

**Севастопольский государственный университет
Институт информационных технологий**

**Методы и системы искусственного
интеллекта**

Бондарев Владимир Николаевич

Продукционные модели.

Продукционные системы

В **системах продукций** знания представляются с помощью наборов правил вида: “**если A , то B** “. Здесь A и B могут пониматься как “ситуация – действие”, “причина – следствие”, “условие – заключение” и т.п. Часто правило-продукцию записывают в виде:

$$A \Rightarrow B.$$

Однако не следует отождествлять правило-продукцию и отношение логического следования.

Примера правила из базы знаний экспертной системы **MYCIN** :

Если

- 1) место выделения культуры – кровь, и
- 2) реакция микроорганизма – грамотрицательная, и
- 3) форма микроорганизма – палочка, и
- 4) пациент относится к группе риска,

то

5) с уверенностью (0,6) название микроорганизма – *pseudomonias aeruginosa*.

Продукционные системы

В базе знаний системы MYCIN факты представляются с помощью **триплета**: *объект–атрибут–значение*.

| № факта | Объект | Атрибут | Значение |
|---------|---------------|----------------------------|-------------------------|
| 1) | культура | место | кровь |
| 2) | микроорганизм | реакция | грамотрицательная |
| 3) | микроорганизм | форма | палочка |
| 4) | пациент | принадлежит к группе риска | истина |
| 5) | микроорганизм | название | pseudomonias aeruginosa |

Если первые четыре факта окажутся истинными, то в базу знаний будет помещен новый факт, представляемый триплетом объект–атрибут–значение. Хранение фактов в виде триплетов повышает эффективности процедур поиска в базе знаний.

Продукционные системы

Во многих случаях **правило-продукцию** записывают в обобщенной форме

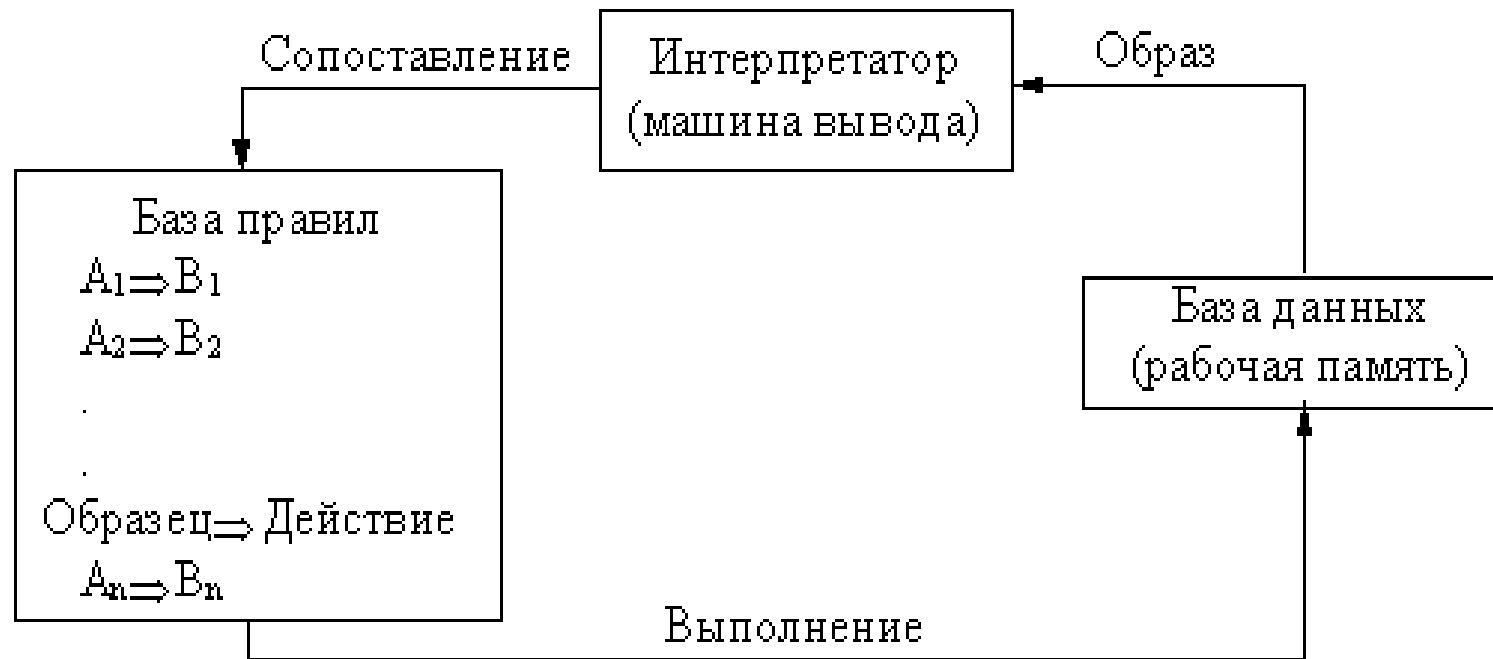
$$Rnj : (Pr, Bc, A \Rightarrow B, Ac) ,$$

где ***Rnj*** – идентификатор *j*-продукции в *n*-наборе продукций; ***Pr*** – приоритет правила продукции; ***Bc*** – предусловие применимости ядра продукции, представляющее предикат, при выполнении которого активизируется ядро продукции; ***Ac*** – постусловия продукции, определяющие действия и процедуры, которые необходимо выполнить после выполнения ядра продукции.

В общем случае **продукционная система** включает следующие компоненты:

- базу продукционных правил;
- базу данных (рабочую память);
- интерпретатор.

Продукционные системы

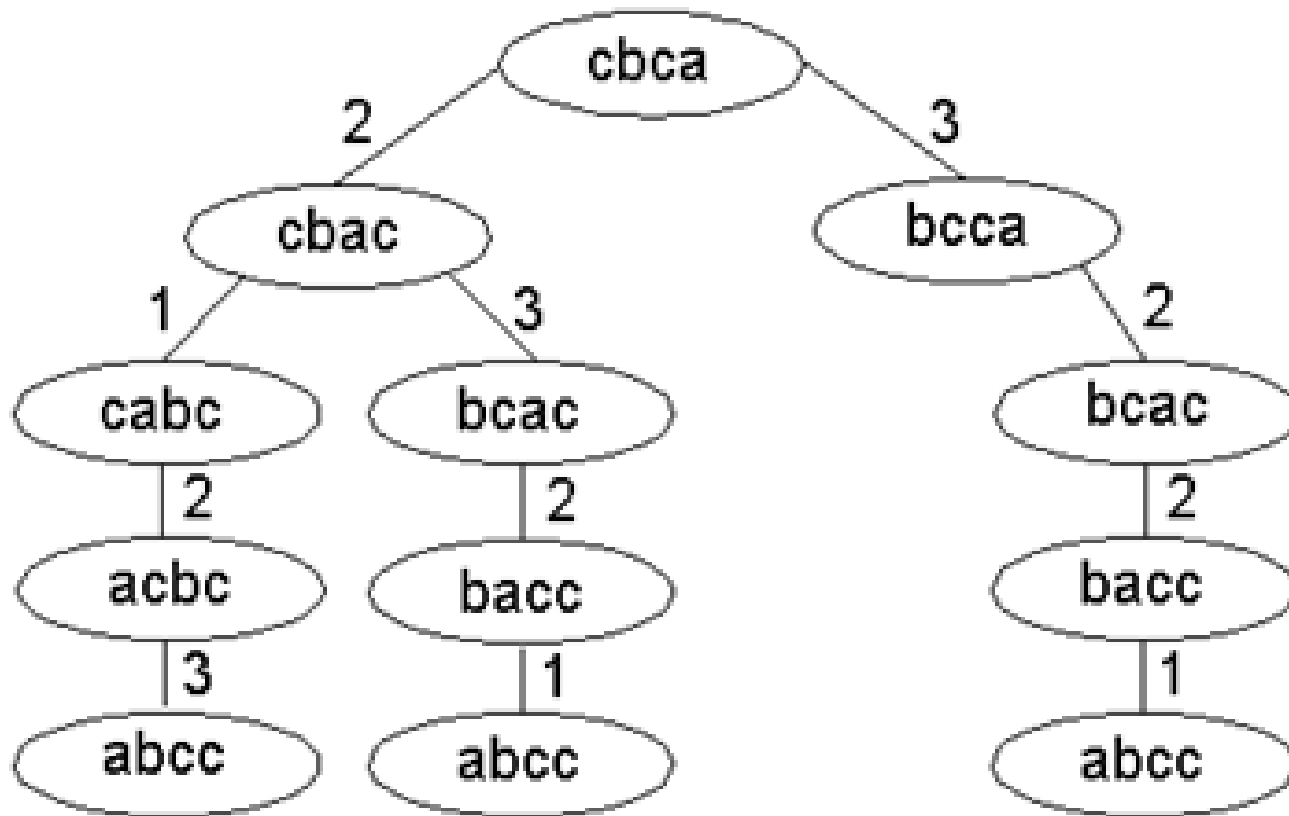


Процесс вывода, основанный на **поиске по образцу**, состоит из четырех шагов: 1) выбор образа; 2) сопоставление образа с образцом и формирование **конфликтного набора правил**; 3) разрешение конфликтов; 4) выполнение правила.

Сортировка строки с помощью правил-продукций

Множество продукций

1. $ba \Rightarrow ab$ 2. $ca \Rightarrow ac$ 3. $cb \Rightarrow bc$



Т.о. поиск решения в продукционных системах соответствует поиску в пространстве состояний.

Управление выводом в продукционных системах

Управление выводом в продукционных системах предполагает решение двух вопросов :

- 1) с чего следует начинать процесс вывода;
- 2) как поступить, если на некотором шаге вывода возможен выбор различных вариантов его продолжения.

Ответ на первый вопрос приводит к **прямой и обратной** цепочке рассуждений, а на второй вопрос – к **механизмам разрешения конфликтов** в продукционных системах.

Прямой вывод начинается с задания исходных данных решаемой задачи, которые фиксируются в виде фактов в рабочей памяти системы. Правила, применяемые к исходным данным, обеспечивают генерацию новых фактов, добавляемых в рабочую память. Процесс продолжается, пока не будет получено целевое состояние рабочей памяти.

Прямой вывод в продукционных системах

Множество правил-продукций

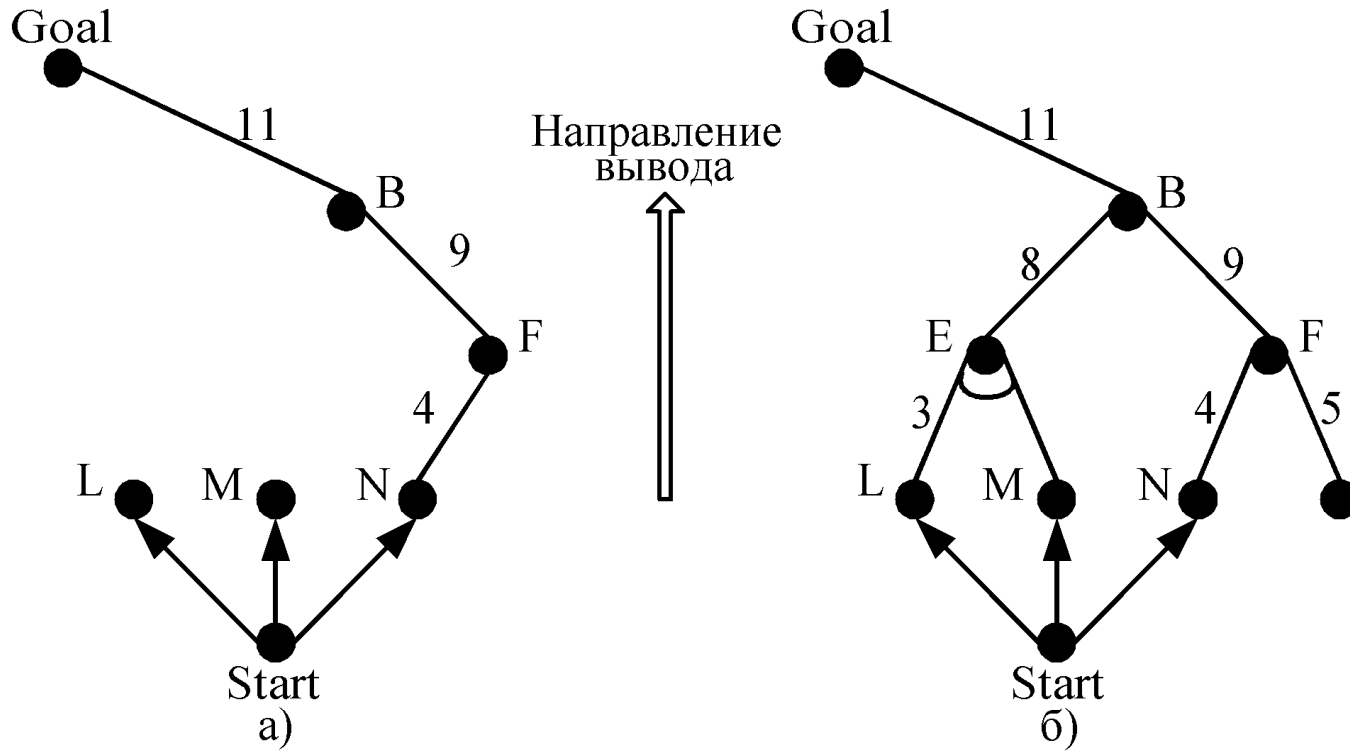
- 1) $G \wedge H \rightarrow C$ 2) $I \wedge K \rightarrow D$ 3) $L \wedge M \rightarrow E$ 4) $N \rightarrow F$ 5) $O \rightarrow F$
6) $C \rightarrow A$ 7) $D \rightarrow A$ 8) $E \rightarrow B$ 9) $F \rightarrow B$
10) $A \rightarrow goal$ 11) $B \rightarrow goal$

Исходные данные:

$START = \{L, M, N\}$

| № шага | Рабочая память | Конфликтное множество | Активизируемое правило |
|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 0 | L, M, N | - | - |
| 1 | L, M, N | 3,4 | 4 |
| 2 | L, M, N, F | 3,9 | 9 |
| 3 | L, M, N, F, B | 3,11 | 11 |
| 4 | $L, M, N, F, B, Goal$ | 3 | Остановка |

Прямой вывод в продукционных системах



Поиск в глубину (а) и поиск в ширину (б).

Обратный вывод в продукционных системах

Обратный вывод начинается с целевого утверждения, которое фиксируется в рабочей памяти. Затем отыскивается правило-продукция, заключение которого сопоставимо с целью. Условия данного правила помещаются в рабочую память и становятся новой подцелью. Процесс повторяется до тех пор, пока в рабочей памяти не будут найдены факты, подтверждающие целевое утверждение.

Проиллюстрируем обратный вывод на множестве продукций предыдущего примера. Процесс вывода начинается с того, что в рабочую память помещается целевое утверждение *Goal*, а также множество исходных фактов $\{L, M, N\}$, которые считаются истинными утверждениями.

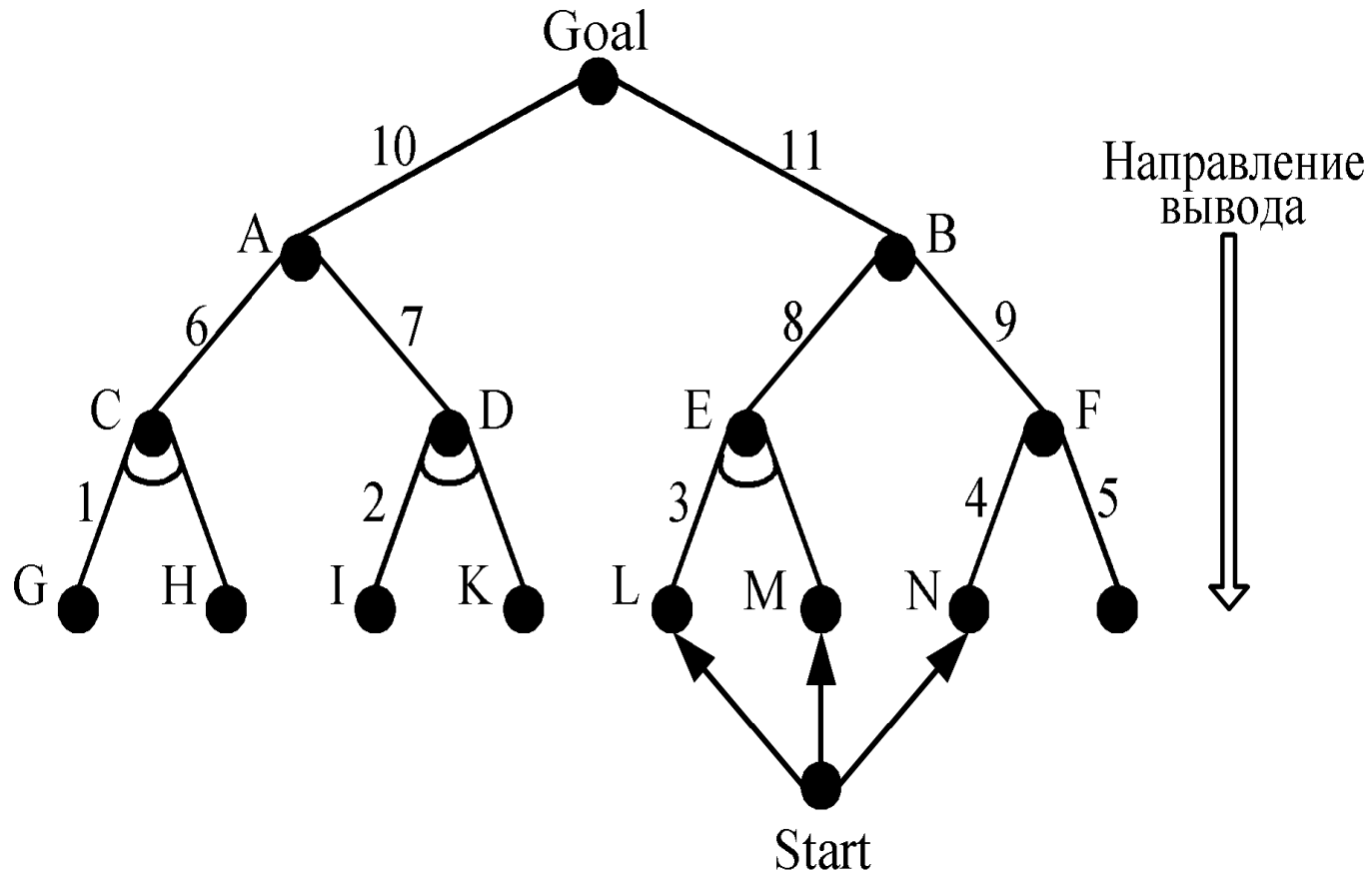
Переменные в правилах могут принимать три возможных значения: “не определено”, “ложь”, “истина”. В этом случае начальное значение переменной *Goal* – “не определено”, а факты *L*, *M*, и *N* имеют значение “истина”.

Обратный вывод в продукционных системах

- 1) $G \wedge H \rightarrow C$ 2) $I \wedge K \rightarrow D$ 3) $L \wedge M \rightarrow E$ 4) $N \rightarrow F$ 5) $O \rightarrow F$
6) $C \rightarrow A$ 7) $D \rightarrow A$ 8) $E \rightarrow B$ 9) $F \rightarrow B$
10) $A \rightarrow goal$ 11) $B \rightarrow goal$

| № шага | Рабочая память | Конфликтное множество | Активизируемое правило |
|--------|---|-----------------------|------------------------|
| 0 | Goal, L, M, N | 10,11 | 10 |
| 1 | Goal, A, L, M, N | 11,6,7 | 11 |
| 2 | Goal, A, B, L, M, N | 6,7,8,9 | 6 |
| 3 | Goal, A, B, C, L, M, N | 7,8,9,1 | 7 |
| 4 | Goal, A, B, C, D, L, M, N | 8,9,1,2 | 8 |
| 5 | Goal, A, B, C, D, E, L, M, N | 9,1,2,3 | 9 |
| 6 | Goal, A, B, C, D, E, F, L, M, N | 1,2,3,4,5 | 1 |
| 7 | Goal, A, B, C, D, E, F, G, H, L, M, N | 2,3,4,5 | 2 |
| 8 | Goal, A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N | 3,4,5 | 3 |
| 9 | Goal, A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N | 4,5 | Остановка |

Обратный вывод в продукционных системах



При активизации правила 3 устанавливается, что его посылки **L** и **M** являются фактами. Следовательно, фактом является и заключение **E**. Далее, если верно **E**, то верно и **B** (правило 8). И наконец, если верно **B**, то справедливо и целевое утверждение **Goal** (правило 11).

Управление разрешением конфликтов

Порядок активизации правил конфликтного множества определяется выбранной **стратегией разрешения конфликтов**.

Кроме простых стратегий (выбор первого или последнего правила) разрешений конфликтов используют также:

- принцип “стопки книг”;
- принцип наиболее длинного условия;
- принцип метапродукций;
- принцип приоритетного выбора.

Достоинства продукционных моделей:

- универсальность;
- модульность;
- декларативность;
- естественность процесса вывода заключений;
- асинхронность и естественный параллелизм.