

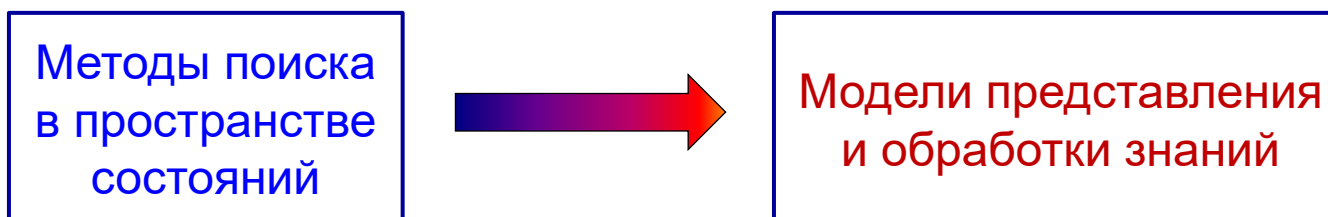
Лекция 6

Представление знаний.

Продукционные системы

Сдвиг парадигмы в ИИ. Модели представления знаний

- Поиск решений в пространстве состояний:
 - методы *универсальны* («слепой» поиск) или
 - в некоторой (*ограниченной*) *степени используют знания* о конкретной проблемной области или классе задач (эвристический поиск)
- При создании ИИ необходимо уметь *представлять в памяти ИС специфические знания о предметной области* (предметные знания) и эффективно их обрабатывать
- 70-е годы – сдвиг парадигмы в ИИ:



Модели представления знаний

- Знания принято делить на:
 - *декларативные* – констатируют факты («Волга впадает в Каспийское море»);
 - *процедурные* – предписывают действия («Включить ИБП в розетку»);
- Основные типы *моделей представления* знания:
 - *логические* (логика предикатов первого порядка, ...);
 - *продукционные системы*;
 - *семантические сети*;
 - *фреймы*;
- В современной практике разработки сложных СИИ (в частности ИА), как правило используется *гибридный подход*.

Продукционная система (Production System)

- ПС – модель представления (и обработки) знаний, основанная на *продукционных правилах* (production rules) вида:

ЕСЛИ *<условие1>*, ТО *<действие1>* иначе

ЕСЛИ *<условие2>*, ТО *<действие2>* иначе

.....

Пример:

ЕСЛИ *Процентные ставки падают*, ТО *Уровень цен на бирже растет*.

ЕСЛИ *Процентные ставки растут*, ТО *Уровень цен на бирже падает*.

ЕСЛИ *Курс доллара падает*, ТО *Процентные ставки растут*.

ЕСЛИ *Курс доллара растет*, ТО *Процентные ставки падают*.

ЕСЛИ *Процентные ставки федерального резерва падают И
Средства федерального резерва добавлены,*

ТО *Процентные ставки падают*

Продукционная система (Production System)

Альтернативная терминология:

<Антецедент> → <Консеквент>

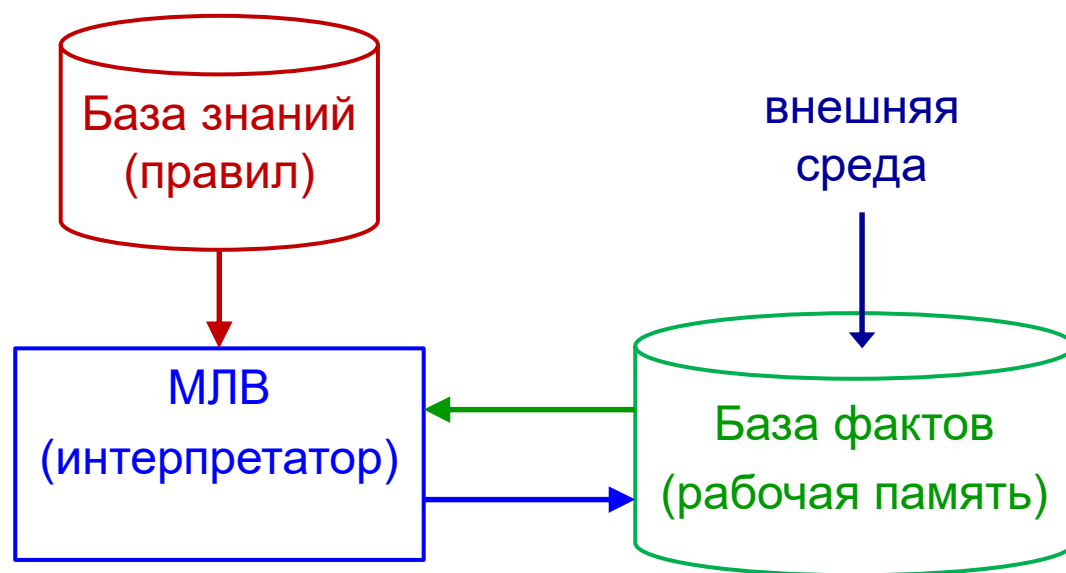
LHS → RHS

Антецедент (LHS) содержит шаблон (*Pattern*), определяющий условия при которых правило может быть активировано.

Консеквент (RHS) описывает действия, которые должны быть выполнены, если текущее состояние удовлетворяет антецеденту правила

- ПС как модель вычислений :
 - предложены в 1943 г. Э.Постом (Emil Post) – продукции рассматривались как набор правил, определяющих порядок преобразования строк символов (трансформационная грамматика)
 - эквивалентны машине Тьюринга

Обобщенная архитектура СИИ на основе ПС



- *База знаний (БЗ) – содержит множество продукционных правил;*
- *База фактов (рабочая память, working memory) содержит множество фактов, описывающих состояние мира в процессе рассуждений.*
- *Машина логических выводов (МЛВ) выводит новые факты на основе существующих, применяя к ним правила (сопоставляя факты с антецедентом правил)*

Типы вывода в ПС

- **Прямой** (вывод на основе данных, data-driven search) – процесс решения задачи движется от исходных фактов. В результате срабатывания правил, порождаются новые факты, пока не будет достигнута цель
 - *прямая цепочка вывода* (forward chaining)
- **Обратный** (вывод от цели, goal-directed strategy) – начинается от цели (одной из целей) - гипотезы. Условия правила, содержащего цель в консеквенте, рассматриваются как новые цели (подцели). Процесс повторяется до совпадения подцели с известными фактами (имеющимися в БД)
 - *обратная цепочка вывода* (backward chaining)

Обратный вывод. И-ИЛИ дерево

- Группа продукций:

$b \rightarrow a;$

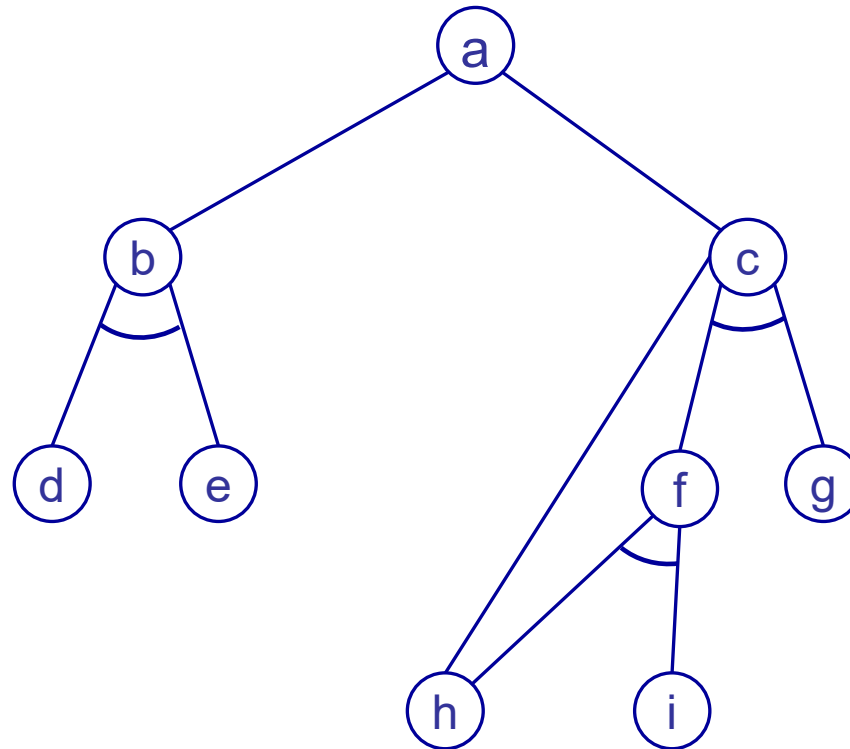
$c \rightarrow a;$

$d \ \& \ e \rightarrow b;$

$h \rightarrow c;$

$f \ \& \ g \rightarrow c;$

$h \ \& \ i \rightarrow f;$



Обратный вывод используется в языке Пролог (встроен в интерпретатор)

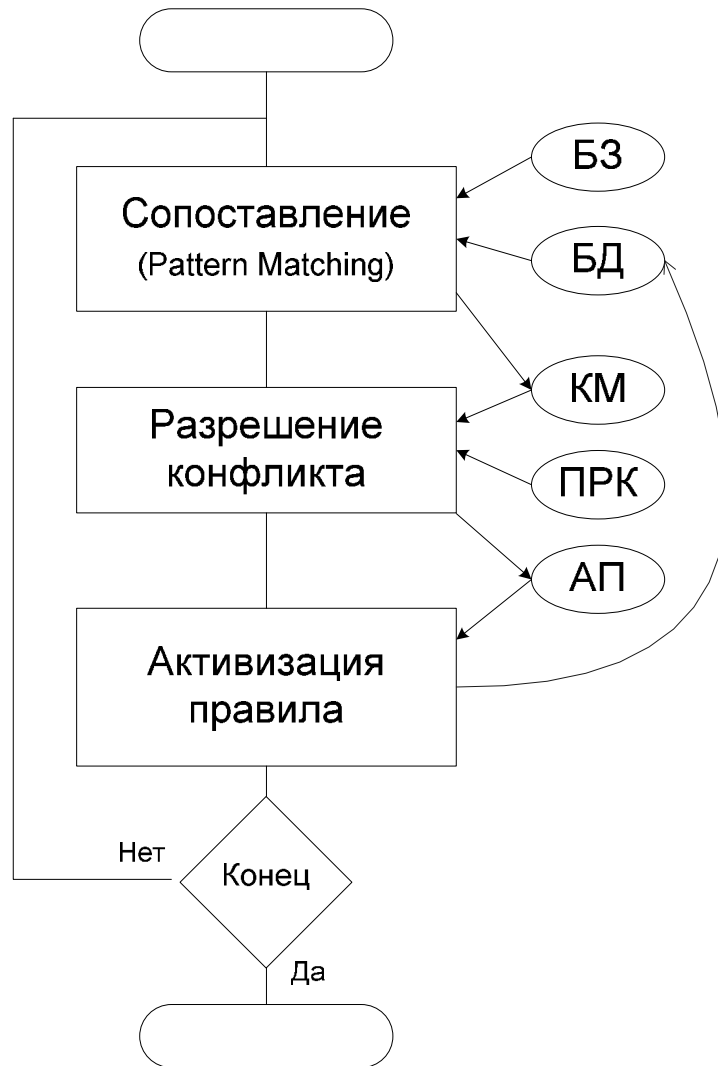
Алгоритм обратного вывода в диалоговой ЭС

1. Определить цель логического вывода в качестве текущей подцели.
2. В списке правил найти первое вхождение текущей подцели в консеквенте. Если правило найдено, перейти к рассмотрению антецедента данного правила. Если правило не найдено, завершить процесс с неудачей.
3. Выбрать в качестве подцелей факты из условия из данного правила.
4. Если в списке подцелей имеются факты, истинность или значение которых могут быть запрошены у пользователя, то задать пользователю соответствующие вопросы.
5. Если очередная подцель выведена, то перейти к шагу 2.
6. Если очередная подцель не может быть выведена или запрошена у пользователя, сообщить, что ответ получить невозможно.
7. Если все подцели подтверждены, то сообщить пользователю окончательный вывод.

Когда применяется обратный вывод

- Обратный вывод рекомендуется использовать в следующих случаях:
 - в постановке задачи *явно задана* (или может быть легко сформулирована) *цель поиска* или *гипотеза* (например, при доказательстве математических теорем);
 - например, выбирается предварительный медицинский диагноз (гипотеза), а потом под него подбираются симптомы (факты)
 - имеется *большое количество правил*, которые на основе полученных фактов *генерируют быстрорастущее число заключений и целей*
 - своевременный отбор целей позволяет отсеять множество возможных ветвей, что делает процесс поиска более эффективным;

Базовый цикл работы МЛВ с прямым выводом



БЗ – база знаний,

БД – база данных (рабочая память),

КМ – конфликтное множество (агенда),

ПРК – правила разрешения конфликта,

АП – активизируемое правило.

Основной процедурой цикла МЛВ является **сопоставление с образцом (pattern matching)**, т. е. сопоставление текущего состояния БД с антецедентами правил.

Конфликтное множество (conflict set) или **агенда** – множество правил, ГОТОВЫХ К ВЫПОЛНЕНИЮ.

Для выбора из агенды правила на исполнение используются **правила (стратегии) разрешения конфликтов**

Цикл распознавание–действие

- В управляющем цикле *распознавание–действие* (*recognize – act cycle*) выполняется сопоставление фактов из рабочей памяти с условными частями правил в БЗ
- Удовлетворяемые продукции (сопоставленные текущим фактам) помещаются в *конфликтное множество* (*conflict set*).
- После этого выполняется процесс *разрешения конфликтов* (*conflict resolution*) – выбирается и активизируется одна из допустимых продукций
- В соответствии с консеквентом активированного правила модифицируется рабочая память

Модификации продукционной модели

1. Дополнение определённого порядка, вводимого на множестве продукций
2. Использование приоритетов продукций
3. Введение механизмов исключений и возвратов:
 - a. исключения* – при наличии исключения основное правило не применяется;
 - b. механизм возвратов* – логический вывод может продолжаться в случае, если на каком-то этапе вывод привёл к противоречию
 - при этом происходит отказ от одного из выведенных ранее фактов и выполняется возврат к предыдущему состоянию.

Когда применяется прямой вывод

Особенности задач:

- на основании имеющихся фактов необходимо классифицировать объект, поставить диагноз, выдать рекомендацию и т.п. ;
- все (или большинство) данных заданы;
- количество потенциальных целей *велико*;
- формирование целевой гипотезы затруднено большим количеством исходных данных и/или возможных гипотез

Стратегии разрешения конфликтов

1. Принцип «стопки книг» - наиболее часто используемая продукция является наиболее полезной

- на верху «стопки» находится продукция, которая использовалась чаще всех. Из набора продукций с истинными условиями для исполнения выбирается та, которая чаще использовалась в прошлом.

2. Поиск в глубину - в качестве очередной подцели выбирается соответствующая более детальному уровню описания задачи

- например, диагностическая система, сделав на основе известных симптомов предположение о наличии определенного заболевания, будет продолжать запрашивать уточняющие признаки и симптомы этой болезни до тех пор, пока полностью докажет или опровергнет выдвинутую гипотезу

3. Поиск в ширину – система сначала анализирует условия (классификационные признаки) одного уровня детализации, а затем переходит к следующему (более детальному) уровню

- например, диагностическая система сначала проанализирует все симптомы, находящиеся на одном уровне детализации, даже если они относятся к разным заболеваниям, и лишь затем перейдет к симптомам следующего уровня

Стратегии разрешения конфликтов - 2

4. Принцип наиболее длинного условия – выбирается продукция, у которой истинным стало наиболее «длинное» условие выполнимости ядра (аналогия с поиском в глубину)

- Исходит из предположения, что частные правила, относящиеся к более узкому классу ситуаций, важнее общих правил, относящихся к более широкому классу ситуаций, так как учитывают больше информации о ситуации. Удобно, когда база знаний (набор продукции) образует иерархическое дерево со связями типа «частное — общее»

5. Принцип метапродукций - в систему вводятся специальные *метапродукции* для организации управления выбором из набора готовых продукций

Пример использования метапродукций:

ЕСЛИ «погода теплая» И «идет снег»

ТО продукции, у которых в А имеется «отдых на улице», следует активизировать раньше, чем продукции, содержащие в А «отдых в помещении»

В качестве условия, записанного в метапродукции, может выступать утверждение об исключении определенных продукций из набора активизируемых продукций.

Стратегии разрешения конфликтов - 3

6. Принцип декомпозиции – разбиение набора продукций на сферы применения (разбиения задач на подзадачи)

7. Принцип приоритетного выбора – введение статических или динамических приоритетов продукций

- Статические приоритеты могут формироваться на основании сведений о важности продукционных правил в данной проблемной области (как правило, экспертами).
- Динамические приоритеты вырабатываются в процессе функционирования системы продукций и могут отражать, например, время нахождения продукции в наборе активных продукций.

8. Управление по именам – для имен продукций в ПС задается формальная грамматика (или другая процедура), обеспечивающая сужение фронта готовых продукций и выбор из него очередной продукции для выполнения.

- Пример, система продукций представлена продукциями:
- (а) $A \rightarrow B$; Если выполняется А, то в агенду попадают продукции (а) и (в)
- (б) $B \ \& \ D \rightarrow A$; если В и D, то продукции с именами (б) и (в).
- (в) $A \vee B \rightarrow C$;
- (г) $A \ \& \ D \rightarrow C$.

• Для устранения подобной недетерминированности может быть введена некоторая грамматика для имен продукций: (а) \rightarrow (в); (б) \rightarrow (в); (б) \rightarrow (г). Тогда, если в некоторый момент была выполнена продукция с именем (в) или (г), то новые продукции выполняться не будут (т.к. применение новых продукций не приведет к истинности новых фактов). Если же в некоторый момент выполнялась продукция с именем (а), то после следует выполнить продукцию с именем (в) (т.к. применение продукции (б) не приведет к истинности новых фактов, а применение продукции (г) в лучшем случае дублирует результат продукции (в))

Монотонный и немонотонный вывод

- *Монотонный вывод* – факты *не удаляются* из рабочей памяти
- *Немонотонный вывод* – *допускается удаление* ранее выведенных *фактов* из рабочей памяти.
 - при немонотонном выводе существенен порядок применения продукционных правил

Достоинства и недостатки продукционных систем

Достоинства:

- *модульность* организации знаний;
- работа МЛВ *не зависит от предметной области*, что делает ее *универсальной*;
- *независимость правил*, выражающих самостоятельные фрагменты знаний;
- простота и естественность модификаций знаний в БЗ;
- *отделение предметных знаний от управляющих*, что позволяет применять различные управляющие стратегии и создавать общие управляющие механизмы для разных приложений;

Недостаток:

При накоплении достаточно большого числа (порядка нескольких сотен) продукций возможны противоречия