

УДК 004.7

СИСТЕМА ОБОБЩЕННЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОДУКЦИЙ: ПРОБЛЕМЫ ОБОБЩЕНИЯ И ВЫВОДА

Марьин С.А., Ситников Д.Э.

Харьковская государственная академия культуры

В статье рассматриваются особенности построения вывода с помощью множества обобщенных семантических продукционных правил. Указывается, что противоречивые знания в базе знаний – это не допущенная ошибка, а неустранимое качество знаний. В статье приведены особенности отражения этого феномена с помощью обобщенных семантических правил. Приведено исследование типов обобщений, доказательство свойства транзитивности подстановочного обобщения. Даны определения подстановочному обобщению и отношению обобщения.

Ключевые слова: продукция, метапродукция, семантическая продукция, вывод, обобщенная семантическая продукция, подстановочное обобщение, отношение обобщения.

Постановка проблемы. В настоящее время использование интеллектуальных систем становится все более актуальным. Для подобных систем, для их интеллектуального блока зачастую используются не обычные стандартные модели представления знаний, а более развитые и сложные, которые обеспечивают качественное описание предметной области, высокий уровень быстродействия.

В статье исследуются особенности построения выводов на основе использования обобщенных семантических продукций, а также применение операции обобщения для продукционных правил в метасемантической модели представления знаний.

Анализ последних исследований и публикаций. Решения задач вывода и обобщения в области искусственного интеллекта достаточно важно и является одной из наиболее полно освещенных в научной литературе. Можно перечислить следующие источники. Интересно, что в общем виде задача обобщения достаточно широка и включает как гуманитарную, так и техническую составляющие.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Исследование особенностей построения вывода на обобщенных семантических продукциях, подходы к построению бесконфликтного набора обобщенных продукций, и в общем, определение подстановочного обобщения в метасемантических моделях находится на начальном этапе.

Формулирование целей статьи. Целью данной статьи является исследование проблемы построения непротиворечивых выводов в современных интеллектуальных системах на основе использования обобщенных семантических продукций метасемантического подхода.

Изложение основного материала исследования. Построение вывода в интеллектуальной системе при наличии обобщенных продукций производится аналогично выводу с обычными семантическими продукциями. Однако, обобщенные продукции имеют большую производительность, поскольку каждая за один такт может породить или уничтожить сразу несколько отношений в сети.

Рассмотрим проблемы вывода на основе множества обобщенных семантических продукций. Пусть сеть, на которой заданы продукции, состоит из четырех объектов A_1, A_2, A_3, A_4 и содержит два типа отношений L_1, L_2 . Выпишем следующие отношения: $P_1=P(A_1, L_1, A_1)$, $P_2=P(A_2, L_1, A_2)$,

$P_3=P(A_3, L_1, A_3)$, $P_4=P(A_4, L_1, A_4)$, $P_5=P(A_1, L_2, A_2)$, $P_6=P(A_2, L_2, A_3)$, $P_7=P(A_3, L_2, A_4)$, $P_8=P(A_4, L_2, A_1)$.

Зададим начальное состояние сети:

$$S(t_0) = P_1 \wedge P_2 \wedge \bar{P}_3 \wedge \bar{P}_4 \wedge \bar{P}_5 \wedge \bar{P}_6 \wedge \bar{P}_7 \wedge P_8.$$

Результаты вывода приведены в табл. 1. и на рисунках 1-3. Можно заметить, что процесс вывода в данном примере заикливается: последовательность состояний (со 2-го по 5-й такты) будет в дальнейшем бесконечно повторяться.

Таблица 1

Результат эволюции семантической сети под управлением продукций

Время	$S(t)$
t_0	$P_1 \wedge P_2 \wedge \bar{P}_3 \wedge \bar{P}_4 \wedge \bar{P}_5 \wedge \bar{P}_6 \wedge \bar{P}_7 \wedge P_8$
$t_0 + \tau$	$P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge P_4 \wedge P_5 \wedge \bar{P}_6 \wedge \bar{P}_7 \wedge \bar{P}_8$
$t_0 + 2\tau$	$\bar{P}_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge P_4 \wedge P_5 \wedge P_6 \wedge \bar{P}_7 \wedge \bar{P}_8$
$t_0 + 3\tau$	$P_1 \wedge \bar{P}_2 \wedge P_3 \wedge P_4 \wedge \bar{P}_5 \wedge \bar{P}_6 \wedge P_7 \wedge P_8$
$t_0 + 4\tau$	$P_1 \wedge P_2 \wedge \bar{P}_3 \wedge P_4 \wedge \bar{P}_5 \wedge \bar{P}_6 \wedge P_7 \wedge P_8$
$t_0 + 5\tau$	$P_1 \wedge \bar{P}_2 \wedge P_3 \wedge P_4 \wedge P_5 \wedge \bar{P}_6 \wedge \bar{P}_7 \wedge P_8$

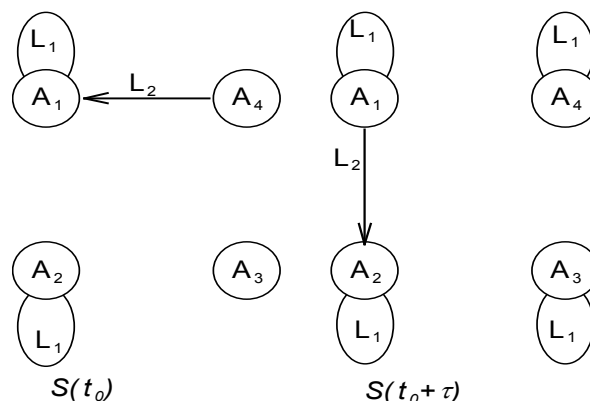


Рис. 1. Графическое представление состояния сети во время вывода

Часто знания, которые необходимо представить в виде продукционной системы, содержат противоречия, приводящие к несовместным выводам. Они могут возникать, в частности, потому, что эксперт не всегда осознает границы применимости своих правил или допускает логические

ошибки в рассуждениях. В некоторых областях знаний существуют несовместимые системы взглядов, например, в физике противоречие между необратимостью движения (раздел термодинамики) и обратимостью (раздел механики). Более того, специалистами по искусственному интеллекту нередко высказывается мнение, что противоречия – неотъемлемое свойство любых знаний. Рассмотрим отражение этого феномена знаний на системе семантических продукций. Дополним совокупность продукций семантическим правилом вида:

$$R_5: \text{IF } P(A_x, L_1, A_x) \text{ } P(A_y, L_1, A_y) \text{ } P(A_z, L_2, A_x) \\ \text{THEN } P(A_x, L_2, A_y).$$

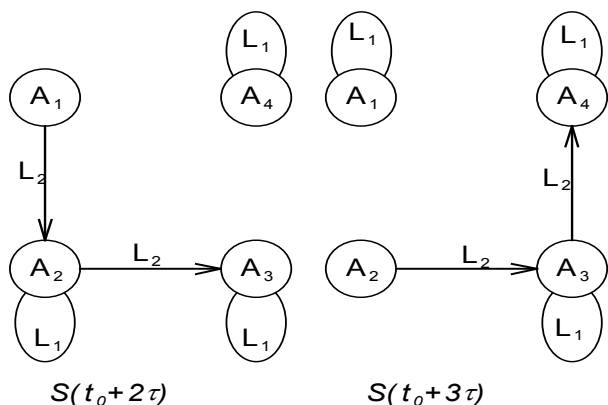


Рис. 2. Графическое представление состояния сети во время вывода

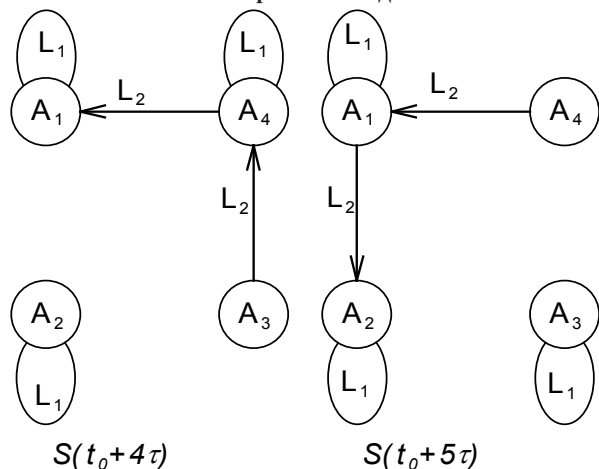


Рис. 3. Графическое представление состояния сети во время вывода

Очевидно, что на первом же такте вывода перед интеллектуальной системой станет проблема выбора пути преобразования семантической сети: изменять фрагмент сети, следуя правилу R_1 или R_5 . Подобная ситуация называется конфликтом либо противоречием. Поскольку, любую продукцию можно рассматривать с двух точек зрения и с информационной, и с процедурной, поэтому и конфликты между продукционными правилами будем рассматривать с этих двух сторон.

В качестве примера исследуем два правила [1]:

R_1 : ЕСЛИ <животное теплокровное> и <имеет крылья> ТО <птица>;

R_2 : ЕСЛИ <животное теплокровное> и <имеет четыре лапы> ТО <зверь>.

На первый взгляд никакого явного противоречия между этими информационными продукция-

ми нет. Однако, если исходным состоянием базы данных для них будет «летучая мышь», тогда вывод на них приведет к результатам: «летучая мышь – это зверь» и «летучая мышь – это птица». Очевидно, что этот вывод противоречит естественной связи между фактами «птица – это не зверь». Таким образом, существование не учитываемых отношений между фактами в базе данных приводит к построению недопустимого описания предметной области. Рассмотрим пример противоречия на сети и конфликтующие семантические продукции. Пусть заданы отношения L_1 – нагревать, L_2 – быть теплым, L_3 – содержать антифриз, L_4 – быть холодным; объект A_1 – солнечные лучи, тогда следующие продукции могут привести к противоречивому выводу при исходном состоянии базы данных, представленном на рис 4:

$$R_1: \text{IF } P(A_1, L_1, A_x) \text{ THEN } P(A_x, L_2, A_x);$$

$$R_2: \text{IF } P(A_x, L_3, A_x) \text{ THEN } P(A_x, L_4, A_x).$$

Наличие у некоторого объекта одновременно двух свойств «быть теплым» и «быть холодным» в большинстве случаев представляет противоречие (недопустимое состояние базы фактов). Противоречия подобного рода назовем семантическими, поскольку для их выявления необходимо использовать смысл, который приписывается знакам данной формальной системы.

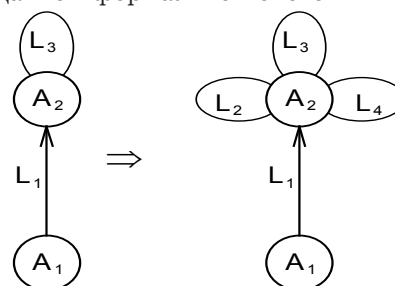


Рис. 4. Пример семантического противоречия

Рассмотрим специфику противоречий между процедурными продукциями. Они ориентированы на преобразование исходной ситуации путем выполнения некоторого действия. При этом одни элементы ситуации заменяются на другие. Таким образом, процедурная продукция представляет связь: <исходная ситуация>, <действие>, <результатирующая ситуация>. Конфликт возникает, когда существуют две или более продукции, предлагающие различные способы действий и, соответственно, различные связи типа: <исходная ситуация> – <результатирующая ситуация>. Связь между продукционными действиями жестче, чем между фактами. В определенный момент времени допустимо только одно действие, т.е. продукционные заключения априори исключают друг друга. Для определения противоречивых продукций, в этом случае, достаточно синтаксической информации. Поэтому процедурные конфликты назовем синтаксическими.

Хотя семантические продукции ближе к процедурному типу, класс синтаксических противоречий невелик. Это обусловлено представлением сетевой продукции <исходная ситуация> – <результатирующая ситуация> в виде множества продукций <исходная ситуация> – <элемент результирующей ситуации> в совокупности с

принципом параллелизма. Поскольку, элементы для разных ситуаций могут совпадать, теряется жесткая исключаяющая связь между заключительными частями продукций. Таким образом, класс семантических продукций, находящихся в синтаксическом конфликте, включает те обобщенные продукции, заключительные части которых различаются операцией («убить/родить»), производимой над отношениями одного типа. Пример подобного противоречия приведен в начале данного пункта.

Любая обобщенная продукция имеет область определения, представленную множеством состояний семантической сети. Будем считать, что две продукции противоречивы, если их области определения хотя бы пересекаются, а заключительные части указывают на противоположные операции над отношениями одного типа.

К одной из основных причин существования противоречивых продукций в базе знаний относятся сложности описываемой предметной области. Фактически, продукции формализуют ситуативную классификацию, где каждому элементу этой классификации поставлено в соответствие некоторое действие. При создании подобной структуры, в первую очередь, должно быть удовлетворено условие полного покрытия всех возможных состояний моделируемой системы продукционными условиями [2]. Отсюда, возникновение пересекающихся классов ситуаций.

Рассмотрим отношения между множествами, реализующими классы ситуаций. Пусть Ψ , Ξ – множества ситуаций, соответствующие различным классам (можно трактовать как условные части обобщенных продукционных правил). К возникновению конфликта, согласно определению, может привести отношение непустого пересечения между ними, т.е. $\Psi \cap \Xi \neq \emptyset$. Как особые случаи выделим отношения $\Psi \subset \Xi$ (включения) и $\Psi \equiv \Xi$ (эквивалентности).

Конфликты между продукционными правилами, antecedentes которых связаны отношением включения, встречаются довольно часто. Один из способов их преодоления – установление последовательности срабатывания на основе отношений «общее-частное» между продукциями. Например, обычную математическую запись:

$$f(x) = \begin{cases} \sin(x), & \text{если } x \neq 0, \\ 1, & \text{если } x = 0, \end{cases}$$

можно представить с помощью продукционных правил в виде: $f(x) \Rightarrow \sin(x)$, $f(0) \Rightarrow 1$. Очевиден порядок применения продукций: сначала частная $f(0) \Rightarrow 1$, затем общая $f(x) \Rightarrow \sin(x)$. Для того, чтобы использовать подобный механизм в системе продукций, необходимо формальное определить отношение «общее-частное» или, иначе, «правило-исключение».

Определим понятие подстановки. Подстановка – это матрица следующего вида:

$$\gamma = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ q_1 & q_2 & \dots & q_n \end{pmatrix},$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – попарно различные переменные, а строка q_1, q_2, \dots, q_n представляет собой некоторую цепочку констант и переменных. В условной части семантических продукций есть два типа непересекающихся множеств переменных, поэтому введем два типа подстановок δ_1 и δ_2 .

В δ_1 на месте x_1, x_2, \dots, x_n находятся объектные переменные и A_x, A_y, A_z , а константы в строке q_1, q_2, \dots, q_n представляют собой идентификаторы объектов; в δ_2 , соответственно, переменные типов отношений и имена конкретных отношений.

Композиция подстановок δ_1, δ_2 есть подстановка. Обозначим ее γ^k . Если существует подстановка γ^k такая, что для продукций R_i и R_j выполняется соотношение: $R_j = \gamma^k R_i$, то продукция R_j называется *частным случаем* или *специализацией продукции* R_i , а R_i – обобщение продукции R_j . Предложенный формализм известен в литературе как *подстановочное обобщение* [3].

Теорема 1

Подстановочное обобщение транзитивно: если R_j – частный случай R_i , а R_i – частный случай R_k , то R_j – частный случай R_k .

Доказательство. По условию теоремы существуют подстановки γ_1^k и γ_2^k такие, что $R_j = \gamma_1^k R_i$, $R_i = \gamma_2^k R_k$. Отсюда, $R_j = \gamma_1^k \gamma_2^k R_k$. Но композиция подстановок γ_1^k и γ_2^k также является подстановкой, следовательно, R_j – частный случай R_k . ■

Предложенный формализм не исчерпывает всех типов обобщения. Например, результат введения альтернативного описания нельзя представить в терминах подстановок. Рассмотрим как строится этот тип обобщения. Пусть t_1, t_2, \dots, t_n – это образцы. Образец – это последовательность предикатов P , описывающих конкретные и обобщенные отношения, связанная конъюнкцией. Если в продукцию R_j добавляются посылки t_1, t_2, \dots, t_n , то полученную при этом продукцию будем записывать в виде $R_j \times \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$. Пусть существуют R_i, R_j и $R_i = R_j \times \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, то будем утверждать, что R_i получена введением альтернатив из R_j . Подстановку и введение альтернатив можно совмещать. Если γ – подстановка, то очевидно:

$$\gamma(R_i \times \{t_1, t_2, \dots, t_n\}) = \gamma R_i \times \{\gamma t_1, \gamma t_2, \dots, \gamma t_n\}.$$

Итак, сформулируем определение отношения обобщения. Если дана цепочка продукций: $R_j = R_1, R_2, \dots, R_n = R_i$, причем каждая следующая продукция, получается из предыдущей по одному из двух рассмотренных выше типов обобщения, то продукция R_j есть частный случай продукции R_i . Данное определение вводит на множестве продукций отношение «правило-исключение», позволяющее строго описать стратегию разрешения конфликтов между продукционными правилами, antecedentes которых связаны отношением включения. Эта стратегия известна как *принцип наиболее длинного условия* [4, 5].

Еще один тип конфликта предполагает существование продукций с эквивалентными условными частями и различными заключительными. Очевидно, что процесс вывода, использующий только приведенную выше стратегию не будет способен управлять такими противоречиями. Поэтому, интеллектуальную систему (а именно, подсистему управления выводом) снабжают дополнительными стратегиями. Известно несколько принципов подобных стратегий. Принцип *приоритетного выбора*. Связан с введением статических или динамических приоритетов на продукциях. Статические приоритеты определяются априори, а динамические в процессе функционирования системы продукций. Принцип *«стопки книг»*. Основан на идее,

что наиболее часто используемая продукция является наиболее полезной. Частота использования продукций в прошлом определяет порядок применения конфликтующих продукций. Обычно для исполнения берется та продукция, частота использования которой максимальна. Принцип *управления по именам*. Ориентирован на априорное установление связей между правилами (между заключительными частями одних правил и условными других). В качестве формального механизма, в этом случае, используют либо грамматики либо граф связи правил [6, 7]. Принцип «*метапродукций*». Эксплуатирует идею ввода в систему продукций специальных метапродукций, задачей которых яв-

ляется организация управления продуктами при возможности неоднозначного выбора из фронта готовых продукций. Этот подход характеризуется определенным универсализмом, поскольку с его помощью можно реализовать большинство их указанных стратегий.

Выводы. В статье проведен анализ процессов построения выводов на основе использования обобщенных семантических продукций в рамках метасемантического подхода. Исследованы подходы к построению обобщенных семантических продукций. Присутствует теоретический анализ обобщения, обобщения по образцам и подстановочного обобщения.

Список литературы:

1. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратеги и методы решения сложных проблем – М.: Изд дом «Вильямс», 2003 – 864 с.
2. Кихо Д. Создание искусственного интеллекта для игр. – М. Изд. дом «Вильямс», 2015. – 215 с.
3. Попов Э.В. Алгоритмические основы интеллектуальных роботов и искусственного интеллекта.- М. Наука, 2003. – 455 с.
4. Саак А.Э. Информационные технологии управления // А.Э Саак, Е.В. Пахомов, В.Н. Тюшняков – СПб.: Питер, 2013. – 320 с.
5. Варламов О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Мировое информационное пространство // О. Варламов – М.: Радио и связь, 2002. – 288 с.
6. Джарратано Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирование // Дж. Джарратано, Г. Райли – М.: ООО Изд. дом «Вильямс», 2007. – 1152 с.
7. Осипов Г.С. Методы искусственного интеллекта. – М.: Физматлит, 2011. – 296 с.

Мар'їн С.О., Ситніков Д.Е.

Харківська державна академія культури

СИСТЕМА УЗАГАЛЬНЕНИХ СЕМАНТИЧНИХ ПРОДУКЦІЙ: ПРОБЛЕМИ УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА ВИВЕДЕННЯ

Анотація

У статті розглядаються особливості побудови виведення за допомогою безлічі узагальнених продукційних правил. Суперечливі знання – це не допущена помилка, а непереборне якість знань. Особливості відображення цього феномена за допомогою узагальнених семантичних правил. Дослідження типів узагальнень, підстановлювальний узагальнення, доказ властивості транзитивності підстановлювальний узагальнення. Дано визначення відношенню узагальнення.

Ключові слова: продукція, метапродукція, семантична продукція, висновок, узагальнена семантична продукція, підстановлювальний узагальнення, ставлення узагальнення.

Marin S.A., Sitnikov D.E.

Kharkiv State Academy of Culture

GENERALIZED SEMANTIC PRODUCTS: GENERALIZATION AND CONCLUSION PROBLEM

Summary

The article deals with the features of constructing output using a set of generalized production rules. Contradictory knowledge is not an admitted error, but an ineradicable quality of knowledge. Features of reflection of this phenomenon with the help of generalized semantic rules. Study generalizations types, substitution generalization, proof of the transitivity property of a substitution generalization. A definition of the generalization relation is given.

Keywords: products, metarule, semantic products, inference, generalized semantic products, substitution generalization, generalization relation.