

УДК 519.7

Е.В. ЖУРАВОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СЛОВОФОРМ МЕТОДОМ РЕШЕНИЯ КВАНТОРНЫХ ПРЕДИКАТНЫХ УРАВНЕНИЙ

Для реализации математической модели процесса словоизменения удобно использовать метод решения кванторных предикатных уравнений, который основан на теории линейных логических операторов [1]. Найдем решение предикатного уравнения

$$P_1(Y) = \exists X(P_2(X) \wedge P_3(Y, X)), \quad (1)$$

где предикаты $P_1(Y)$ и $P_2(X)$ заданы на области $U = (u_1, \dots, u_n)$, состоящей из n элементов, бинарный предикат $P_3(Y, X)$ задан на области $U \times U$. Требуется определить предикат $P_2(X)$, считая известным предикаты $P_1(Y)$ и $P_3(Y, X)$. Учитывая, что предикатная переменная X связана квантором существования, уравнение (1) перепишем в виде

$$P_1(Y) = \bigvee_{j=1}^n (P_2(u_j) \wedge P_3(Y, u_j)). \quad (2)$$

Равенство (2) выполняется только в том случае, когда оно верно для любого значения предикатной переменной Y , пробегающей множество U . Таким образом, имеем следующие n равенств:

$$P_1(u_i) = \bigvee_{j=1}^n (P_2(u_j) \wedge P_3(u_i, u_j)) \quad (3)$$

для любого $j \in 1, \dots, n$.

Значения предикатов $P_1(u_i)$ и $P_2(u_j)$ обозначим через y_i и x_j , где $y_i, x_j \in \{0, 1\}$ и $i, j \in 1, \dots, n$. Значение бинарного предиката $P_3(u_i, u_j)$ обозначим через $p_{ij} \in \{0, 1\}$, $i, j \in 1, \dots, n$. С учетом введенных обозначений равенство (3) примет вид

$$y_i = \bigvee_{j=1}^n x_j \wedge p_{ij}. \quad (4)$$

Согласно (3) получим операторное выражение вида

$$P_3(X) = Y, \quad (5)$$

где P_3 – линейный логический оператор, заданный на пространстве E , с

матрицей оператора

$$P = \begin{bmatrix} p_{11}, & \dots & \dots & \dots, & p_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{i1}, & \dots & p_{ij} & \dots, & p_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1}, & \dots & \dots & \dots, & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Таким образом, предикатное уравнение (1) эквивалентно операторному уравнению (5), определенному на логическом пространстве E . Согласно утверждению об общем виде матрицы линейного регулярного оператора, действующего из пространства E в себя [1], для обратимости необходимо и достаточно, чтобы в каждой строке и столбце матрицы такого оператора находился один и только один элемент, равный единице. Если матрица (6) удовлетворяет указанным выше условиям, то решение уравнения (5) имеет вид

$$X = P_3^{-1} (Y). \quad (7)$$

Матрица обратного оператора совпадает с транспонированной матрицей оператора P_3 [1], поэтому решение операторного уравнения (7) в матричном виде следующее:

$$X = P^t \bullet Y. \quad (8)$$

В результате решение предикатного уравнения (1) можно записать в виде

$$P_2(X) = \exists Y (P_1(Y) \wedge P_3(X, Y)). \quad (9)$$

Если оператор P_3 не является регулярным, дать решение в виде (9) нельзя. Однако, воспользовавшись алгебраической записью предикатного уравнения (1), будем искать решение уравнения следующим образом. Операторное уравнение (5) выпишем в виде системы логических уравнений:

$$\begin{cases} \bigvee_{j=1}^n (p_{1j} \wedge x_j) = y_1; \\ \dots \dots \dots \\ \bigvee_{j=1}^n (p_{ij} \wedge x_j) = y_i; \\ \dots \dots \dots \\ \bigvee_{j=1}^n (p_{nj} \wedge x_j) = y_n. \end{cases} \quad (10)$$

Пусть единицы стоят в Y на местах $(d_1, \dots, d_{y(0)}) = D$, а нули — на местах $(z_1, \dots, z_{n(0)}) = Z$; $D \cap Z = \emptyset$; $D \cup Z = N = (1, \dots, n)$. Множество мест, на которых стоят нули вектора X , будем обозначать как $L = (l_1, \dots, l_{x(0)})$. Символом $*$ будем обозначать места, на которых могут стоять нули либо единицы. Символы $*$ стоят на местах $(m_1, \dots, m_{x(*)}) = M$.

Сформулируем соответствующий алгоритм:

1. Производим инициализацию: $i := z_1$.
2. Формируем множество, состоящее из равных нулю координат вектора X .
 - 2.1. Присваиваем $j := 1$.
 - 2.2. Если $P_3[i, j] = 1$, то считаем $X[j] := i$.
 - 2.3. Организуем перебор индексов j от 0 до n .
3. Индексу i присваиваем следующий элемент из множества z и повторяем переход к п. 2.1 до тех пор, пока не будут выбраны все элементы множества z .
4. Формируем множество M . Получаем некоторый логический вектор X^* , состоящий из нулей и символов $*$.
5. Проверяем систему (10) на непротиворечивость.
 - 5.1. Подставляем найденный вектор в систему.
 - 5.2. Организуем решение полученной системы согласно формуле

$$\bigvee_{j=1}^n x_j \wedge p_{ij} = y_i.$$

- 5.3. Проверяем совместность системы; если она несовместна, то вектор не является ее решением.
6. Формируем решение системы.
 - 6.1. В вектор X^* подставляем вместо первого символа $*$ единицу, а вместо остальных — нули.
 - 6.2. Переходим к п. 5.
 - 6.3. Если сформированный логический вектор является решением системы, обеспечиваем его запоминание в массиве решений.
 - 6.4. Организуем различные подстановки нулей и единиц вместо символов $*$ с переходом при каждом новом сочетании к п. 5.
7. Выписываем все полученные решения системы, если массив решений непуст. В противном случае производим вывод сообщения о противоречивости системы.

Программа RPY предназначена для решения кванторных предикатных уравнений описанным выше методом. Программа реализована на объектно-ориентированном языке программирования высокого уровня Borland Pascal 7.0 с использованием библиотеки TurboVision, что обеспечивает простоту ее использования и наглядность. Объем исходного кода 15 Кбайт,

объем исполняемого EXE-файла 60 Кбайт. Для работы необходимы: минимум – IBM PC XT, 512 К памяти, DOS 3.3.

Метод решения кванторного предикатного уравнения удобно использовать для реализации математической модели процессов словоизменения [2]. Отношение "признаки – буквы окончания" при морфологической обработке по описанному методу имеет следующий вид:

$$P_3(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если признак } x \text{ определяет окончание } y; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

где $x \in \{x_1, \dots, x_n\}$ и $y \in \{y_1, \dots, y_m\}$. Таким образом, чтобы получить информацию о том, какие признаки определяют окончание y_1 , строим предикат:

$$P_1(y) = \begin{cases} 1, & \text{если окончание } y = y_1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В результате предикат $P_2(x)$, соответствующий искомой информации, определяется кванторным уравнением вида (9) и задает следующее отношение:

$$P_2(x) = \begin{cases} 1, & \text{если признак } x \text{ определяет окончание } y_1; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

Решение данного кванторного предикатного уравнения получается из решения соответствующего операторного уравнения $A^X = U$ в линейном логическом пространстве. Таким образом, операция поиска интересующей информации заменяется операцией операторного умножения.

Список литературы: 1. Шабанов -Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта. Математические средства. Х.: Выща шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. 144 с. 2. Зализняк А.А. Грамматический словарь русского языка. М.: Рус. яз., 1977. 878 с.

Поступила в редколлегию 09.04.98