))

РБД (t=1)

Ф1: ПР(выключен)

Ф2: Б(чистая)

Ф4: $\sim O(TR, D)$

Ф5: $\sim B(P, B)$

Ф6: ТР(загружен)

2.5. Механизмы логического вывода

Применяем правило П2:

РБД (t=2)

- Φ1: ПР(выключен)
- Φ2: Б(чистая)
- Φ5: ~В(Π,Б))
- Φ6: ТР(загружен)
- Φ7: О(ТР, Д)

Применяем правило П3:

РБД (t=3)

- Φ2: Б(чистая)
- Φ5: ~В(Π,Б))
- Φ6: ТР(загружен)
- Φ7: О(ТР, Д)
- Φ8: ПР(включен)

2.5. Механизмы логического вывода

Применяем правило П4:

РБД (t=4)

- Ф2: Б(чистая)
- Ф6: ТР(загружен)
- Ф7: О(ТР, Д)
- Ф8: ПР(включен)
- Ф9: В(П,Б))

Применяем правило П5:

РБД (t=5)

- Ф6: ТР(загружен)
- Ф7: О(ТР, Д)
- Ф8: ПР(включен)
- Ф9: В(П,Б))
- Ф10: Б(текст)

2.5. Механизмы логического вывода

Применяем правило П6:

РБД (t=6)

- Ф6: ТР(загружен)
- Ф7: О(ТР, Д)
- Ф9: В(П,Б))
- Ф10: Б(текст)
- Ф11: ПР(выключен)

Применяем правило П7:

РБД (t=7)

- Ф9: В(П,Б))
- Ф10: Б(текст)
- Ф11: ПР(выключен)
- Ф12: ~О(ТР, Д)
- Ф13: ТР(не загружен)

2.5. Механизмы логического вывода

Применяем правило П8:

Финальная РБД (t=8)

Φ10: Б(текст)

Φ11: ПР(выключен)

Φ12: ~О(ТР, Д)

Φ13: ТР(не загружен)

Φ14: ~В(П,Б))

Пример



2.5. Механизмы логического вывода

2. Обратный механизм логического вывода.

(Стратегия «вверх-снизу», «от цели к ситуации»)

Обратный вывод аналогичен прямому.

Ищут совпадения имени цели с частью ТО какого-либо правила. Соответствующее ей часть ЕСЛИ определяет следующее условие, по которому ищут совпадения с частью ТО другого правила и т.д.

2.5. Механизмы логического вывода

Пример.

П1: $A \wedge B \wedge C \rightarrow D,$

П2: $D \wedge F \rightarrow G,$

П3: $A \wedge J \rightarrow G,$

П4: $B \rightarrow C,$

П5: $F \rightarrow B,$

П6: $L \rightarrow J,$

П7: $G \rightarrow H$

Исходная ситуация:

A и F – истинны.

Доказать, что H – истинно.

2.5. Механизмы логического вывода

1. Ищем правило, где H в правой части – П7.
2. H будет истинным, если G – истинно; ищем продукцию, где G в правой части , их две – П2 и П3.
 G будет истинным, если истинна хотя бы одна из конъюнкций в П2 и П3. В П2: $F=И$ по условию, но неясно D ; в П3: $A=И$ по условию, неясно J .
3. Ищем продукцию, в которой D является целью. Это П1. Здесь A истинно по условию, B и C неизвестны.
4. Из П5: $B=И$, так как $F=И$ по условию.
5. Из П4: так как $B=И$, то и $C=И$.
6. Обратимся к П1. Все высказывания в левой части здесь истинны, следовательно, $D=И$.
7. Так как $D=И$, то из П2: $G=И$.
8. Из П7: $H=И$, что и требовалось доказать.

ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ ЛЕКЦИИ

1. Модели представления знаний: логическая, продукционная, фреймовая, семантическая сеть.
2. Наиболее удобная – продукционная модель.
3. Экспертная система – объединение возможностей компьютера со знаниями и опытом эксперта. Цель – замена эксперта.
4. Основные элементы экспертной системы – база знаний и механизм логического вывода.
5. Механизмы логического вывода: прямой и обратный.
6. Необходим критерий разрешения конфликта правил.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2001.– 384 с.
2. Болотова Л.С., Смольянинов А.А. Неформальные модели представления знаний в системах искусственного интеллекта: Учебное пособие/ МИРЭА.–М., 1999.–100 с.
3. Болотова Л.С., Смирнов Н.А., Смольянинов А.А. Системы искусственного интеллекта. Теоретические основы и формальные модели представления знаний: Учеб. пособие/ МИРЭА.– М., 2001. – 78 с.
4. Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васюти С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации.– М.: «Нолидж», 2000.– 352 с.
5. Джексон П. Введение в экспертные системы.- М.: Изд-во Вильямс, 2001.- 624 с.

Спасибо за внимание!