

УДК 004.81

ФОКУСИРОВАННЫЕ ГИБРИДНЫЕ ВЫВОДЫ В ПРОДУКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

С.Ю. Соловьев (soloviev@glossary.ru)
факультет ВМК МГУ, Москва

В работе рассматривается задача привлечения правил сторонней продукционной системы для построения так называемого гибридного вывода предопределенного диагноза. Приводятся структурные свойства набора сторонних правил, допускающих связанное описание области расхождения двух продукционных систем знаний. Описывается пороговый алгоритм подтверждения гибридного вывода.

Ключевые слова: продукционные системы, правила, алгоритм логического вывода.

Введение

Эксперт, приглашенный для работы в составе некоторого консилиума, обязан считаться с (мотивированными) мнениями коллег. Зачастую под воздействием альтернативных суждений эксперту приходится изменять собственную точку зрения. На этом эффекте, в частности, построен дельфийский метод группового принятия решений [Орлов, 2005]. Способность к модификации собственных суждений под воздействием альтернативной аргументации без сомнения относится к интеллектуальным способностям человека, а алгоритм, имитирующий эту способность, представляется необходимым компонентом сетевых интеллектуальных систем.

В [Ginkul at al., 2013] рассмотрен простейший вариант задачи модификации суждений, когда в формальном консилиуме участвуют две продукционные системы с обратным выводом, а собственно модификация сводится к заимствованию продукционных правил альтернативной системы. Как выяснилось, в этом случае алгоритм цитирования естественным образом встраивается в процедуру разрешения конфликтов, однако полученный при этом гибридный вывод зачастую носит “мозаичный” характер: сторонние правила рассредоточены по разным ветвям вывода, что затрудняет сравнение областей компетенции двух

систем знаний. Далее обсуждается подход к построению гибридного вывода, лишенного указанного недостатка.

1. Задача цитирования

Будем рассматривать две производственные системы с монотонным выводом [Осипов, 2013], одна из которых называется оригинальной, а другая – альтернативной. Основное изложение ведется “от имени” оригинальной системы, а альтернативная система рассматривается как поставщик дополнительных производственных правил (правил-цитат). Считается, что обе производственные системы различаются (1) процедурами разрешения конфликтов, (2) наборами правил O_{PS} и A_{PS} , а также (3) списками потенциально возможных целевых заключений (диагнозов). При этом одинаковые по смыслу элементы, описывающие проблемные области в обеих системах, обозначаются одинаково. Относительно каждой системы предполагается:

- все производственные правила имеют вид IF f_1 & ... & f_n THEN f ;
- в рабочую память загружено множество фактов S , описывающих проблемную ситуацию, относительно которой производственные системы должны прийти к общему диагнозу;
- для построения заключений используется обратный вывод, в ходе которого подтвердившиеся гипотезы заносятся в рабочую память, а подтвердившие их правила в дальнейшем рассматриваются как материал для построения, так называемого, мотивированного заключения.

Под мотивированным заключением диагноза d понимается минимальное по количеству элементов множество производств $P(d)$, удовлетворяющее следующим свойствам:

- $P(d)$ содержит ровно одно правило вида IF ... THEN d ;
- если $P(d)$ содержит правило IF h_1 & ... & h_n THEN h , то для каждой посылки h_i ($i = 1 \dots n$) справедливо одно из двух: либо $h_i \in S$, либо $P(d)$ содержит единственное правило вида IF ... THEN h_i .

В мотивированном заключении подтвердившейся гипотезе h соответствует правило IF ... THEN h .

Каждое мотивированное заключение можно однозначно представить деревом с помеченными вершинами (деревом вывода), в котором

- корень помечен диагнозом d ;
- терминальные вершины помечены фактами из множества S ;
- внутренние вершины помечены подтвержденными гипотезами;
- если h – метка вершины v , и заключение $P(d)$ содержит правило IF h_1 & ... & h_n THEN h , то вершина v имеет ровно n потомков, помеченных фактами h_1, \dots, h_n .

На рис.1 представлено дерево вывода для мотивированного заключения, состоящего из трех продукций:

IF $a \& b \& c$ THEN d , IF $e \& b$ THEN a , IF $f \& g$ THEN c .

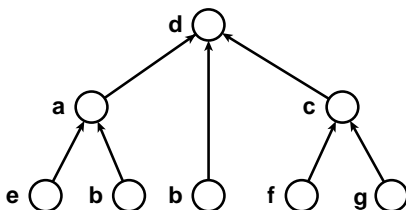


Рис.1. Пример дерева вывода мотивированного заключения

В общем случае дерево вывода может содержать несколько вершин, помеченных одним и тем же фактом или гипотезой. Пример дерева такого рода приведен в левой части рис.3. Если две вершины помечены одинаково, то соответствующие поддеревья изоморфны.

Пусть $P(d)$ – некоторое мотивированное заключение. Если $P(d) \subseteq O_{PS}$ или $P(d) \subseteq A_{PS}$, то $P(d)$ – мотивированное заключение, полученное соответственно оригинальной или альтернативной продукционными системами. Построением мотивированного заключения в пределах той или иной продукционной системы занимается блок логического вывода.

Задача цитирования состоит в том, чтобы по заданному мотивированному заключению $P_A(d) \subseteq A_{PS}$, полученному в альтернативной системе, построить силами оригинальной системы мотивированное заключение $P(d) \subseteq O_{PS} \cup P_A(d)$.

Заметим, что с формальной точки зрения задача цитирования всегда имеет решение: достаточно положить $P(d) = P_A(d)$. Проблема лишь в том, чтобы построить фокусированный гибридный вывод –суть– множество $P(d)$, в котором все сторонние продукции из $P(d) \setminus O_{PS}$ образуют минимальный связный подграф.

2. Фокусированный гибридный вывод

Предположим, что оригинальная продукционная система располагает мотивированным заключением $P_A(d)$, где d – диагноз, который требуется подтвердить. Для каждого правила IF ... THEN h из множества $P_A(d)$ можно проверить выводимость гипотезы h в оригинальной продукционной системе. При этом все гипотезы и факты, упомянутые в $P_A(d)$, распадаются на два непересекающихся подмножества:

$H^{(A)}$ – гипотезы, подтверждающиеся только в альтернативной системе;

$H^{(\#)}$ – факты из S , а также гипотезы, подтверждающиеся в обеих системах.

Случай $d \in H^{(\#)}$ означает, что диагноз d выводим в оригинальной системе без привлечения сторонних правил, и использование механизма

цитирования является избыточным. В дальнейшем будем полагать, что $d \notin H^{(\#)}$.

Если h – некоторая гипотеза, и $h \in H^{(\#)}$, то, с одной стороны, в оригинальной системе существует хотя бы одно мотивированное заключение $P_O(h)$, а, с другой стороны, из правил $P_A(d)$ можно сконструировать мотивированное заключение $P_A(h)$. Вообще говоря, $P_O(h)$ и $P_A(h)$ – разные множества правил, подтверждающие гипотезу h .

Назовем шапкой дерева вывода любое его поддерево, корень которого совпадает с корнем исходного дерева.

Наличие непересекающихся подмножеств $H^{(A)}$ и $H^{(\#)}$ порождает раскраску (двумя красками) вершин дерева мотивированного заключения $P_A(h)$. Пример раскраски приводится в левой части рис.2. По построению на каждом пути от корня дерева вывода к терминальной вершине найдется (первое по порядку) ребро, вершины которого окрашены по-разному. Упомянутые ребра образуют сечение дерева. Назовем доминантой дерева вывода альтернативного заключения его максимальную (по числу вершин) шапку, не содержащую ребра сечения. Будем использовать обозначение δ для количества различных гипотез задействованных в качестве меток доминанты. Для доминанты, представленной в правой части рис.2, имеем: $\delta = 6$.

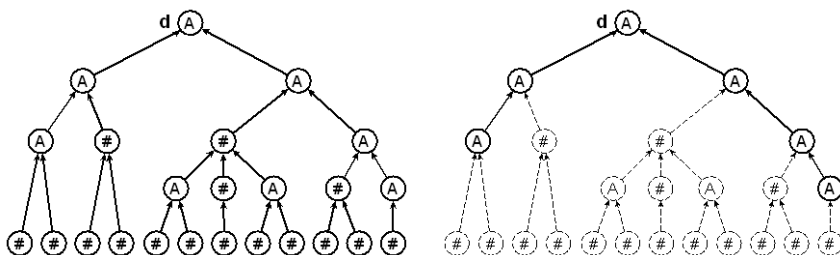


Рис.2. Пример раскраски дерева вывода альтернативного мотивированного заключения (слева) и его доминанта (справа)

Гипотезы из доминанты не выводятся в оригинальной продукционной системе и нуждаются (если это возможно) в особом порядке подтверждения. Подход к разработке особого порядка излагается далее, здесь же заметим, что доминанта является связным множеством, объясняющим невозможность подтверждения диагноза d в оригинальной системе.

3. Особый порядок подтверждения диагноза

Под особым порядком понимается процедура, которая реализует правдоподобное рассуждение, оценивающее доминанту с точки зрения ее

допустимости или недопустимости для заданной (оригинальной) продукционной системы. Базовый подход к конструированию процедур такого рода состоит в реализации порогового алгоритма, основанного на вычислении числовой оценки правдоподобия доминанты – обозначим ее α – с последующим сравнением этой оценки с заданным порогом α_{\min} . Если $\alpha > \alpha_{\min}$, то использование доминанты в оригинальной продукционной системе считается допустимым.

Для оценки правдоподобия доминанты рассмотрим – см. пример на рис.3 – два дерева вывода одного и того же диагноза d :

— дерево вывода в альтернативной продукционной системе и

— дерево фокусированного гибридного вывода.

В этих деревьях можно выделить общую часть – суть – пару изоморфных шапок, обладающих двумя свойствами.

1. Изоморфные вершины шапок помечены одинаковыми диагнозами/гипотезами/фактами.
2. Шапки не поддаются расширению с сохранением свойства 1.

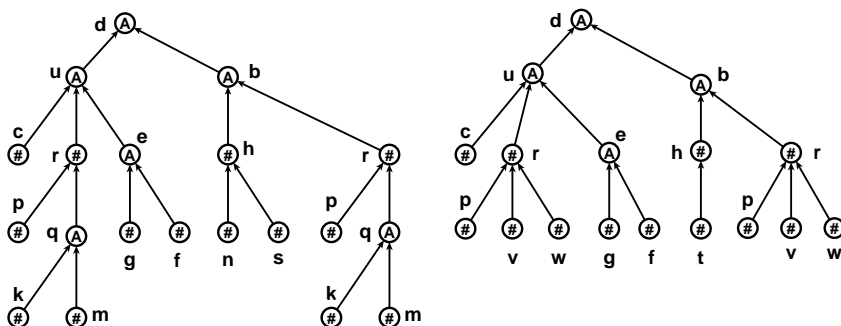


Рис.3. Пример дерева вывода в альтернативной продукционной системе (слева) и дерева фокусированного гибридного вывода (справа)

Нетрудно убедиться, что общая часть (см., например левую часть рис. 4) включает в себя доминанту и ее окрестность первого порядка, однако может содержать и другие вершины (такие как r и p). С содержательной точки зрения общая часть деревьев представляет собой совместный продукт двух продукционных систем, в котором можно определить доли их участия. Одну из этих долей предлагается использовать в качестве искомой оценки правдоподобия: $\alpha = \beta / \gamma$, где β – количество гипотез в общей части, подтверждаемых правилами оригинальной продукционной системы, а γ – количество гипотез в общей части. Понятно, что $\alpha = (\gamma - \delta) / \gamma$.

Для примера, представленного на рис.3 и рис.4, общая часть содержит шесть различных гипотез: d, u, b, e, r, h , первые четыре из которых входят в доминанту, то есть $\delta = 4, \gamma = 6$ и, окончательно, $\alpha = 1/3$.

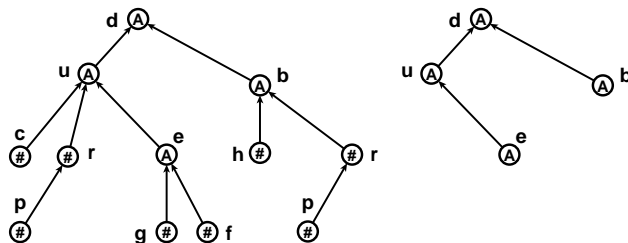


Рис.4. Общая часть деревьев вывода, представленных на рис.3 (слева) и доминанта (справа)

Заключение

Описанный метод построения фокусированных гибридных выводов входит в состав продукционной системы в виде отдельного программного блока, способного обрабатывать альтернативные мотивированные заключения.

Список литературы

- [Орлов, 2005] Орлов А.И. Теория принятия решений. – М.: Экзамен, 2005.
- [Осипов, 2013] Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. – М.: Либроком, 2013.
- [Ginkul at al., 2013] Ginkul G. and Soloviev S. The Quoting-Based Algorithm for Cooperative Decision Making in Production Systems // Proc. Int. Conf. IIS, Chisinau: IMCS. 2013. – <http://park.glossary.ru?24>

FOCUSED HYBRID INFERENCE IN PRODUCTION SYSTEMS

S.Y. Soloviev (soloviev@glossary.ru)
CM&C faculty, Moscow State University

The paper represents (a) task of attracting rules external production system for the construction of the so-called hybrid inference predetermined diagnosis; (b) structural property of a set of external rules which allows to build a connected description of the differences area of the two production systems; and (c) threshold algorithm for confirmation hybrid inference.

Keywords: production systems, rules, logical inferences