

УДК 519.7



Н. Е. Русакова
ХНУРЭ, г. Харьков, Украина

О МЕТОДЕ РАССЛОЕНИЯ КОНЕЧНОГО ПРЕДИКАТА

Анализ уже имеющихся достижений в области моделирования мозгоподобных структур показывает, что многие актуальные задачи в этой области еще ждут своего решения. В связи с этим в статье ставится задача разработки метода преобразования математической модели произвольной конечной мозгоподобной структуры в ее техническую эффективно действующую модель, называемую реляционной сетью.

РАССЛОЕНИЕ ПРЕДИКАТА, КЛАССИФИКАТОРЫ, ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ, РЕЛЯЦИОННАЯ СЕТЬ, МОЗГОПОДОБНАЯ СТРУКТУРА

Введение

Как известно, отношение — это универсальное средство формального описания структуры любых объектов, их свойств, связей между ними, действий над ними, а также любых информационных процессов. В формульном виде отношения записываются с помощью предикатов [1]. Любой предикат, описывающий конечный процесс в вычислительной технике, можно записать в виде таблицы. В статье решается вопрос перехода от таблицы предиката к логической схеме, электронная реализация которой будет решать уравнения вида $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$.

Ниже представлен алгоритм расслоения предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$, заданного на $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$. При этом размерность t области A_1, A_2, \dots, A_m задания аргументов x_1, x_2, \dots, x_m предиката P и сам предикат могут быть выбраны произвольно. Расслоение предиката ценно тем, что приводит к построению реляционной сети любой математической модели и к обоснованию ее универсальности и эффективности. Кроме того, расслоение предиката служит фундаментом для обобщения метода нулевого прибора [2], который является основным средством моделирования психофизических процессов. Такое обобщение приводит к существенному расширению сферы применения метода нулевого прибора, превращая его из метода моделирования процессов классификации объектов в универсальное средство формального описания произвольных психофизических процессов.

Описание алгоритма расслоения

Приведенный алгоритм сопровождается универсальным примером. При решении этого примера должны присутствовать все детали, которые могут возникнуть в более сложном примере, а также он должен быть наиболее простым.

Предикат $P(x_1, x_2, x_3) = t$ задан табл. 1. Имеем три предметных переменных x_1, x_2, x_3 , каждая задана на своей области A_1, A_2, A_3 . Если записать уравнение $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$, то это уравнение задает отношение, соответствующее предикату P .

Таблица 1

Таблица задания предиката P

	x_2x_3						
x_1	00	01	10	11	20	21	
0	1	1	1	1	1	0	t
1	1	1	1	1	1	0	
2	1	0	1	0	0	0	
3	1	0	1	0	0	0	

Определяем области изменения A_1, A_2, A_3 исходных переменных x_1, x_2, x_3 предиката P :

$$A_1(x_1) = x_1^0 \vee x_1^1 \vee x_1^2 \vee x_1^3;$$

$$A_2(x_2) = x_2^0 \vee x_2^1 \vee x_2^2;$$

$$A_3(x_3) = x_3^0 \vee x_3^1.$$

Следовательно:

$$A_1 = \{0, 1, 2, 3\}, A_2 = \{0, 1, 2\}, A_3 = \{0, 1\}.$$

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма исходного предиката P равна:

$$P(x_1, x_2, x_3) = x_1^0 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^0 x_2^0 x_3^1 \vee x_1^0 x_2^1 x_3^0 \vee x_1^0 x_2^1 x_3^1 \vee x_1^1 x_2^2 x_3^0 \vee x_1^1 x_2^2 x_3^1 \vee x_1^1 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^1 x_2^0 x_3^1 \vee x_1^1 x_2^1 x_3^0 \vee x_1^1 x_2^1 x_3^1 \vee x_1^2 x_2^2 x_3^0 \vee x_1^2 x_2^2 x_3^1 \vee x_1^2 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^2 x_2^0 x_3^1 \vee x_1^3 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^3 x_2^0 x_3^1.$$

Предикат $P(x_1, x_2, x_3) = t$ можно кратко изобразить в виде, представленном на рис. 1.

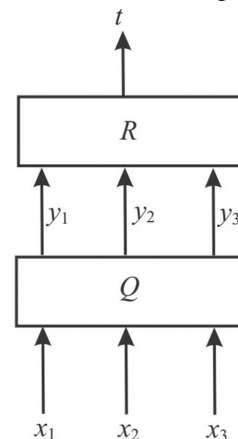


Рис. 1. Расслоение предиката

Здесь Q — классифицирующий слой, который преобразовывает классы x_1, x_2, x_3 в классы

y_1, y_2, y_3 ; R – ассоциирующий слой, в котором все переменные соединяются в единое целое.

Алгоритм состоит из восьми шагов, опишем каждый из них.

Шаг 1. Вводим предикаты эквивалентности $E_i(x_i, x_i)$ ($i = \overline{1, m}$), характеризующие классификаторы предиката P . Вычисление производится по формуле, которая может использоваться для любого конечного числа переменных x_m :

$$E_i(x_i, x_i) = \forall x_1 \in A_1 \forall x_2 \in A_2 \dots \forall x_{i-1} \in A_{i-1} \forall x_{i+1} \in A_{i+1} \dots \forall x_m \in A_m (P(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_m)) \quad (2)$$

$$x_i, x_{i+1}, \dots, x_m) \sim P(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_m)).$$

Находим эквивалентность $E_1(x_1, x_1)$ для заданного предиката (1) согласно формуле (2):

$$\begin{aligned} E_1(x_1, x_1) &= \forall x_2 \in \{0, 1, 2\} \forall x_3 \in \{0, 1\} \\ &(P(x_1, x_2, x_3) \sim P(x_1, x_2, x_3)) = \\ &= (T_1(x_1) \sim T_1(x_1)) \cdot (T_2(x_1) \sim T_2(x_1)) \cdot (T_3(x_1) \sim T_3(x_1)) = \\ &= (1 \sim 1) \cdot (T_2(x_1) \sim T_2(x_1)) \cdot (0 \sim 0) = \\ &= \overline{T_2(x_1)} \cdot \overline{T_2(x_1)} \vee T_2(x_1) T_2(x_1) = \\ &= (x_1^0 \vee x_1^1)(x_1^0 \vee x_1^1) \vee (x_1^0 \vee x_1^1)(x_1^0 \vee x_1^1) = \\ &= (x_1^0 \vee x_1^1)(x_1^0 \vee x_1^1) \vee (x_1^2 \vee x_1^3)(x_1^2 \vee x_1^3). \end{aligned}$$

Аналогично находим эквивалентности $E_2(x_2, x_2)$, $E_3(x_3, x_3)$ для переменных x_2, x_3 :

$$E_2(x_2, x_2) = \forall x_1 \in \{0, 1, 2, 3\} \forall x_3 \in \{0, 1\}$$

$$(P(x_1, x_2, x_3) \sim P(x_1, x_2, x_3)) = (x_2^0 \vee x_2^1)(x_2^0 \vee x_2^1) \vee x_2^2 x_2^2;$$

$$E_3(x_3, x_3) = \forall x_1 \in \{0, 1, 2, 3\} \forall x_2 \in \{0, 1, 2\}$$

$$(P(x_1, x_2, x_3) \sim P(x_1, x_2, x_3)) = x_3^0 x_3^0 \vee x_3^1 x_3^1.$$

Шаг 2. Получаем классификаторы предиката P в неявном $F_i(x_i, y_i)$ и в явном $f_i(x_i) = y_i$ видах ($i = \overline{1, m}$) для исходного предиката:

$$F_1(x_1, y_1) = (x_1^0 \vee x_1^1) y_1^0 \vee (x_1^2 \vee x_1^3) y_1^1;$$

$$F_2(x_2, y_2) = (x_2^0 \vee x_2^1) y_2^0 \vee x_2^2 y_2^1;$$

$$F_3(x_3, y_3) = x_3^0 y_3^0 \vee x_3^1 y_3^1.$$

$$f_1(x_1) = y_1 : \begin{cases} x_1^0 \vee x_1^1 = y_1^0; \\ x_1^2 \vee x_1^3 = y_1^1; \end{cases} \quad f_2(x_2) = y_2 : \begin{cases} x_2^0 \vee x_2^1 = y_2^0; \\ x_2^2 = y_2^1; \end{cases}$$

$$f_3(x_3) = y_3 : \begin{cases} x_3^0 = y_3^0; \\ x_3^1 = y_3^1. \end{cases}$$

Шаг 3. Строим классифицирующий слой переключательной цепи предиката P (рис. 2).

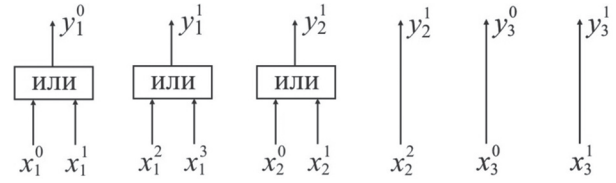


Рис. 2. Переключательная цепь предиката P

Шаг 4. Находим предикат $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$, ассоциирующий слой переключательной цепи предиката $P(x_1, x_2, x_3)$. Его вычисление производится по формуле:

$$Q(y_1, y_2, \dots, y_m) = \exists x_1 \in A_1 \exists x_2 \in A_2 \dots \exists x_m \in A_m (P(x_1, x_2, \dots, x_m) \wedge F_1(x_1, y_1) \wedge F_2(x_2, y_2) \wedge \dots \wedge F_m(x_m, y_m)).$$

Для предиката $P(x_1, x_2, x_3)$ получаем следующий результат:

$$\begin{aligned} Q(y_1, y_2, \dots, y_m) &= \exists x_1 \in \{0, 1, 2, 3\} \exists x_2 \in \{0, 1, 2\} \\ &\exists x_3 \in \{0, 1\} (P(x_1, x_2, x_3) \wedge F_1(x_1, y_1) \wedge F_2(x_2, y_2) \wedge \\ &\wedge F_3(x_3, y_3)) = y_1^0 y_2^0 y_3^0 \vee y_1^0 y_2^0 y_3^1 \vee y_1^0 y_2^1 y_3^0 \vee y_1^1 y_2^0 y_3^0. \end{aligned}$$

Таблица отношения, соответствующего предикату $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$, наборы значений переменных в которой пронумерованы значениями вспомогательной переменной z , представлена в табл. 2.

Таблица 2

Отношение, соответствующее предикату Q

y_1	0	0	0	1	$Q(y_1, y_2, y_3)$
y_2	0	0	1	0	
y_3	0	1	0	0	
z	0	1	2	3	

$R(y_1, y_2, y_3, z)$

Шаг 5. Производим бинаризацию предиката $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$. Используем его представление следующей формулой:

$$Q(y_1, y_2, \dots, y_m) = \exists z \in C(G_1(y_1, z) \wedge \wedge G_2(y_2, z) \wedge \dots \wedge G_m(y_m, z)),$$

где

$$G_i(y_i, z) = \exists y_1 \in B_1 \exists \dots y_{i-1} \in B_{i-1}$$

$$\exists y_{i+1} \in B_{i+1} \dots \exists y_m \in B_m R(y_1, y_2, \dots, y_m, z), \quad (i = \overline{1, m});$$

$R(y_1, y_2, y_3)$ – предикат, получаемый из предиката $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$ нумерацией его конституэнт единицы.

Следовательно для $P(x_1, x_2, x_3)$ имеем:

$$\begin{aligned} R(y_1, y_2, y_3, z) &= y_1^0 y_2^0 y_3^0 z^0 \vee y_1^0 y_2^0 y_3^1 z^1 \vee \\ &\vee y_1^0 y_2^1 y_3^0 z^2 \vee y_1^1 y_2^0 y_3^0 z^3; \\ G_1(y_1, z) &= y_1^0 z^0 \vee y_1^0 z^1 \vee y_1^0 z^2 \vee y_1^1 z^3 = \\ &= y_1^0 (z^0 \vee z^1 \vee z^2) \vee y_1^1 z^3; \end{aligned}$$

$$G_2(y_2, z) = y_2^0 z^0 \vee y_2^0 z^1 \vee y_2^1 z^2 \vee y_2^0 z^3 =$$

$$= y_2^0 (z^0 \vee z^1 \vee z^3) \vee y_2^1 z^2;$$

$$G_3(y_3, z) = y_3^0 z^0 \vee y_3^1 z^1 \vee y_3^0 z^2 \vee y_3^0 z^3 =$$

$$= y_3^0 (z^0 \vee z^2 \vee z^3) \vee y_3^1 z^1.$$

Шаг 6. Строим ассоциирующий слой переключательной цепи предиката P (рис. 3).

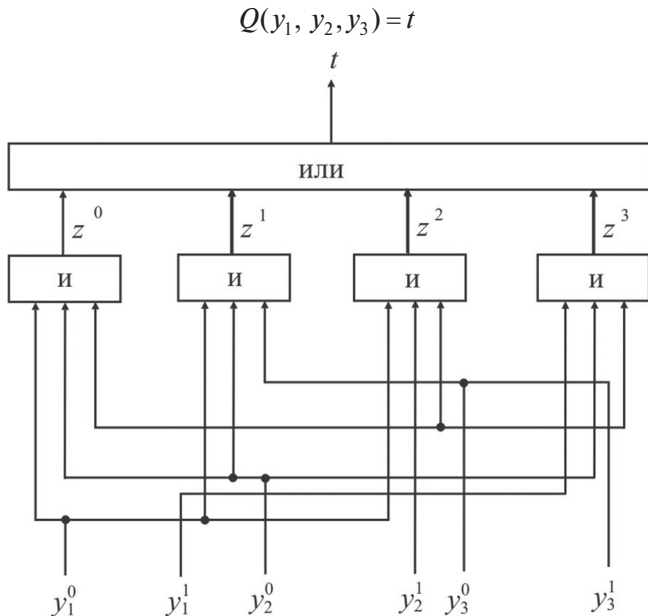


Рис. 3. Ассоциирующий слой переключательной цепи предиката P

Шаг 7. Задаем $t = 1$ и превращаем схему предиката P в реляционную сеть, реализующую отношение P (рис. 4).

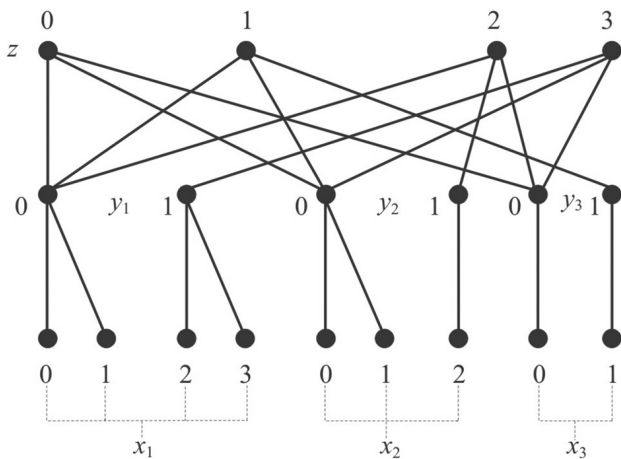


Рис. 4. Реляционная сеть, реализующая отношение $P(x_1, x_2, x_3)$

Шаг 8. Представляем реляционную сеть в виде многополюсника [3] (рис. 5).

По ветвям реляционной сети происходит преобразование информации при помощи вычисления дизъюнктивного и конъюнктивного образов множества по формулам:

$$\exists x \in A(P(x) \cdot K(x, y)) = Q_{\max}(y),$$

$$\forall x \in A(P(x) \supset K(x, y)) = Q_{\min}(y).$$

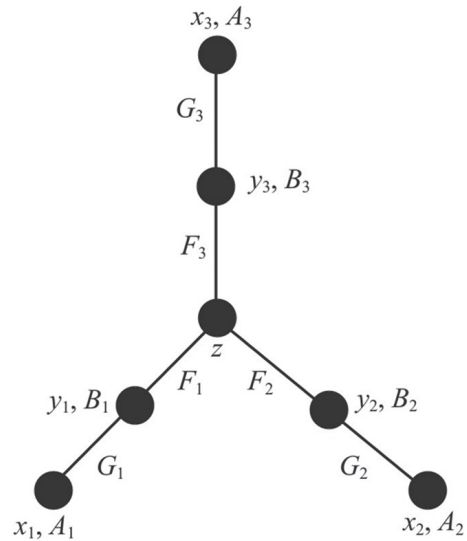


Рис. 5. Реляционная сеть, представленная в виде многополюсника

Сеть отыскивает во всех случаях неискаженные множества корней уравнения $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$, а значит она эффективна. Сеть решает уравнения для любых предикатов $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ при любом числе m предметных переменных x . Это означает, что она обладает свойством универсальности. Наличие свойств универсальности и эффективности позволяет рекомендовать так определенную реляционную сеть к применению в качестве решателя мозгоподобной структуры. Универсальная и эффективная реляционная сеть называется совершенной. Любая же рациональная модификация совершенной реляционной сети называется просто реляционной сетью.

Выводы

В статье разработан алгоритм синтеза реляционной сети на основе метода расслоения предиката, который был использован при построении реляционных сетей для моделей различных объектов. Метод расслоения произвольного многоместного предиката позволяет расчленив его в набор одноместных [4] и двуместных предикатов [3]. С помощью предметных переменных исходного предиката все полученные одно- и двуместные предикаты единственным образом соединятся в реляционную сеть исходного многоместного предиката.

При помощи процедуры расслоения предиката существенно усилен метод нулевого прибора, являющийся основным инструментом моделирования психофизических процессов. За счет этого теперь становится возможным моделировать влияние всевозможных внешних факторов, меняющих способ классификации предметов. За счет такого усиления метод нулевого прибора приобретает универсальность при моделировании психофизических процессов.

Список литературы: 1. *Бондаренко, М.Ф.* Теория интеллекта [Текст]: Учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. – Харьков. Изд-во СМИТ. – 2007. – 576 с. 2. *Бондаренко, М.Ф.* О методе нулевого прибора [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Н.П. Кругликова, Н.Е. Русакова, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта. – 2010. – № 2. – С. 111-115. 3. *Бондаренко, М.Ф.* О реляционных сетях [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Н.П. Кругликова, И.А. Лещинская, Н.Е. Русакова, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта. – 2010. – № 3. – С. 8-13. 4. *Бондаренко, М.Ф.* Об алгебре одноместных предикатов [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Н.П. Кругликова, И.А. Лещинская, Н.Е. Русакова, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта. – 2010. – № 2. – С. 62-67.

Поступила в редколлегию 11.09.2011

УДК 519.7

Про метод розшарування кінцевого предикату / Н. Є. Русакова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2011. – № 3 (77). – С. 50-53.

У статті ставиться задача розробки методу перетворення математичної моделі довільної кінцевої мозкоподібної структури у технічну ефективно діючу модель, що зветься реляційною мережею.

Табл. 2. Іл. 5. Бібліогр.: 4 найм.

UDC 519.7

About method of stratification of eventual predicate / N.E. Rusakova // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2011. – № 3 (77). – P. 50-53.

In the article the task of development of method of transformation of mathematical model of arbitrary eventual braine-like structure is put in its technical effectively operating model, urgent a relation network.

Tabl. 2. Fig. 5. Ref.: 4 items.