

УДК 004.81

ОЦЕНКИ ГИБРИДНЫХ ВЫВОДОВ В ПРОДУКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

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

В работе рассматриваются гибридные логические выводы, построенные одной продукционной системой с привлечением правил из другой продукционной системы. Основное внимание уделяется способу вычисления оценок оригинальности гибридных выводов.

Введение

В некоторых случаях эксперт для выработки заключения вынужден – в порядке цитирования – заимствовать знания своих коллег. Алгоритм, имитирующий способность человека к целенаправленному цитированию, представляется необходимым компонентом сетевых интеллектуальных систем. Понятно, что сам факт существования алгоритма цитирования и его свойства существенно зависят от способа представления знаний и особенностей реализации логического вывода. Однако, в любом случае полученное в результате цитирования экспертное заключение неизбежно опирается на некоторое количество “чужих мыслей” и поэтому нуждается в оценке оригинальности.

1. Алгоритм цитирования для продукционных систем

Как показано в [Ginkul at al., 2013] для продукционных систем с монотонным выводом [Осипов, 2013] алгоритм цитирования естественным образом встраивается в процедуру разрешения конфликтов. Алгоритм исходит из существования двух продукционных систем, одна из которых именуется оригинальной, а другая – альтернативной. Основное изложение ведется применительно к оригинальной системе, а альтернативная система рассматривается как потенциальный источник цитат. Обе продукционные 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, представляются одинаковыми фактами. Относительно каждой системы предполагается:

- все продукционные правила имеют вид IF f_1 & ... & f_n THEN f ;
- для построения заключений используется обратный вывод;
- в рабочую память загружено множество фактов S , описывающих проблемную ситуацию, для которой необходимо найти диагноз;
- для каждой выдвинутой гипотезы процедура разрешения конфликтов вырабатывает либо продукционное правило, либо сообщение об отказе в подтверждении гипотезы;
- подтвержденные гипотезы заносятся в рабочую память, а подтвердившие их правила рассматриваются как материал для построения мотивированного заключения.

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

1. $P(d)$ содержит ровно одно правило вида IF ... THEN d ;
2. если $P(d)$ содержит правило IF h_1 & ... & h_n THEN h , то для каждого факта h_i ($i = 1 \dots n$) справедливо одно из двух:

либо $h_i \in S$;

либо $P(d)$ содержит ровно одно правило вида IF ... THEN h_i .

Каждое мотивированное заключение можно представить в виде ациклического ориентированного графа как это показано на рис.1 для мотивированного заключения, состоящего из трех продукций: IF a & b & c THEN d , IF e & b THEN a и IF f & g THEN c

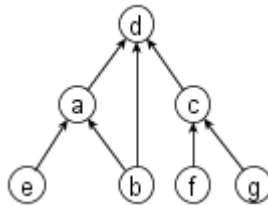


Рис.1. Пример мотивированного заключения

Для описанного класса продукционных систем реализация способности к цитированию сводится к двум модификациям стандартной процедуры разрешения конфликтов. Во-первых, модифицированная процедура в качестве дополнительного аргумента использует альтернативное мотивированное заключение, полученное, соответственно, альтернативной продукционной системой. Альтернативное заключение используется как сборник цитат. Во-вторых, если стандартная процедура разрешения конфликтов впервые сталкивается с необходимостью выработать отказ в подтверждении определенной гипотезы, то модифицированная процедура предлагает использовать правило (если оно есть) из альтернативного заключения. Фактически на каждом шаге логического вывода

продукционная система “до последнего” пытается использовать собственные оригинальные правила, и лишь по их исчерпанию обращается к альтернативным знаниям.

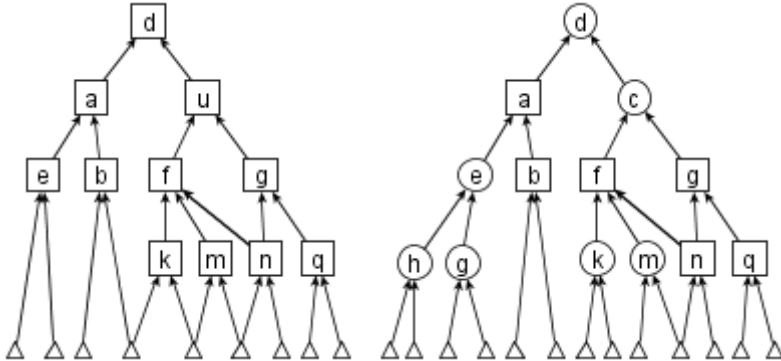


Рис.2. Примеры альтернативного (слева) и гибридного (справа) мотивированных заключений

Если альтернативное заключение диагноза d задано, то любая продукционная система с модифицированной процедурой разрешения конфликтов гарантированно строит мотивированное заключение диагноза d , именуемое гибридным заключением. В худшем случае гибридное заключение совпадает с альтернативным, а в лучшем случае – гибридное заключение является оригинальным, состоящим исключительно из оригинальных правил. В общем случае гибридное заключение содержит и оригинальные, и альтернативные правила. На рис.2 приведены примеры альтернативного заключения и построенного с его помощью гибридного заключения. Прямоугольники на рис.2 соответствуют альтернативным правилам-цитатам.

2. Оценки гибридных заключений

В интересах практического использования гибридных заключений необходимо иметь способ вычисления оценок их оригинальности. Для определенности будем полагать, что оценки оригинальности 0 и 1 отвечают соответственно альтернативным и оригинальным заключениям.

Поскольку альтернативное и гибридное заключения представляют собой множества продукций (обозначим их A и G), то в основу оценки разумно положить известное [Деца и др., 2008] расстояние биотопа (расстояние Танимото):

$$|A \Delta G| / |A \cup G| \equiv 1 - |A \cap G| / |A \cup G|.$$

Однако, применительно к оценке оригинальности расстояние биотопа обладает двумя дефектами.

Первый дефект состоит в нечувствительности расстояния биотопа к дубликатам продукционных правил из $C = A_{PS} \cap O_{PS}$. Дубликат, попавший в гибридное заключение, неоправданно уменьшает расстояние биотопа. Устранение указанного дефекта приводит к окончательной формуле

$$\text{Оценка}(A,G) = 1 - |(A \cap G) \setminus C| / |A \cup G|,$$

Для заключений, представленных на рис.2 (при $C = \emptyset$), вычисление оценки приводит к следующим результатам: $|A \cup G| = 18$, $|A \cap G| = 6$ и, окончательно, $\text{Оценка}(A,G) = 2/3$.

Второй дефект заключается в игнорировании структурных связей в гибридном заключении. Однажды привлеченное к выводу альтернативное правило автоматически инициирует применение других альтернативных правил, которые, тем не менее, следует отличать от инициирующих правил. Компенсировать этот дефект можно использованием вспомогательной оценки оригинальности

$$\text{Оценка}'(A,G) = (|W| + Q) / (|W \cup B| + 1),$$

где $W = \{ (\text{IF} \dots \text{THEN} Z) \in T \mid (\text{IF} \dots Z \dots \text{THEN} Y) \in F \}$,

$$B = \{ (\text{IF} \dots \text{THEN} Z) \in F \mid (\text{IF} \dots Z \dots \text{THEN} Y) \in T \},$$

$$T = G \cap O_{PS}, \quad F = (G \cap A_{PS}) \setminus C,$$

$Q = 1$, если множество T содержит корневое правило гибридного заключения G ; в противном случае $Q = 0$.

Множества W и B составляют правила, инициирующие попадание в заключение G соответственно оригинальных и альтернативных правил. Для примера на рис.2 (при $C = \emptyset$) правила множества W отмечены в G символами e, k, m , правила множества B – символами a, f, g ; $Q = 1$ и, окончательно, $\text{Оценка}'(A,G) = 4/7$. Вспомогательная оценка позволяет принимать решения в ситуациях, когда основная оценка не дает определенных рекомендаций.

Заключение

Приведенные оценки оригинальности гибридных выводов позволяют в исследованиях по взаимодействию систем, основанных на знаниях, перейти от теоретических изысканий к вычислительным экспериментам.

Список литературы

- [Деза и др., 2008] Деза Е.И., Деза М.М. Энциклопедический словарь расстояний. – М.: Наука, 2008.
- [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/serios/read_24.php