

Гинкул Г.П., Соловьев С.Ю.

**Алгоритм цитирования
для построения гибридных выводов
в продукционных системах**

Введение

Развитие глобальной сети Интернет актуализировало большое количество исследований, посвященных различным аспектам взаимодействия между распределенными программными системами вообще и экспертными системами в частности. Для экспертных систем отличительными видами взаимодействий являются: выработка коллективного мнения [1], обмен знаниями, обучение, а также цитирование из внешних источников знаний. Формализация перечисленных процессов еще не закончена, идет процесс накопления частных решений. Рассмотрим задачу цитирования для хорошо изученных монотонных продукционных систем [2].

1. Продукционные системы

В общем случае продукционная система состоит из трех компонент: набора продукций, рабочей памяти и управляющей структуры [3]. Из всего многообразия продукционных систем выделим для дальнейшего рассмотрения один специальный подкласс.

Будем рассматривать продукционные системы с обратным выводом, различающиеся наборами правил, списками окончательных диагнозов и алгоритмами разрешения конфликтов. Соответственно каждая такая продукционная система определяется тройкой $\langle P, D, E \rangle$, где

P – множество продукционных правил (продукций);

D – упорядоченный список потенциально возможных заключительных диагнозов;

E – алгоритм разрешения конфликтов.

Дополнительно будем полагать, что в рабочую память продукционной системы заранее загружено множество фактов F_0 , описывающих проблемную ситуацию, для которой необходимо найти диагноз.

Продукционные правила множества P имеют вид $IF f_1 \& \dots \& f_n THEN f$. Правила, в THEN-частях которых располагается факт f , называются f -правилами.

Упорядоченный список диагнозов $D = (d_1, d_2, \dots, d_m)$ используется как очередь гипотез, подлежащих последовательной проверке. Если очередная гипотеза $d = d_i$ подтверждается, то продукционная система формирует так называемое мотивированное заключение и

завершает свою работу. Если же гипотеза d_i не подтверждается, то проверяется гипотеза d_{i+1} и т.д. Если ни одна гипотеза из списка D не подтверждается, то производственная система выдает сообщение ОТКАЗ.

Алгоритм E позволяет из заданного множества производственных правил выбрать одно правило. Обычно алгоритм E реализует некоторую универсальную стратегию разрешения конфликтов [4].

На каждом такте своей работы алгоритм обратного вывода анализирует заданную гипотезу h , формирует множество h -правил, из которого при помощи алгоритма E выбирает для продолжения некоторое правило $IF\ h_1 \ \& \dots \ \& \ h_n\ THEN\ h$. Гипотеза h считается подтвердившейся, если для каждого факта h_j из IF -части выбранного правила выполняется одно из двух:

либо h_j содержится в рабочей памяти производственной системы;

либо гипотеза h_j подтверждается тем же самым алгоритмом обратного вывода.

Подтвердившиеся гипотезы заносятся в рабочую память производственной системы, а подтвердившие их правила рассматриваются как материал для построения мотивированного заключения. Однажды выбранные производственные правила в дальнейшей работе производственной системы участия не принимают, они игнорируются алгоритмом разрешения конфликтов E . Если алгоритм E не в состоянии выбрать продукцию для продолжения, то он выдает сообщение ОТКАЗ, и гипотеза h считается опровергнутой.

Для наших целей важно зафиксировать, что алгоритм разрешения конфликтов для заданной гипотезы h выдает *либо* некоторое производственное правило, *либо* сообщение ОТКАЗ:

$E(h)$ есть *либо* h -правило, *либо* ОТКАЗ.

Под мотивированным заключением диагноза d понимается минимальное по количеству элементов множество продукции $P_d \subseteq P$, удовлетворяющее следующим свойствам:

1. P_d содержит ровно одно d -правило;
2. если P_d содержит правило $IF\ h_1 \ \& \dots \ \& \ h_n\ THEN\ h$, то для каждого факта h_i из IF -части этого правила справедливо одно из двух:

либо $h_i \in F_0$;

либо P_d содержит ровно одно h_i -правило.

Приведенное определение мотивированного заключения является самодостаточным: любое заданное множество продукции Q можно проверить на соответствие определению, а при положительном ответе можно выявить факт, играющий роль заключительного диагноза d , а также множество невыводимых фактов $T(Q)$. По определению множество $T(Q)$ составляют факты, которые встречаются в IF -частях правил из Q и не встречаются в $THEN$ -частях:

если $Q \subseteq P$, то $T(Q) \subseteq F_0$.

Если мотивированное заключение P_d адресуется человеку, то P_d необходимо снабдить подсистемой объяснений или преобразовать в удобочитаемый текст. В настоящей работе вопросы конвертации P_d в текст не рассматриваются.

Схематично действие продукционной системы $S = \langle P, D, E \rangle$ по анализу заданной проблемной ситуации F_0 сводится

либо к виду $S : F_0 \rightarrow P_d$,

либо к виду $S : F_0 \rightarrow \text{ОТКАЗ}$.

2. Задача цитирования

Рассмотрим две различные, но согласованные продукционные системы $S = \langle P, D, E \rangle$ и $S_1 = \langle Q, D_1, E_1 \rangle$. Под согласованностью будем понимать выполнение трех условий. *Во-первых*, одинаковые по смыслу элементы, описывающие проблемные области систем S и S_1 , в обеих системах представляются одним и тем же фактом. *Во-вторых*, в обеих системах продукционные правила построены с использованием одинакового синтаксиса. *В-третьих*, $D \cap D_1 \neq \emptyset$. Первые два условия позволяют переносить продукции из системы в систему без технических затруднений, а третье условие позволяет использовать обе системы в консилиумах.

Предположим, что в проблемной ситуации F_0 система S_1 способна построить мотивированное заключение Q_d некоторого диагноза d , а система S сообщает о невозможности построить заключение P_d , хотя $d \in D$. То есть:

$$S : F_0 \rightarrow \text{ОТКАЗ},$$

$$S_1 : F_0 \rightarrow Q_d, \text{ для некоторого } d \text{ из } D \cap D_1.$$

На месте системы S настойчивый ученый способен воспользоваться (в порядке цитирования) чужими знаниями и все-таки построить некоторый – гибридный – вывод диагноза d . Между тем современные продукционные системы такими способностями не обладают, а потому разработка и включение в состав продукционных систем алгоритма цитирования представляет определенный научный интерес. Строго говоря, для системы S задача цитирования состоит

в построении мотивированного заключения диагноза d

посредством привлечения некоторых продукций из Q_d

с последующей оценкой оригинальности полученного заключения.

Предлагаемый метод решения задачи цитирования для описанного класса продукционных систем состоит в модификации алгоритма разрешения конфликтов. Фактически предлагается в продукционной системе $S = \langle P, D, E \rangle$ алгоритм E заменить на E^+ и перейти к продукционной системе $S^+ = \langle P, D^+, E^+ \rangle$, где список D^+ получается из D перемещением гипотезы d на первое место. Алгоритм

E^+ в качестве дополнительного аргумента использует мотивированное заключение Q_d и реализует следующее вычисление:

$E^+(h, Q_d)$: *Если* $E(h) = \text{ОТКАЗ}$
 но $Q_d \setminus P$ содержит h -правило q ,
 то результатом является правило q ;
 иначе результатом является $E(h)$.

При $Q_d = \emptyset$ алгоритм E^+ вырождается в E , а при $Q_d \neq \emptyset$ продукционная система S^+ гарантированно строит мотивированное заключение P'_d диагноза d :

$$S^+ : (F_0, Q_d) \rightarrow P'_d,$$

причем P'_d содержит хотя бы одно правило из $Q_d \setminus P$.

Простейшая оценка оригинальности полученного заключения определяется величиной $k = k_1 / k_2$, где k_1 – количество элементов множества $P'_d \setminus Q_d$, а k_2 – количество элементов в P'_d . В худшем случае, соответствующем 100% заимствованию знаний, $P'_d = Q_d$ и $k = 0$. В наилучшем, но недостижимом случае, когда в заключении P'_d не используются сторонние правила, $k = 1$. Более тонкие оценки оригинальности вычисляются как меры сходства [5] множеств $T(Q_d)$ и $T(P'_d)$.

Заключение

Описанный алгоритм цитирования не гарантирует построение максимально возможного оригинального заключения P'_d , однако этот недостаток окупается лаконизмом предложенного алгоритма. Включение в состав продукционной системы алгоритма цитирования требует минимальных изменений лишь в одном модуле управляющей структуры.

Литература

1. Гинкул Г.П. Согласованное принятие решения в распределенных экспертных системах // Труды 54 научно-технической конференции МИРЭА, часть 1. – М.: МИРЭА, 2004. С. 90-94.
2. Kumar E. Artificial Intelligence. – New Delhi: I.K.International Publishing House, 2008.
3. Люгер Дж. Искусственный интеллект: средства и методы решения сложных проблем. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2003.
4. Джаррантано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2007.
5. Раушенбах Г.В. Меры близости и сходства // Анализ нечисловой информации в социологических исследованиях. – М.: Наука, 1985. С. 169-203.