

*Н. В. КРИВИЧ, С. А. МАРЬИН*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ С ПАРАМЕТРАМИ В МЕТАСЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ**

В настоящее время модели представления знаний используются скорее как средство для борьбы со сложностью управления и контроля над некоторой предметной областью, чем как простой контейнер для хранения экспертных знаний. Отсюда становится очевидной необходимость развития уже известных и широко применяемых при построении экспертных систем методов с целью адаптировать их к возросшим требованиям [1]. В этой связи, чрезвычайно актуальной до сих пор остается проблема представления знаний в интеллектуальных системах. Данная работа посвящена проблеме моделирования процесса принятия решений в сложных динамических предметных областях, знания о которых представляются в виде многоуровневых систем метапродукций, дополненных отношениями с параметрами. Основные принципы и идеи формирования многоуровневых моделей рассматриваются в [2, 3, 4]. Данная работа является продолжением исследований по теории и приложениям продукционных моделей к различным задачам представления и использования знаний. Использование метасемантического подхода позволяет моделировать объекты со сложной динамикой поведения. Однако при моделировании таких объектов возникает проблема описания как декларативно заданных свойств, так и свойств, характеризующих числовыми значениями, которые, в общем случае, не остаются постоянными, а динамично изменяются при развитии системы.

На данный момент наиболее полно подобные системы можно было бы описать при помощи модели “сущность-связь” (“Entity-Relation Model”), предложенной П. Ченом [5]. В этой модели предметная область представляется в виде сущностей, связей и атрибутов. Атрибут является свойством сущности и может быть как числовым так и символьным. Однако такая модель не позволяет изменять значение атрибутов при выводе на этих знаниях.

Остановимся более подробно на понятии “отношения с параметром”. Подобное отношение представляет собой некоторый тип отношений, которые имеют различие лишь в числовой характеристике самого отношения. т. е., по определению, отношение с параметром определяет множество отношений, описывающих одно и то же взаимодействие при различных значениях характеристик этого взаимодействия.

В процессе формирования предикатов и вывода на продукциях отношение с параметром ведет себя так же как и любое другое отношение. При этом при построении предиката, мы не обращаем внимания на значение числовой характеристики отношения, считая предикат одним и тем же при любом ее значении. Предикат, задающий отношение с параметрами, имеет следующий вид:

$$P_l = P(A_i, L_k(X), A_j), \quad (1)$$

где —  $l \in \{1, \dots, N\}$ ,  $N$  — количество предикатов;

$A_i, A_j$  — объекты ( $i, j \in \{1, \dots, M\}$ ,  $M$  — количество объектов);

$L_k$  — отношение ( $k \in \{1, \dots, K\}$ ,  $K$  — количество отношений);

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  — множество всех существующих параметров  $x_i$ , общее для всех отношений. Другими словами, каждое отношение имеет в качестве параметров все множество  $X$ , при этом, если отношение не зависит от какого либо параметра из данного множества, то значение этого параметра равно nil. Таким образом, отношение без параметров является частным случаем отношения с параметром, у которого все параметры nil. Параметры предиката  $P_l$  будем записывать в виде:  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Значение числовой характеристики может влиять на процессы “рождения” и “смерти” отношений, как и сам факт “рождения” или “смерти” отношения может вызывать изменение в значениях числовых характеристик других отношений. Поэтому кроме правил (продукций) “рождения” и “смерти” отношений необходимо ввести, во-первых, правила “преобразования”, вызывающие изменение значения параметра отношения, задаваемого предикатом в заключительной части. Правила такого типа записываются следующим образом:

$$R_j: IF (S_i) THEN \tilde{P}_k, \quad (2)$$

где индекс  $i$  при  $S$  обозначает номер состояния в ходе вывода, исходное состояние имеет индекс 0.

И, во-вторых, ввести правила, в условной части которых может находиться условие на значение некоторого подмножества множества параметров  $X$  для некоторых предикатов. Например, если правило выполняется при условии, что значения параметров  $x_1$  и  $x_2$  предиката  $P_2$  равны значениям параметров  $x_1$  и  $x_2$  предиката  $P_5$  и в данный момент не существует отношения, задаваемого предикатом  $P_8$ , то правило имеет следующий вид:

$$R_j : IF [(x_1, x_2)_2 = (x_1, x_2)_5] \wedge \bar{P}_8) THEN P_8 .$$

Каждому предикату отношения с параметром в соответствие ставится набор функций, по которым изменяется этот параметр. Множество этих функций можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} X_i &= F(X_{i-1}, p), \\ p &\subset \{P\}, F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $X_i, X_{i-1}$  — множества значений параметров на  $i$  и на  $i-1$  шагах вывода;  $\{P\}$  — множество предикатов.

В общем случае в динамике развития сложных объектов правила их поведения не остаются постоянными во времени. В любой момент времени правила описываются некоторым состоянием более высокого уровня. “Рождение” или “смерть” отношения на этом уровне равноценно появлению новых и исчезновению некоторых действующих правил. Определим “правило с параметрами” как такое правило, в консеквенте которого находится предикат отношения с параметром; параметрами правила являются функции, задающие правила изменения параметров отношения. Подобно тому как правила поведения объектов не постоянны во времени, правила изменения параметров также могут изменяться во времени. Следовательно, необходимо дополнить метасемантическую модель механизмом, определяющим эти изменения. Каждому правилу с параметрами ставится в соответствие набор функций, определяющих изменение параметров этого правила, а следовательно, — функций, задающих правила изменения параметров отношения.

Для любого уровня  $n$  метасемантической модели существуют метаправила с параметрами, у которых в качестве параметров выступают функции изменения параметров правил более низкого уровня. В этом случае метаправила имеют вид

$$R_j^{(n)} : IF (S_i^{(n)}) THEN \tilde{R}_k^{(n-1)} \quad (4)$$

Следовательно, параметры метаправила  $n$ -го уровня представимы в виде

$$x_i^{(n)} \stackrel{def}{=} f^{(n-1)}(x^{(n-1)}, r^{(n-1)}), \quad (5)$$

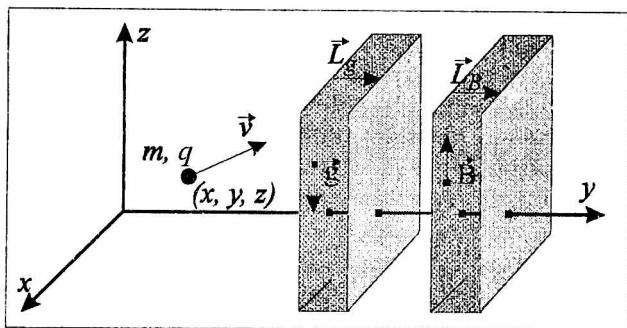
где  $r^{(n-1)} \subset \{R^{(n-1)}\}$ .

По аналогии с нулевым уровнем каждому метаправилу с параметрами ставится в соответствие набор функций, определяющих изменение параметра, а именно:

$$\begin{aligned} X^{(n)} &= F^{(n)}(X^{(n)}, r^{(n)}), \\ r^{(n)} &\subset \{R^{(n)}\}, F^{(n)} = \{f_1^{(n)}, f_2^{(n)}, \dots, f_m^{(n)}\} \end{aligned} \quad (6)$$

В заключение рассмотрим пример применения метасемантической модели, дополненной отношениями с параметрами для моделирования физической задачи. Рассмотрим движение заряженной частицы, обладающей массой  $m$  и зарядом  $q$  (см. рисунок). Полагаем три возможных случая: свободное движение, движение в гравитационном ( $\vec{g}$ ) и в магнитном полях ( $\vec{B}$ ) (поля не пересекаются). В каждом случае движение частицы описывается различными законами движения.

Смоделировав данную задачу, мы получаем наборы из объектов, отношений и их параметров; наборы продукций первого уровня и метапродукции, которые регулируют изменение законов движения частицы при изменении внешних условий. В процессе вывода на полученных продукциях, используя физические законы движения частицы при различных внешних условиях, мы можем решить задачу об определении координат и скорости частицы в любой момент времени.



Таким образом, введение отношений с параметрами в метасемантическую модель представления знаний не нарушило ее целостности, однотипности представления данных и знаний на всех уровнях и универсальности, что значительно расширило круг проблем, для описания которых удобно применять именно метасемантическую модель. В частности расширение метасемантической модели механизмом работы с параметром позволяет

моделировать объекты со сложной динамикой поведения, имеющие числовые характеристики, которые, в свою очередь, могут изменяться во времени по сложным законам.

**Список литературы:** 1. *Hautamaki, A.* (1992). A Conceptual Space Approach to Semantic Networks. In Lehman J. (Ed.) *Computers & Mathematics with Applications*. Vol. 23, No. 6-9. P. 517-525. Pergamon Press. 2. *Марьин С. А.* Многоуровневые адаптивные стратегии вывода в медицинских экспертных системах // *Материалы науч.-техн. конференции MicroCAD'97*. Харьков, 1997. P. 319—323. 3. *Mariyn S., Stephan A., Terziyan V.* A Multileved Models With Flexible Level Management // *Prog. 42 International Symposium Informatics and Automation in age of the Information Society*. Ilmenau, Germany. 4. *Huebenthal F., Mariyn S., Vyazelenko S.* Model of multileved metarules over semantic network in medicine // *Prog. of International Meeting on Informateon Technology*. Ukraine (Kharkov). 1997. P. 363—366. 5. *Chen, P.* P-S. (1988). The Entity-Relation Model: Towards a unified view of data. In J. Mylopoulos & M. Brodie (Eds.) *Readings in Artificial Intelligence and Databases*. P. 98-111. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publ., Inc.

*Поступила в редколлегию 24.10.97*