


Продукционные СИСТЕМЫ



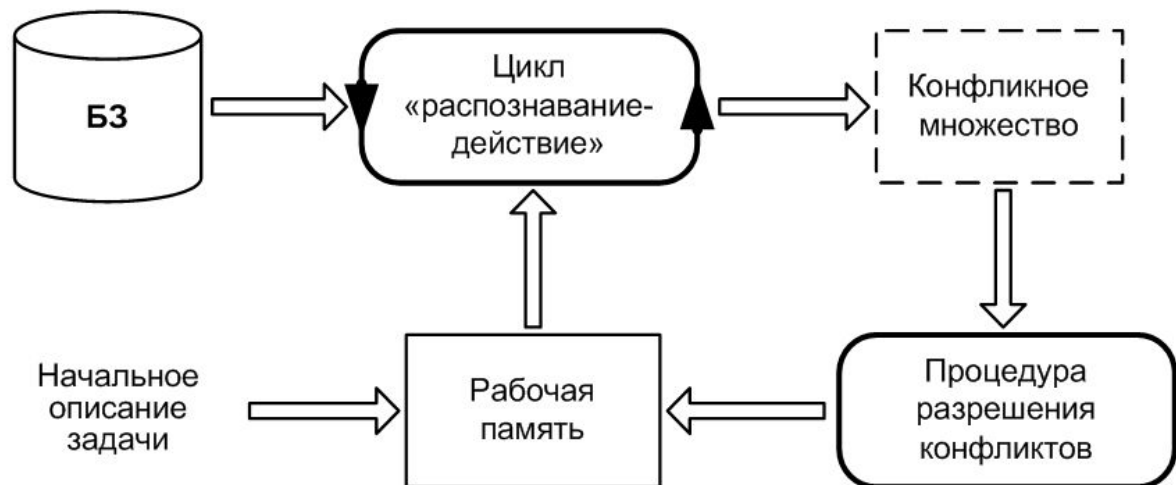
Представление знаний 4

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:

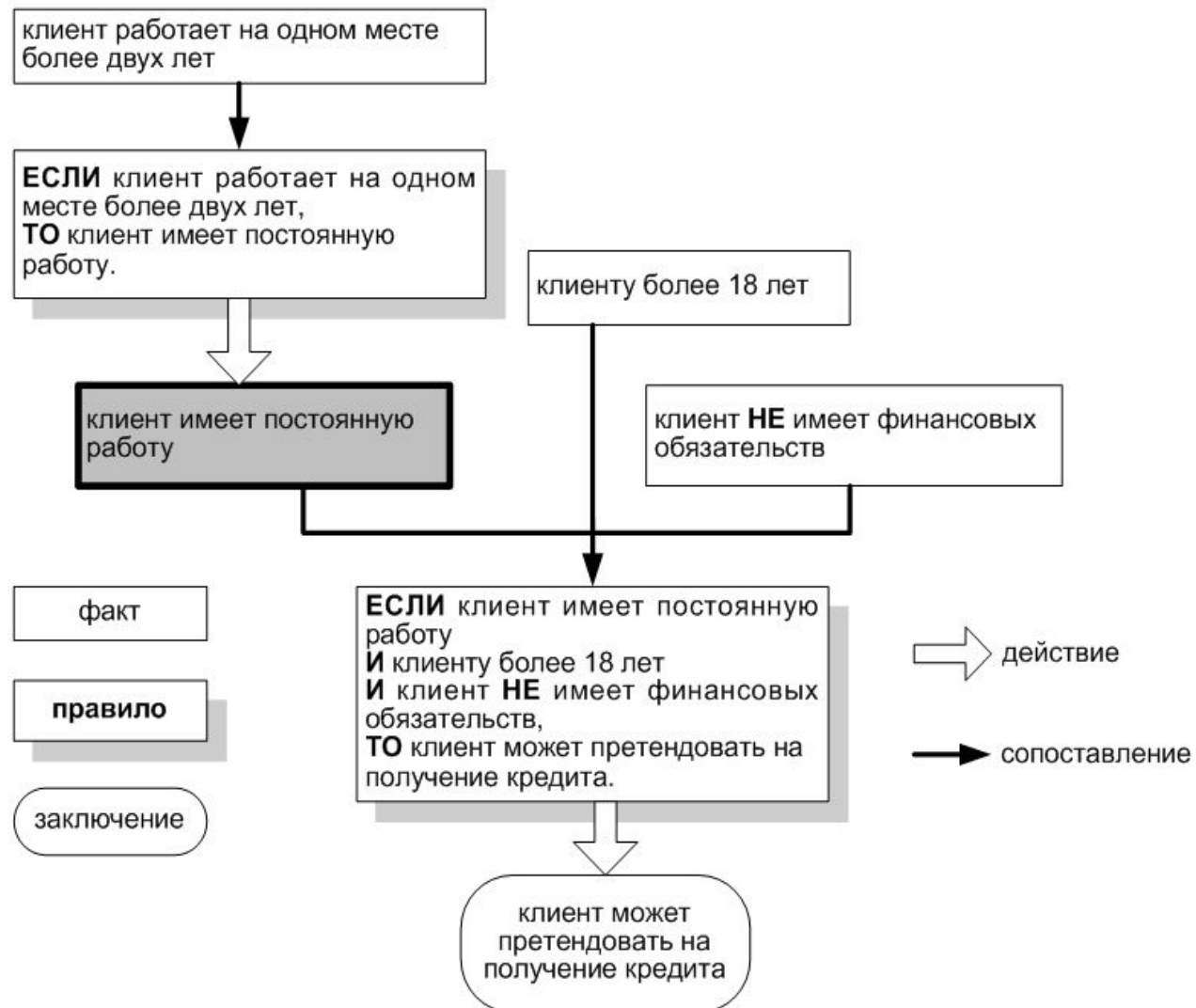
- ▣ *Рефракция* (refraction) для предотвращения заикливания: после активизации правила оно не может быть использовано снова, пока не измениться содержимое рабочей памяти.
- ▣ *Новизна* (recency) позволяет сосредоточить поиск на одной линии рассуждения: предпочтение отдается правилам, в условии которых 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:

- Изначально система содержит описание ряда ситуаций.
- Для каждой ситуации система ищет в базе знаний правила, в условной части которых содержится соответствующее условие.
- В соответствии с консеквентом (частью ТО) каждое правило может генерировать новые факты, которые добавляются к уже имеющимся в рабочей памяти.
- 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.
- 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)

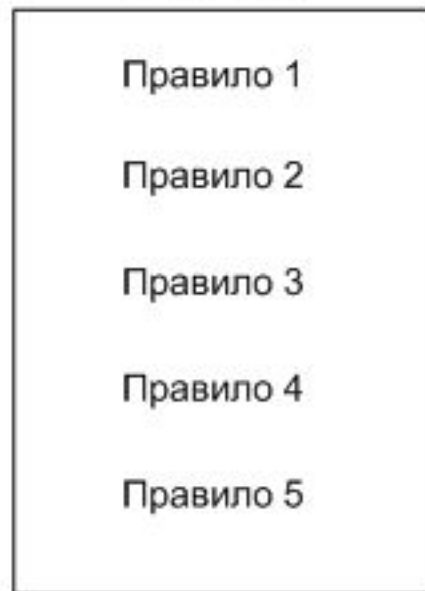
На основании запроса пользователя инициализируется исходное состояние рабочей памяти путем добавления в нее факта:

- ▣ *Валютный курс доллара падает:*

Рабочая память



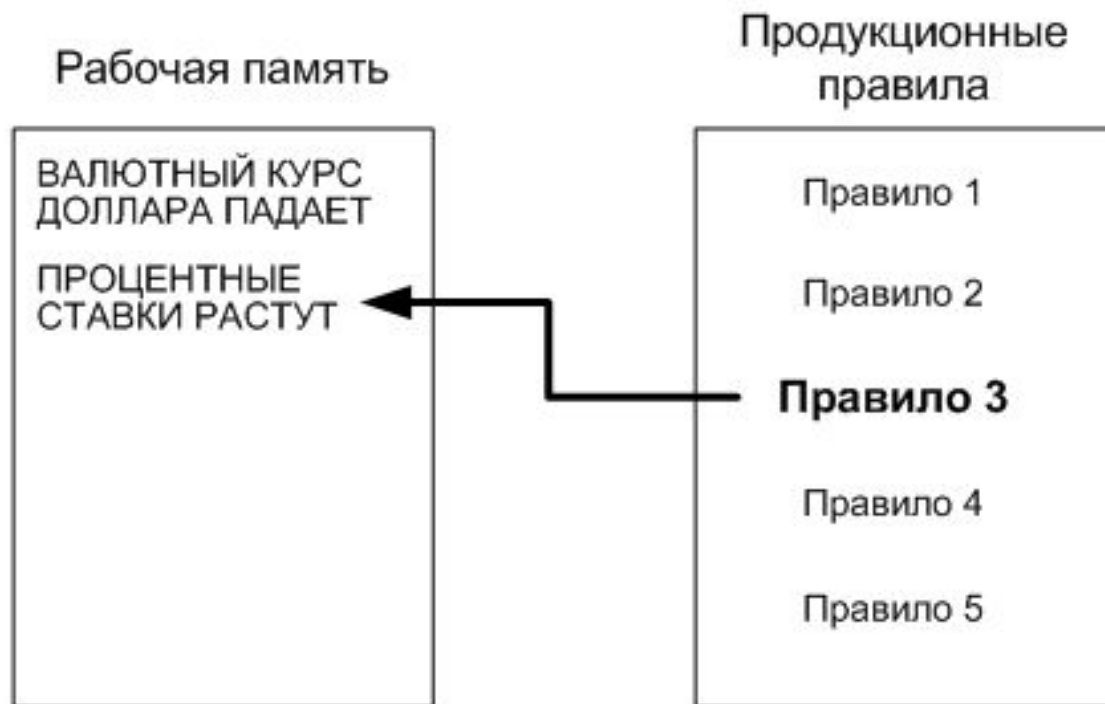
Продукционные правила



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.

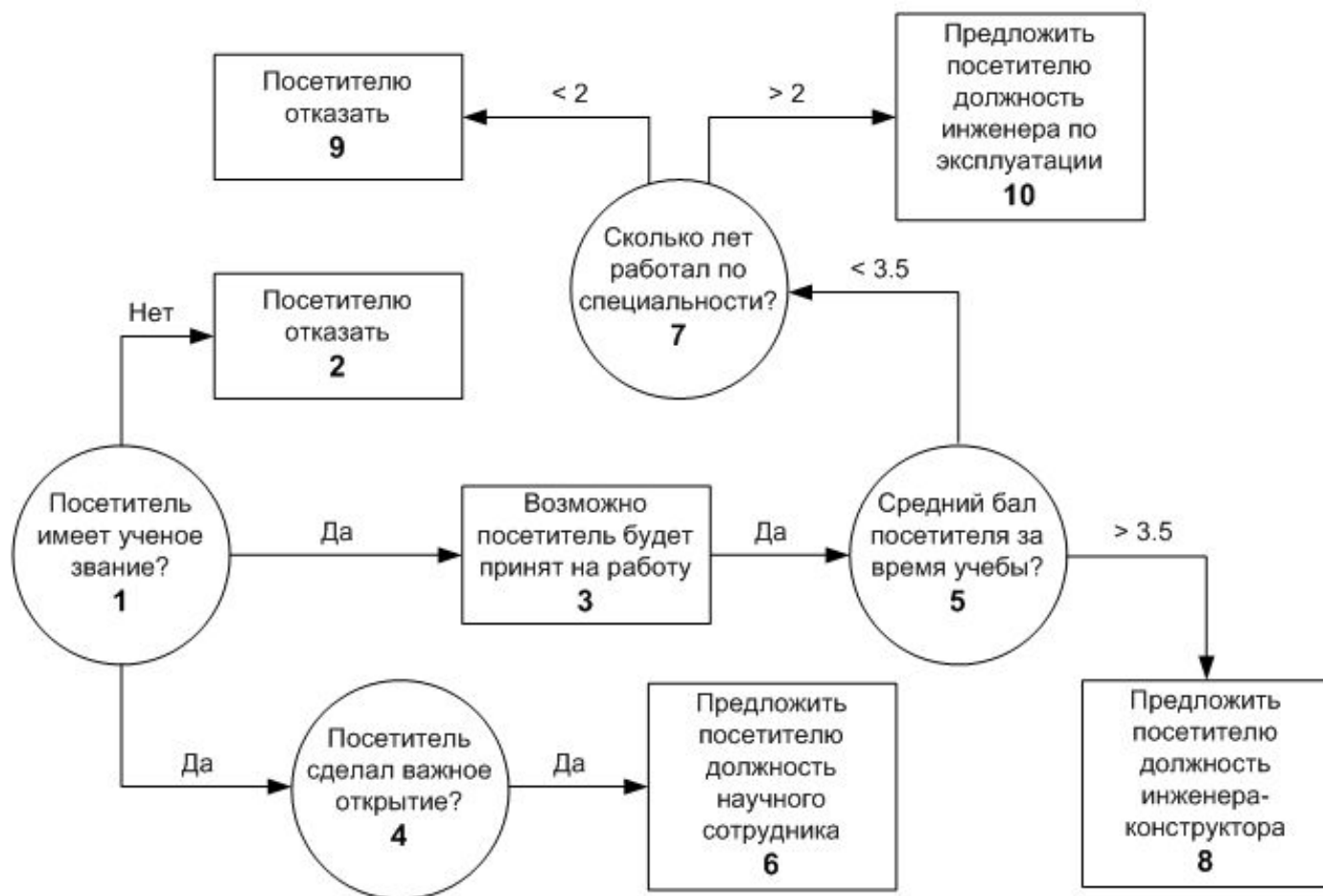
Алгоритм обратного вывода

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

- р Определить цель для логического вывода и выбрать ее в качестве текущей подцели.
- р 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.
- р Выбрать в качестве подцелей факты из условия из данного правила.
- р Если в списке подцелей имеются факты, истинность или значение которых могут быть запрошены у пользователя, то задать пользователю соответствующие вопросы.
- р Если очередная подцель выведена, то перейти к шагу 2.
- р Если очередная подцель не может быть выведена или запрошена у пользователя, сообщить, что ответ получить невозможно.
- р 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 метабправила

- 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.