

Продукционные СИСТЕМЫ



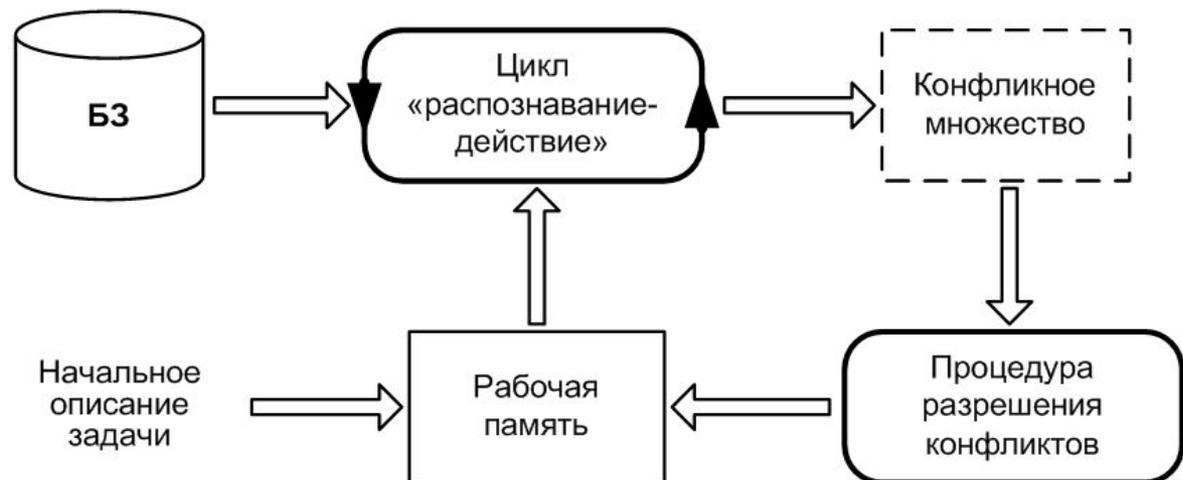
Представление знаний 4

Продукционная система (production system)

- Модель вычислений, основанная на *продукционных правилах* (production rule), представляющих знания о решении задач в виде правил «ЕСЛИ *условие*, ТО *действие*» (IF... THEN...).
- Впервые идея появилась в работе Эмиля Поста (Emil Leon Post), 1943.
- Продукционная система эквивалентна машине Тьюринга.

Архитектура продукционной системы

- БЗ продукционных правил;
- рабочая память;
- цикл управления распознавание–действие.
- Моделирование решения задачи основано на процессе сопоставления с образцом (pattern matching), в ходе которого текущее состояние решения сравнивается с имеющимися знаниями для определения дальнейших действий.



База знаний

- В БЗ содержится множество *продукционных правил* или просто *продукций* (productions);
- *Условная часть* (IF–part) правила - *антецедент* (antecedent) - является шаблоном (образцом), по которому можно определить, в какой момент необходимо использовать (активировать) данное правило;
- *Часть действия* (THEN–part) - *консеквент* (consequent) - описывает соответствующий шаг решения.

Цикл распознавание–действие

- В управляющем цикле *распознавание–действие* (the recognize — act cycle) осуществляется сравнение образцов из рабочей памяти с условными частями правил в БЗ.
- *Допустимые продукции* (т.е. согласованные с текущим состоянием рабочей памяти) помещаются в *конфликтное множество* (conflict set).
- После того, как закончит работу цикл распознавание–действие, осуществляется процесс *разрешения конфликтов* (conflict resolution), в ходе которого выбирается и активизируется (возбуждается) одна из допустимых продукций.
- В соответствии с частью действия активированного правила осуществляется модификация рабочей памяти.

Стратегии разрешения конфликтов

Стратегии разрешения конфликтов отличаются в различных реализациях продукционной модели и могут быть достаточно простыми, например:

- ▣ *Рефракция* (refraction) для предотвращения заикливания: после активизации правила оно не может быть использовано снова, пока не измениться содержимое рабочей памяти.
- ▣ *Новизна* (recency) позволяет сосредоточить поиск на одной линии рассуждения: предпочтение отдается правилам, в условии которых встречаются факты, добавленные в рабочую память последними.
- ▣ *Специфичность* (specificity) отдает предпочтение более конкретным правилам перед более общими: одно правило более специфично (конкретно), чем другое, если оно содержит больше фактов в условной части.

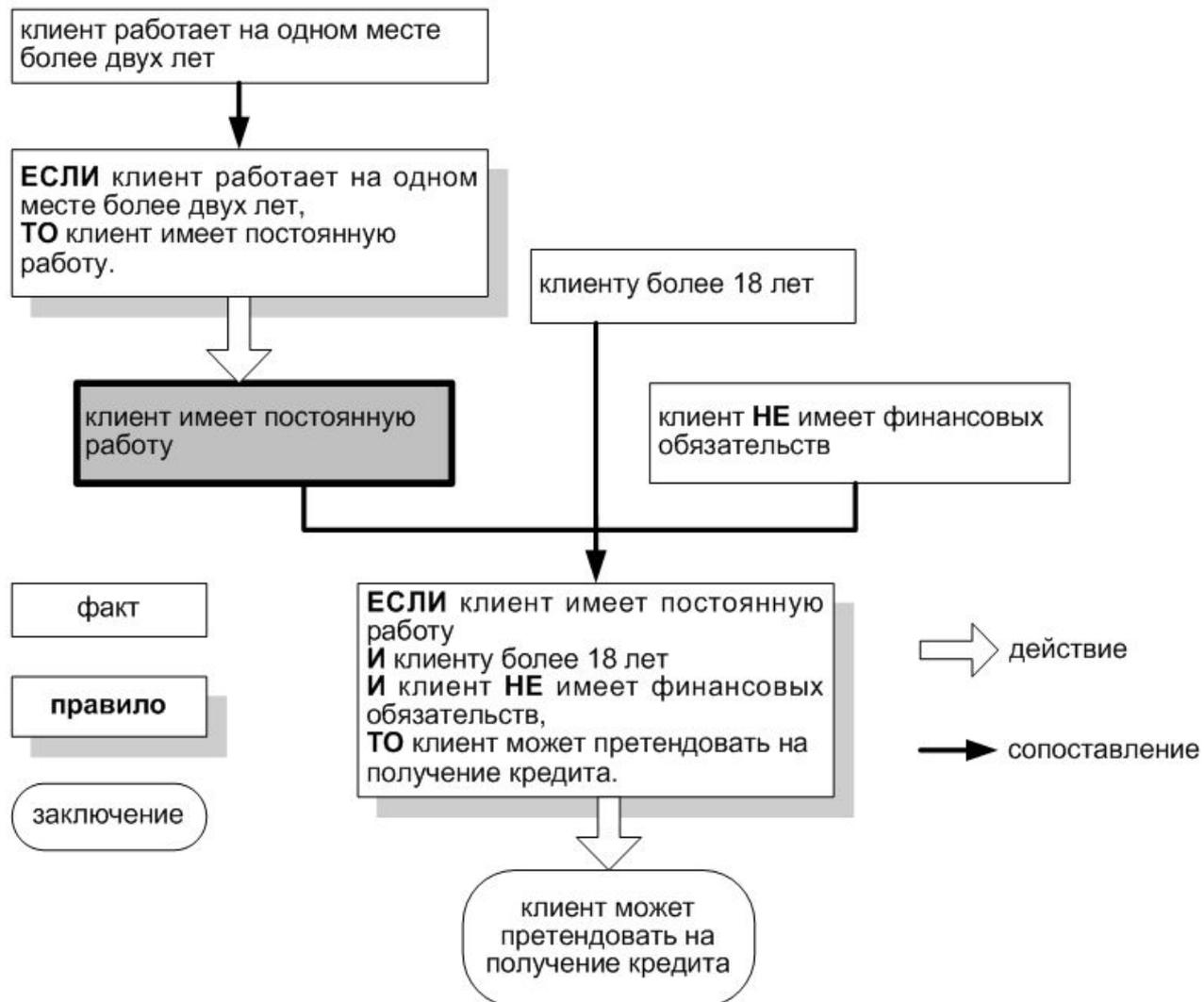
Примеры продукций

- ▣ **ЕСЛИ** клиент работает на одном месте более двух лет, **ТО** клиент имеет постоянную работу.

- ▣ **ЕСЛИ** клиент имеет постоянную работу **И** клиенту более 18 лет **И** клиент **НЕ** имеет финансовых обязательств, **ТО** клиент может претендовать на получение кредита.

Цепочка вывода (reasoning)

Эта цепочка показывает, как на основании правил и исходных фактов выводит заключение о возможности получения кредита.



Разновидности цепочек вывода

- ▣ *Монотонным выводом* в продукционных системах называют вывод, при котором факты не удаляются из рабочей памяти.

- ▣ *Немонотонный вывод* допускает удаление фактов из рабочей памяти. При немонотонном выводе существенную роль играет порядок применения продукционных правил.

Направления вывода

- ▣ *Вывод на основе данных* (data-driven search), процесс решения задачи начинается с исходных фактов. Затем применяя допустимые правила, осуществляется переход к новым фактам. И так до тех пор, пока цель не будет достигнута. Это процесс также называют *прямой цепочкой вывода* (forward chaining).
- ▣ *Вывод от цели* (goal-directed strategy) начинается от одной из допустимых целей, и рассматриваются пути, ведущие к достижению этой цели. Таким образом, определяется последовательность правил, позволяющих найти решение. Процесс повторяется для всех заданных в задаче целей. Такой способ поиска называют также *обратной цепочкой вывода* (backward chaining).

Прямая цепочка рассуждений

Прямая цепочка рассуждений применяется в задачах, где на основании имеющихся фактов необходимо определить тип (класс) объекта или явления, выдать рекомендацию, определить диагноз и т.п.

- Все или большинство данных заданы в пространстве задачи.
- Существует большое количество потенциальных целей, но всего лишь несколько способов представления и применения исходных фактов.
- Сформировать цель или гипотезы очень трудно в силу избыточности исходных данных или большого числа конкурирующих гипотез.

Алгоритм прямого вывода

Алгоритм прямого вывода обычно основан на *стратегии поиска в ширину*. Этот процесс предусматривает следующее:

1. Изначально система содержит описание ряда ситуаций.
2. Для каждой ситуации система ищет в базе знаний правила, в условной части которых содержится соответствующее условие.
3. В соответствии с консеквентом (частью ТО) каждое правило может генерировать новые факты, которые добавляются к уже имеющимся в рабочей памяти.
4. Система обрабатывает каждый вновь сгенерированный факт. При наличии хотя бы одного правила, в антецеденте (части ЕСЛИ) которого присутствует данный факт выполняются действия, начиная с пункта 2.
5. Рассуждения заканчиваются, когда больше нет необработанных фактов и правил.

Пример прямого вывода (база знаний)

Пример миниатюрной экспертной системы для фондовой биржи. БЗ включает, следующие продукционные правила:

- **ЕСЛИ** Процентные ставки падают, **ТО** Уровень цен на бирже растет.
- **ЕСЛИ** Процентные ставки растут, **ТО** Уровень цен на бирже падает.
- **ЕСЛИ** Валютный курс доллара падает, **ТО** Процентные ставки растут.
- **ЕСЛИ** Валютный курс доллара растет, **ТО** Процентные ставки падают.
- **ЕСЛИ** Процентные ставки федерального резерва падают **И** Средства федерального резерва добавлены, **ТО** Процентные ставки падают.

Пример прямого вывода (начальное состояние)

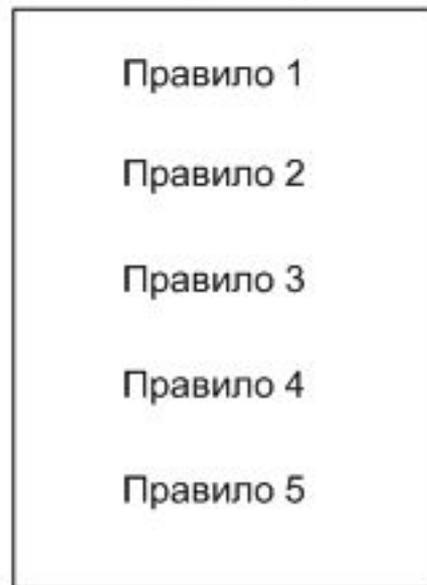
На основании запроса пользователя инициализируется исходное состояние рабочей памяти путем добавления в нее факта:

- ▣ *Валютный курс доллара падает:*

Рабочая память



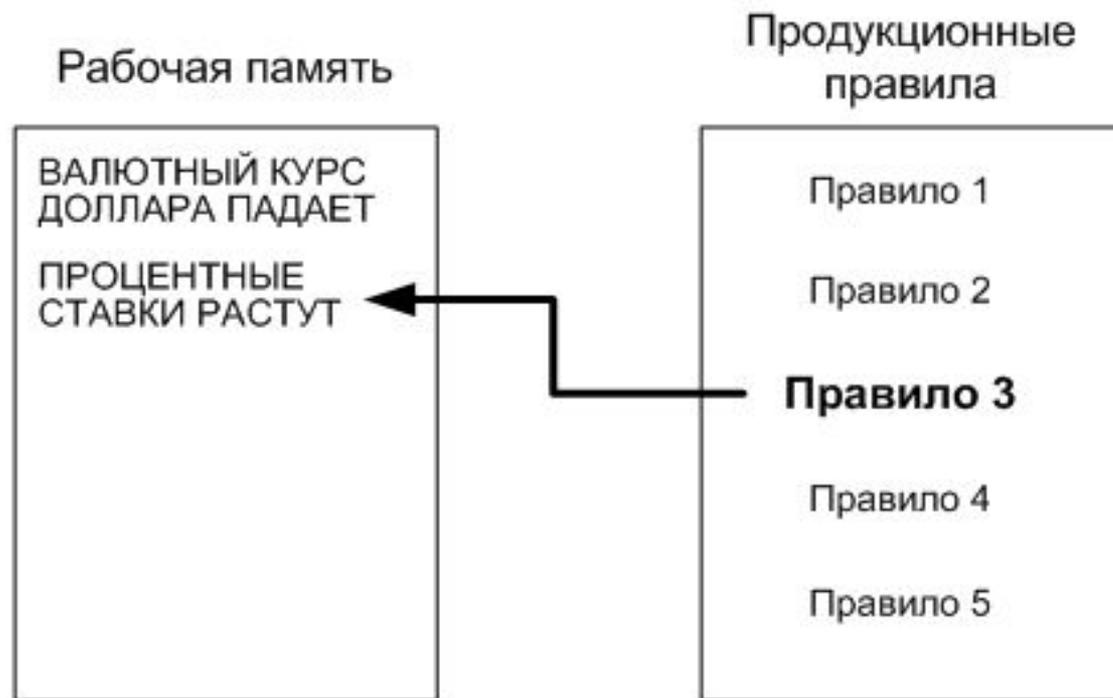
Продукционные правила



Пример прямого вывода (первый шаг вывода)

После активации правила 3, и в рабочую память добавится новый факт:

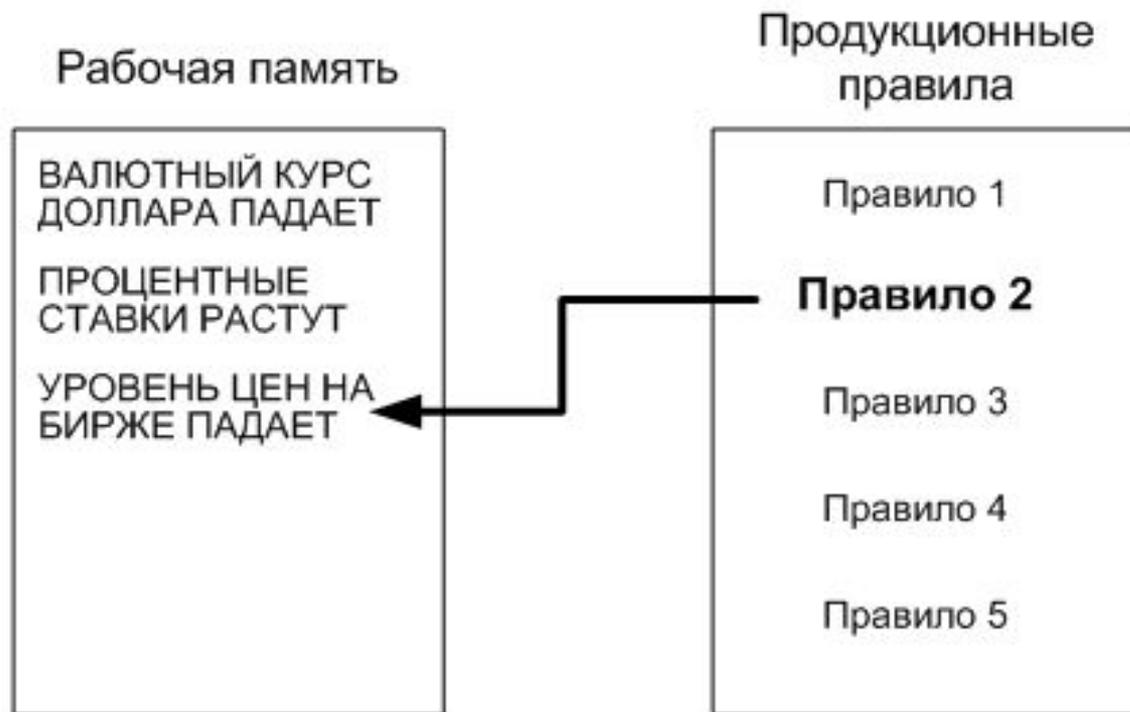
- *Процентные ставки растут:*



Пример прямого вывода (второй шаг вывода)

После активации правила 2, и в рабочую память добавится новый факт:

- *Уровень цен на бирже падает:*



Обратная цепочка рассуждений

Обратная цепочка рассуждений применяется в задачах, соответствующих процессу проверки гипотез при решении проблем человеком — для заданной ситуации необходимо определить условия к ней приводящие.

- Цель поиска явно присутствует в постановке задачи или может быть легко сформулирована.
- Имеется слишком большое число правил, которые на основе исходных фактов продуцируют возрастающее число заключений или целей. Своевременный отбор целей позволяет отсеять множество тупиковых ветвей, что сокращает пространство поиска.
- Исходные данные не приводятся в задаче, но подразумевается, что они должны быть известны или могут быть легко получены.

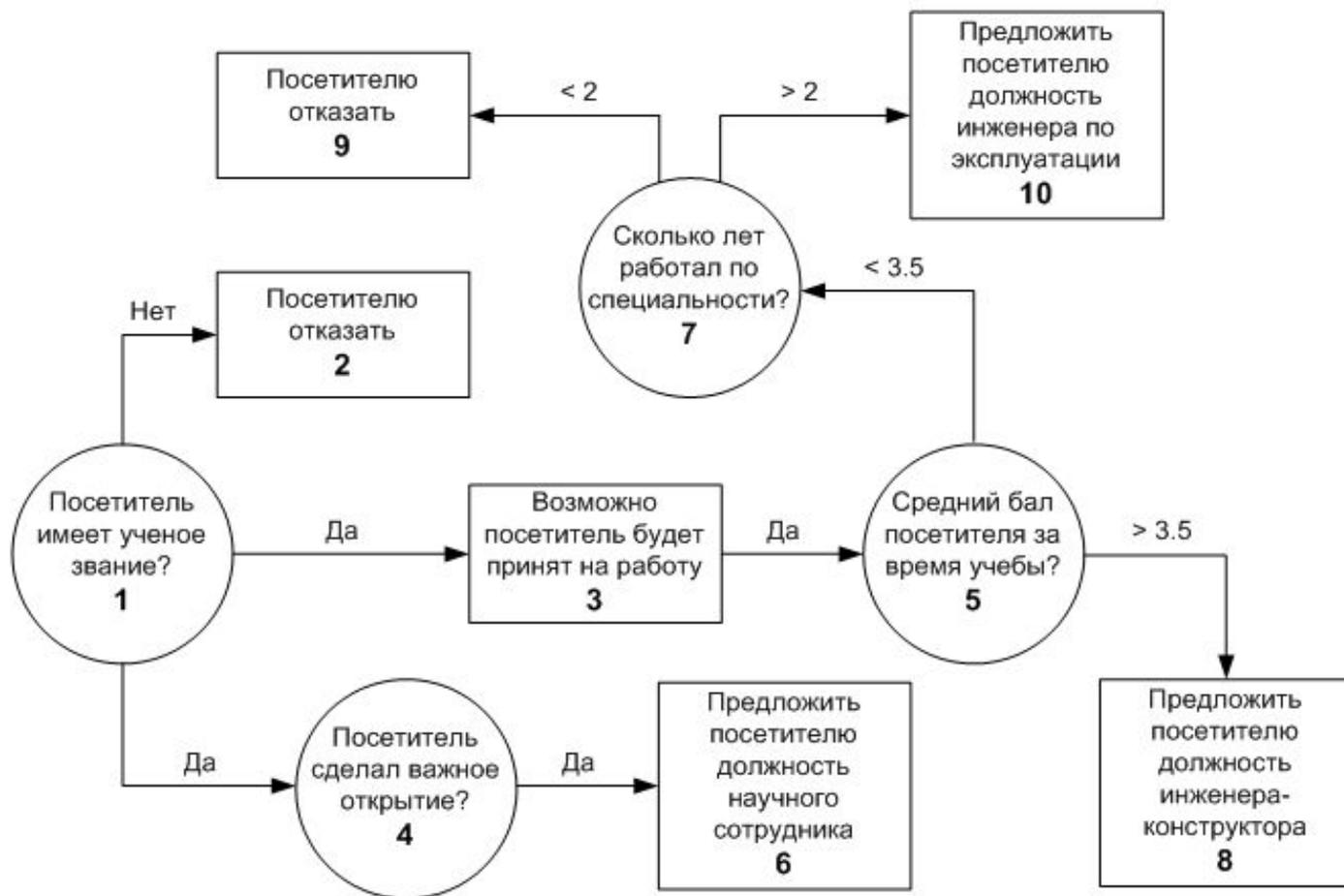
Алгоритм обратного вывода

Алгоритм прямого вывода обычно основан на *стратегии поиска в глубину*. Этот процесс предусматривает следующие шаги:

1. Определить цель для логического вывода и выбрать ее в качестве текущей подцели.
2. В списке правил найти первое вхождение этой подцели. Если правило найдено, перейти к рассмотрению условной части найденного правила. Если правило не найдено, сообщить пользователю, что ответ найти невозможно.
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.

Пример обратного вывода (начальное состояние)

Консультирующая экспертная система для поддержки принятия решений директором некоторого предприятия при приеме нового сотрудника на работу.



Пример обратного вывода (формирование правил)

Условная часть содержит все вершины решения, находящиеся на пути к выводу. Вывод же составляет часть правила ТО. Таким образом, процесс формирования правил для всех возможных логических выводов состоит из следующих шагов:

1. Выбрать из дерева решений вершину вывода и зафиксировать её.
2. Найти вершину решения, расположенную слева от выбранной вершины вывода и связанную с ней ветвью, и зафиксировать её.
3. Повторять шаг 2 до тех пор, пока не будут рассмотрены все вершины решения, расположенные левее зафиксированной вершины вывода или не встретится новая вершина вывода. Если встретилась вершина вывода, то её надо зафиксировать и прекратить выполнение шага 2. Выполнение также прекращается, если исчерпаны все вершины.
4. Каждая вершина решения, составляющая путь, — это одна из переменных части ЕСЛИ правила. Значение, связанное с ветвью, представляет собой условие. Переменные условной части правила объединяются логическим оператором И.
5. Выбранный логический вывод перенести в часть ТО правила.

Пример прямого вывода (пример правил)

Путь 1→4→6:

ЕСЛИ *Посетитель имеет ученое звание* **И**
Посетитель сделал важное открытие, **ТО**
Предложить посетителю должность научного
сотрудника.



Эвристические знания и метаправила

- Разделение базы знаний и механизма вывода является сильной стороной экспертных систем.
- В процессе вывода решения все правила системы равнозначны и самодостаточны, то есть все необходимое для активизации правила содержится в его условии, и одни правила не могут непосредственно вызывать другие.
- Работа машины вывода не зависит от предметной области, что делает ее универсальной.
- Иногда для получения решения требуется вмешательство в стандартный процесс вывода.
- Метаправила не принимают непосредственного участия в процессе формирования рассуждений, а определяют приоритет выполнения или исключают из рассмотрения обычных правила и выполняются в первую очередь. Таким образом, в базе знаний вводится определенное структурирование и упорядочивание правил.

Примеры метаправил

- ▣ **ЕСЛИ** кредитный рейтинг клиента высокий **И** клиент является клиентом банка, **ТО** сначала применить правила для льготных условий предоставления кредита.
- ▣ **ЕСЛИ** существуют правила, в условиях которых не упоминается текущая цель **И** существуют правила, в условиях которых упоминается текущая цель, **ТО** сначала следует активизировать первые из перечисленных правил.