



ИНФРАСТРУКТУРА АНАЛИЗА ЛОГИЧЕСКИХ АССОЦИАТИВНЫХ ОТНОШЕНИЙ

БОНДАРЕНКО М.Ф., ХАХАНОВ В.И.,
ЛЕЩИНСКАЯ И.А., РУСАКОВА Н.Е.

Описывается концепция параллельной обработки символической информации, сущность которой заключается в обращении к механизмам ассоциативной обработки информации, родственным процессам анализа и синтеза, протекающим в мозге человека. На примере реляционной сети склонения полных непряжательных имен прилагательных русского языка строится логическая ассоциативная структура, представленная в виде системы априорных отношений.

1. Введение

Наряду с успехами, достигнутыми в области создания современной элементной базы ЭВМ, обнаружилось и серьезные недостатки в их архитектуре. Поэтому представляют интерес совершенно иные подходы к решению проблемы построения адекватной архитектуры ЭВМ [1]. Их сущность заключается в использовании ассоциативной структуры, представляющей собой систему отношений между ее элементами для запоминания некоторой априорной информации. Записанные в ассоциативной памяти априорные отношения играют роль математической модели некоторого процесса и позволяют находить новые связи, соответствующие новой входной информации.

Кроме того, в настоящее время является актуальной задача повышения эффективности работы систем обработки информации за счет создания инфраструктуры для описания анализа и синтеза синтаксических и семантических языковых конструкций. В качестве аппарата формального описания таких лингвистических конструкций уместен аппарат логической математики – алгебра конечных предикатов и предикатных операций [2,3], на языке которой могут быть формализованы любые отношения в виде логических уравнений.

Целью данной работы является повышение быстродействия анализа и синтеза лингвистических отношений путем аппаратной реализации параллельных средств обработки аналитических, графовых и табличных структур данных в виде памяти с ассоциативным доступом.

Объект исследования представляет собой аппаратно-ориентированную математическую инфраструктуру

экспертного обслуживания задач информационно-логического синтеза и анализа в дискретном булевом пространстве на основе использования интегрального критерия качества и иерархических структур ассоциативных памяти.

Предметом исследования является логическая ассоциативная сеть в виде мультипроцессора на кристалле для экспертного обслуживания задач информационно-логического синтеза, анализа и выбора решения путем использования интегрального критерия качества в дискретном булевом пространстве, ориентированная на имплементацию в иерархическую структуру ассоциативной памяти.

2. Модель реляционной сети склонения полных непряжательных имен прилагательных русского языка

Рассмотрим процесс аппаратной реализации структур данных в виде памяти с ассоциативным доступом на примере разработанной методами алгебры конечных предикатов и предикатных операций модели реляционной сети склонения полных непряжательных имен прилагательных русского языка [4]. Строение данной реляционной сети приведено на рис. 1.

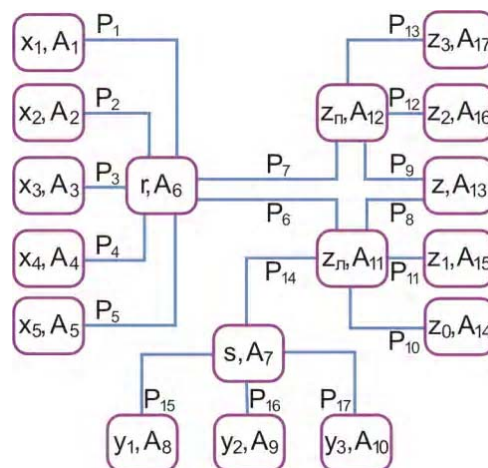


Рис. 1. Строение модели реляционной сети склонения полных непряжательных имен прилагательных русского языка

Каждому полюсу реляционной сети (рис. 1) поставлена в соответствие своя предметная переменная модели: x_1 – род формы слова со значениями М – мужской, Ж – женский, С – средний; x_2 – число формы слова со значениями Е – единственное, М – множественное; x_3 – падеж формы слова со значениями И – именительный, Р – родительный, Д – дательный, В – винительный, Т – творительный, П – предложный; x_4 – признак одушевленности формы слова со значениями О – одушевленный, Н – неодушевленный; x_5 – признак употребляемости формы слова со значениями С – современная, А – архаичная; r – номер влияния контекста со значениями 1, 2, ..., 19; s – тип склонения формы слова со значениями 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; y_1 –

последняя буква основы слова со значениями Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, К, Л, М, Н, П, Р, С, Т, Х, Ц, Ч, Ш, Щ; y_2 – признак ударности слова со значениями Б – безударный, У – ударный; y_3 – признак смягчения слова со значениями Т – твердый, М – мягкий; z_L – левая часть окончания формы слова со значениями А, А', Я, У, У', Ю, О, О', Е, Ы, Ы', И, И'; z_{Π} – правая часть окончания формы слова со значениями Я, Ю, Е, Ы, М, ГО, МУ, Х, МИ; z – окончание формы слова со значениями АЯ, А'Я, ЯЯ, УЮ, У'Ю, ЮЮ, ОЕ, О'Е, ЕЕ, ОЙ, О'Й, ЕЙ, ОМ, О'М, ЕМ, ОГО, О'ГО, ЕГО, ОМУ, О'МУ, ЕМУ, ОЮ, О'Ю, ЕЮ, ЫЙ, ИЙ, ЫМ, Ы'М, ИМ, И'М, ЫЕ, Ы'Е, ИЕ, И'Е, ЫХ, Ы'Х, ИХ, И'Х, ЫМИ, Ы'МИ, ИМИ, И'МИ; z_0 – знак ударности окончания со значениями * – безударное, ' – ударное; z_1 – первая буква окончания со значениями А, Я, У, Ю, О, Е, Ы, И; z_2 – вторая буква окончания со значениями Я, Ю, Е, Ы, М, Г, Х; z_3 – третья буква окончания со значениями *, О, У, И. Области изменения введенных предметных переменных $A_1 - A_{17}$ формально заданы следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} x_1^M \vee x_1^Ж \vee x_1^C &= 1, \quad x_2^E \vee x_2^M = 1, \\ x_3^И \vee x_3^Р \vee x_3^Д \vee x_3^В \vee x_3^Т \vee x_3^П &= 1, \quad x_4^H \vee x_4^O = 1, \\ x_5^C \vee x_5^A &= 1, \quad r^1 \vee r^2 \vee r^3 \vee r^4 \vee r^5 \vee \dots \vee r^{19} = 1, \\ s^1 \vee s^2 \vee s^3 \vee s^4 \vee s^5 \vee s^6 \vee s^7 &= 1, \\ y_1^Б \vee y_1^У \vee y_1^Г \vee y_1^Д \vee y_1^Е \vee y_1^Ж \vee y_1^З \vee y_1^К \vee y_1^Л \vee y_1^М \vee \\ &\vee y_1^Н \vee y_1^П \vee y_1^Р \vee y_1^С \vee y_1^Т \vee y_1^Х \vee y_1^Ц \vee y_1^Ч \vee y_1^Ш \vee \\ &\vee y_1^Щ = 1, \quad y_2^Б \vee y_2^У = 1, \quad y_3^Т \vee y_3^М = 1, \\ z_L^А \vee z_L^{А'} \vee z_L^Е \vee z_L^И \vee z_L^{И'} \vee z_L^О \vee z_L^{О'} \vee \\ &\vee z_L^У \vee z_L^{У'} \vee z_L^Ы \vee z_L^{Ы'} \vee z_L^Ю \vee z_L^Я = 1, \\ z_{\Pi}^{ГО} \vee z_{\Pi}^Е \vee z_{\Pi}^{Й} \vee z_{\Pi}^М \vee z_{\Pi}^{МИ} \vee \\ &\vee z_{\Pi}^{МУ} \vee z_{\Pi}^Х \vee z_{\Pi}^Ю \vee z_{\Pi}^Я = 1, \\ z^{АЯ} \vee z^{А'Я} \vee z^{ЕЕ} \vee z^{ЕГО} \vee z^{ЕЙ} \vee z^{ЕМ} \vee z^{ЕМУ} \vee \\ &\vee z^{ЕЮ} \vee z^{ИЕ} \vee z^{И'Е} \vee z^{ИЙ} \vee z^{ИМ} \vee z^{И'М} \vee z^{ИХ} \vee \\ &\vee z^{И'Х} \vee z^{ИМИ} \vee z^{И'МИ} \vee z^{ОЕ} \vee z^{О'Е} \vee z^{ОГО} \vee \\ &\vee z^{О'ГО} \vee z^{ОЙ} \vee z^{О'Й} \vee z^{ОМ} \vee z^{О'М} \vee z^{ОМУ} \vee z^{О'МУ} \vee \\ &\vee z^{ОЮ} \vee z^{О'Ю} \vee z^{УЮ} \vee z^{У'Ю} \vee z^{ЫЕ} \vee z^{Ы'Е} \vee z^{ЫЙ} \vee \\ &\vee z^{ЫМ} \vee z^{Ы'М} \vee z^{ЫМИ} \vee z^{Ы'МИ} \vee z^{ЫХ} \vee z^{Ы'Х} \vee \\ &\vee z^{ЮЮ} \vee z^{ЯЯ} = 1, \quad z_0^* \vee z_0' = 1, \\ z_1^А \vee z_1^Е \vee z_1^И \vee z_1^О \vee z_1^У \vee z_1^Ы \vee z_1^Ю \vee z_1^Я &= 1, \\ z_2^Г \vee z_2^Е \vee z_2^{Й} \vee z_2^М \vee z_2^Х \vee z_2^Ю \vee z_2^Я &= 1, \\ z_3^И \vee z_3^О \vee z_3^У \vee z_3^* &= 1. \end{aligned}$$

Каждой ветви реляционной сети поставлено в соответствие бинарное отношение модели $P_1 - P_{17}$. Ниже приведены примеры формульного и графического представления отношений реляционной сети (рис.2,3):

$$P_1(x_1, r) = x_1^M (r^1 \vee r^4 \vee r^5) \vee (x_1^M \vee x_1^C) (r^2 \vee r^3 \vee r^6 \vee r^7) \vee x_1^Ж (r^8 \vee r^9 \vee r^{10} \vee r^{11} \vee r^{12}) \vee x_1^C r^{13} \vee (x_1^M \vee x_1^Ж \vee x_1^C) (r^{14} \vee r^{15} \vee r^{16} \vee r^{17} \vee r^{18} \vee r^{19}),$$

$$P_{12}(z_{\Pi}, z_2) = z_{\Pi}^Я z_2^Я \vee z_{\Pi}^{Ю} z_2^{Ю} \vee z_{\Pi}^Е z_2^Е \vee z_{\Pi}^{Й} z_2^{Й} \vee z_{\Pi}^{ГО} z_2^Г \vee z_{\Pi}^Х z_2^Х \vee (z_{\Pi}^М \vee z_{\Pi}^{МУ} \vee z_{\Pi}^{МИ}) z_2^М.$$

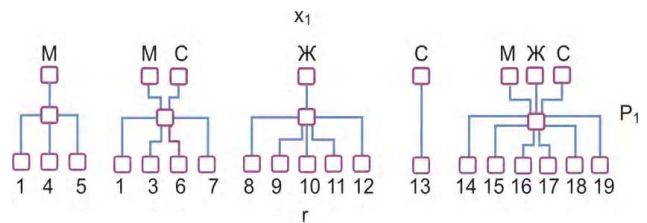


Рис. 2. Отношение P_1

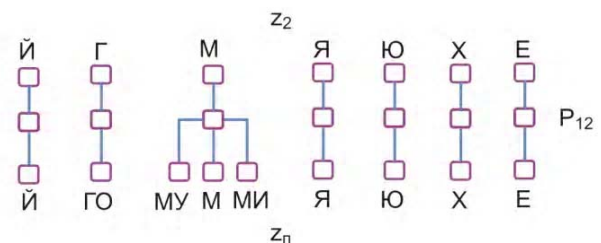


Рис. 3. Отношение P_{12}

Предикат данной модели реляционной сети имеет следующий аналитический вид:

$$\begin{aligned} P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, s, y_1, y_2, y_3, z_L, z_{\Pi}, z, z_0, z_1, z_2, z_3) = \\ = P_1(x_1, r) \wedge P_2(x_2, r) \wedge P_3(x_3, r) \wedge P_4(x_4, r) \wedge P_5(x_5, r) \wedge \\ \wedge P_6(z_L, r) \wedge P_7(z_{\Pi}, r) \wedge P_8(z_L, z) \wedge P_9(z_{\Pi}, z) \wedge \\ \wedge P_{10}(z_L, z_0) \wedge P_{11}(z_L, z_1) \wedge P_{12}(z_{\Pi}, z_2) \wedge P_{13}(z_{\Pi}, z_3) \wedge \\ \wedge P_{14}(s, z_L) \wedge P_{15}(y_1, s) \wedge P_{16}(y_2, s) \wedge P_{17}(y_3, s). \end{aligned}$$

3. Логическая ассоциативная структура

Обобщенное уравнение, задающее системного уровня функциональность логического ассоциативного матричного процессора, может быть представлено в виде упорядоченной совокупности $P = (P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n)$ взаимодействующих предикатов, принимающих истинное или ложное значение на множестве введенных операций (объединение, пересечение и дополнение):

$$\Psi = f(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n) = \{0, 1\}, \quad O = \{\cup, \cap, \neg\},$$

где $P_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{in_i}\}$,

$$p_{ij} = (p_{ij1}, p_{ij2}, \dots, p_{ijr}, \dots, p_{ij\pi_i}),$$

$$p_{ijr} \in \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_k\} = \beta, \forall ij (P_i \circ P_j), \circ = \{\cup, \cap, \neg\}.$$

Каждый предикат $P_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{in_i}\}$ представлен совокупностью ассоциативных векторов, формирующих многозначную таблицу явных реше-

ний. Вектор $P_{ij} = (P_{ij1}, P_{ij2}, \dots, P_{ijr}, \dots, P_{ij\pi_i})$ определяет собой явное решение, где каждая переменная задается в конечном, многозначном и дискретном алфавите $P_{ijr} \in \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_k\} = \beta$. Предикатная структура формирует дискретное пространство переменных или признаков, предельная мощность которого равна декартову произведению мощностей предикатов:

$$\text{Card}[f(P)] = |P_1| \times |P_2| \times \dots \times |P_i| \times \dots \times |P_n|.$$

Конкретное взаимодействие предикатов между собой формирует функциональность $f(P)$, которая может быть оформлена различными структурами следующего вида.

1. Единственная ассоциативная таблица, содержащая все решения логической задачи в явном виде. Преимущество – максимальное быстроедействие параллельного ассоциативного поиска решения по таблице. Недостаток – максимально высокая аппаратная сложность решения задачи.

2. Древовидная (графовая) структура бинарных отношений между предикатами, каждый из которых формирует таблицу истинности для незначительного количества (двух) переменных. Преимущество – максимально низкая аппаратная сложность решения задачи. Недостаток – минимальное быстроедействие последовательного ассоциативного поиска решения по дереву.

3. Компромиссная графовая структура логически понятных для пользователя отношений между предикатами, каждый из которых формирует таблицу истинности для логически сильно взаимосвязанных переменных. Преимущество – высокое быстроедействие параллельного ассоциативного поиска решений по минимальному числу таблиц. Сравнительно невысокая аппаратная сложность решения задачи. Недостаток – снижение быстроедействия за счет последовательной логической обработки графовой структуры решений, найденных в таблицах.

Для анализа и синтеза словоформ полных непряжательных имен прилагательных русского языка была предложена логическая ассоциативная структура, имеющая четыре вершины:

$$\Psi = f(P_1, P_2, P_3, P_4), O = \{\cup, \cap\},$$

$$P_1 = \{P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}, P_{16}\}, \pi_1 = 34,$$

$$\beta_1 = \{\{1, 2, 3, \dots, 19\}, \{М, Ж, С\}, \{Е, М\}, \{И, Р, Д, В, Т, П\}, \{Н, О\}, \{С, А\}\},$$

где P_{11} – номер влияния контекста, P_{12} – род формы слова, P_{13} – число формы слова, P_{14} – падеж формы слова, P_{15} – признак одушевленности, P_{16} – признак употребляемости;

$$P_2 = \{P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}\}, \pi_2 = 31,$$

$$\beta_2 = \{\{1, 2, \dots, 7\}, \{Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, К, Л, М, Н, П, Р, С, Т, Х, Ц, Ч, Ш, Щ\}, \{Б, У\}, \{Т, М\}\}.$$

где P_{21} – тип склонения формы слова, P_{22} – последняя буква основы слова, P_{23} – признак ударности слова, P_{24} – признак смягчения слова;

$$P_3 = \{P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{35}, P_{36}, P_{37}, P_{38}, P_{39}\}, \pi_3 = 111,$$

$$\beta_3 = \{\{АЯ, А'Я, ЕЕ, ЕГО, ЕЙ, ЕМ, ЕМУ, ЕЮ, ИЕ, И'Е, ИЙ, ИМ, И'М, ИХ, И'Х, ИМИ, И'МИ, ОЕ, О'Е, ОГО, О'ГО, ОЙ, О'Й, ОМ, О'М, ОМУ, О'МУ, ОЮ, О'Ю, УЮ, У'Ю, БЕ, Б'Е, БИ, Б'И, БМ, Б'М, БМИ, Б'МИ, БХ, Б'Х, ЮЮ, ЯЯ\}, \{А, А', Е, И, И', О, О', У, У', Б, Б', Ю, Я\}, \{*, '\}, \{А, Е, И, О, У, Б, Ю, Я\}, \{ГО, Е, Й, М, МИ, МУ, Х, Ю, Я\}, \{Г, Е, Й, М, Х, Ю, Я\}, \{И, О, У, *\}, \{1, 2, \dots, 19\}, \{1, 2, \dots, 7\}\},$$

где P_{31} – окончание формы слова, P_{32} – левая часть окончания формы слова, P_{33} – знак ударности окончания, P_{34} – первая буква окончания, P_{35} – правая часть окончания формы слова, P_{36} – вторая буква окончания, P_{37} – третья буква окончания, P_{38} ($P_{38} = P_{11}$) – номер влияний контекста, P_{39} ($P_{39} = P_{21}$) – тип склонения формы слова;

$$P_4 = \{P_{41}, P_{42}, P_{43}\}, \pi_4 = 34,$$

$$\beta_2 = \{\{1, 2, \dots, 7\}, \{\text{слаб, ветх, куц, рыж, син, сед, сух}\}, \{Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, К, Л, М, Н, П, Р, С, Т, Х, Ц, Ч, Ш, Щ\}\},$$

где P_{41} ($P_{41} = P_{39} = P_{21}$) – тип склонения формы слова, P_{42} – основы 7 имен прилагательных, P_{43} ($P_{43} = P_{22}$) – последняя буква основы слова.

Назначение ассоциативных вершин (табл. 1-4).

1. Вершина P_1 характеризует влияние контекста, окружающего склоняемое слово: род, число, падеж, одушевленность, архаичность (табл. 1).

Таблица 1

P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}
1	М	Е	И	Н, О	С, А
2	М, С	Е	Р	Н, О	С, А
3	М, С	Е	Д	Н, О	С, А
4	М	Е	В	Н	С, А
5	М	Е	В	О	С, А
6	М, С	Е	Т	Н, О	С, А
7	М, С	Е	П	Н, О	С, А
8	Ж	Е	И	Н, О	С, А
9	Ж	Е	Р	Н, О	С, А
10	Ж	Е	В	Н, О	С, А
11	Ж	Е	Т	Н, О	С
12	Ж	Е	Т	Н, О	А
13	С	Е	И	Н, О	С, А
14	М, Ж, С	М	И	Н, О	С, А
15	М, Ж, С	М	Р	Н, О	С, А
16	М, Ж, С	М	Д	Н, О	С, А
17	М, Ж, С	М	В	Н	С, А
18	М, Ж, С	М	В	О	С, А
19	М, Ж, С	М	Т	Н, О	С, А

2. Вершина P_2 характеризует само склоняемое слово: последняя буква основы, ударность основы, смягчение основы (табл.2).

Таблица 2

P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}
1	Б, В, Д, З, Л, М, П, Т, Н, Р, С	У	Т
2	Г, К, Х	У	М
3	Ц	У	Т
4	Ж, Ч, Ш, Щ	У	М
5	Е, Н, Р, С	У	М
6	Б, В, Д, З, Л, М, П, Т, Н, Р, С	Б	Т
7	Ж, Ч, Ш, Щ, Г, К, Х	Б	Т

3. Вершина P_3 характеризует словоформу, соответствующую данному контексту и данному слову: окончание формы слова (табл.3).

Таблица 3

P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}	P_{36}	P_{37}	P_{38}	P_{39}
АЯ	Я	Я	*	А	*	А	1,2,3,4	8
А'Я	Я	Я	*	А'	'	А	6,7	8
ЕЕ	Е	Е	*	Е	*	Е	3,4,5	13
ЕГО	ГО	Г	О	Е	*	Е	3,4,5	2,5
ЕЙ	Й	Й	*	Е	*	Е	3,4,5	9,11
ЕМ	М	М	*	Е	*	Е	3,4,5	7
ЕМУ	МУ	М	У	Е	*	Е	3,4,5	3
ЕЮ	Ю	Ю	*	Е	*	Е	3,4,5	12
ИЕ	Е	Е	*	И	*	И	2,4,5	14,17
И'Е	Е	Е	*	И'	'	И	7	14,17
ИЙ	Й	Й	*	И	*	И	2,4,5	1,4
ИМ	М	М	*	И	*	И	2,4,5	6,16
И'М	М	М	*	И'	'	И	7	6,16
ИХ	Х	Х	*	И	*	И	2,4,5	15,18
И'Х	Х	Х	*	И'	'	И	7	15,18
ИМИ	МИ	М	И	И	*	И	2,4,5	19
И'МИ	МИ	М	И	И'	'	И	7	19
ОЕ	Е	Е	*	О	*	О	1,2	13
О'Е	Е	Е	*	О'	'	О	6,7	13
ОГО	ГО	Г	О	О	*	О	1,2	2,5
О'ГО	ГО	Г	О	О'	'	О	6,7	2,5
ОЙ	Й	Й	*	О	*	О	1,2	9,11
О'Й	Й	Й	*	О'	'	О	6,7	1,4,9,11
ОМ	М	М	*	О	*	О	1,2	7
О'М	М	М	*	О'	'	О	6,7	7
ОМУ	МУ	М	У	О	*	О	1,2	3
О'МУ	МУ	М	У	О'	'	О	6,7	3
ОЮ	Ю	Ю	*	О	*	О	1,2	12
О'Ю	Ю	Ю	*	О'	'	О	6,7	12
УЮ	Ю	Ю	*	У	*	У	1,2,3,4	10
У'Ю	Ю	Ю	*	У'	'	У	6,7	10
ЫЕ	Е	Е	*	Ы	*	Ы	1,3	14,17
Ы'Е	Е	Е	*	Ы'	'	Ы	6	14,17
ЫЙ	Й	Й	*	Ы	*	Ы	1,3	1,4
ЫМ	М	М	*	Ы	*	Ы	1,3	6,16
Ы'М	М	М	*	Ы'	'	Ы	6	6,16
ЫМИ	МИ	М	И	Ы	*	Ы	1,3	19
Ы'МИ	МИ	М	И	Ы'	'	Ы	6	19
ЫХ	Х	Х	*	Ы	*	Ы	1,3	15,18
Ы'Х	Х	Х	*	Ы'	'	Ы	6	15,18
ЮЮ	Ю	Ю	*	Ю	*	Ю	5	10
ЯЯ	Я	Я	*	Я	*	Я	5	8

4. Вершина P_4 характеризует составленный словарь основ: 7 основ непряжательных имен прилагательных русского языка (табл.4).

Таблица 4

P_{41}	P_{42}	P_{43}
1	слаб	Б
2	ветх	Х
3	куц	Ц
4	рыж	Ж
5	син	Н
6	сед	Д
7	сух	Х

Производим кодирование алфавитов всех переменных логической реляционной структуры для анализа и синтеза словоформ полных непряжательных имен прилагательных русского языка. Для кодирования алфавитов переменных p_{11}, p_{13} вершины P_1 данной логической ассоциативной структуры был использован комбинационный код, приведенный в табл.5,6.

Таблица 5

p_{11}	code
1	00000
2	00001
...	...
18	10001
19	10010

Таблица 6

p_{13}	code
Е	0
М	1

Для кодирования алфавитов переменных $p_{12}, p_{14}, p_{15}, p_{16}$ вершины P_1 был использован позиционный код. В табл. 7 представлено кодирование всех алфавитов ассоциативных векторов вершины P_1 .

Таблица 7

P ₁₁	P ₁₂			P ₁₃	P ₁₄						P ₁₅		P ₁₆	
	М	Ж	С		И	Р	Д	В	Т	П	Н	О	С	А
00000	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
00001	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
00010	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
00011	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
00100	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
00101	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
00110	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
00111	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
01000	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
01001	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
01010	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
01011	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
01100	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
01101	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
01110	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
01111	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
10000	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
10001	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
10010	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1

Для кодирования алфавитов переменных p_{21}, p_{22} вершины P_2 логической ассоциативной структуры был использован позиционный код, алфавитов переменных p_{23}, p_{24} – комбинационный код, приведенный в табл.8,9.

Таблица 8

p ₂₃	code
У	0
Б	1

Таблица 9

p ₂₄	code
Т	0
М	1

В табл. 10 представлено кодирование всех алфавитов ассоциативных векторов вершины P₂.

Для вершины P₃ алфавит переменной p₃₁ был комбинационно закодирован шестью разрядами (табл. 11), алфавиты переменных p₃₂, p₃₅ – четырьмя разрядами (табл. 12, 15), алфавит переменной p₃₃ – одним разрядом (табл. 13), алфавиты переменных p₃₄, p₃₆ –

тремя разрядами (табл. 14, 16), алфавит переменной p₃₇ – двумя разрядами (табл. 17).

Таким образом, кодирование всех алфавитов вершины P₃ логической ассоциативной структуры представляет собой таблицу, фрагмент которой приведен в табл. 18.

Для вершины P₄ алфавит переменной p₄₂ был комбинационно закодирован тремя разрядами (табл. 19).

Таким образом, кодирование всех алфавитов вершины P₄ логической ассоциативной структуры представляет собой табл. 20.

Таблица 10

№	p ₂₁							p ₂₂																p ₂₃	p ₂₄			
	1	2	3	4	5	6	7	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Х			Ц	Ч	Ш
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0

Таблица 11

p ₃₁	code
АЯ	000000
А'Я	000001
ЕЕ	000010
ЕГО	000011
...	...
БХ	100110
Б'Х	100111
ЮЮ	101000
ЯЯ	101001

Таблица 12

p ₃₂	code
А	0000
А'	0001
Е	0010
И	0011
...	...
Ы	1001
Ы'	1010
Ю	1011
Я	1100

Таблица 13

p ₃₃	code
*	0
'	1

Таблица 14

p ₃₄	code
А	000
Е	001
И	010
О	011
У	100
Ы	101
Ю	110
Я	111

Таблица 15

p ₃₅	code
ГО	0000
Е	0001
Й	0010
М	0011
МИ	0100
МУ	0101
Х	0110
Ю	0111
Я	1000

Таблица 16

p ₃₆	code
Г	000
Е	001
Й	010
М	011
Х	100
Ю	101
Я	110

Таблица 17

p ₃₇	code
И	00
О	01
У	10
*	11

Таблица 18

№	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅	P ₃₆	P ₃₇	P ₃₈							P ₃₉
								1	2	3	4	5	6	7	
0	000000	0000	0	000	1000	110	11	1	1	1	1	0	0	0	00111
1	000001	0001	1	000	1000	110	11	0	0	0	0	0	1	1	00111
2	000010	0010	0	001	0001	001	11	0	0	1	1	1	0	0	01100
3	000011	0010	0	001	0000	000	01	0	0	1	1	1	0	0	00001
4	000011	0010	0	001	0000	000	01	0	0	1	1	1	0	0	00100
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
59	100110	1001	0	101	0110	100	11	1	0	1	0	0	0	0	10001
60	100111	1010	1	101	0110	100	11	0	0	0	0	0	1	0	01110
61	100111	1010	1	101	0110	100	11	0	0	0	0	0	1	0	10001
62	101000	1011	0	110	0111	101	11	0	0	0	0	1		0	01001
63	101001	1100	0	111	1000	110	11	0	0	0	0	1	0	0	00111

Таблица 19

p ₄₂	слаб	ветх	куц	рыж	син	сед	сух
code	000	001	010	011	100	101	110

Таблица 20

№	p ₄₁							p ₄₂	p ₄₃																			
	1	2	3	4	5	6	7		Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Х	Ц	Ч	Ш	Щ
0	1	0	0	0	0	0	0	000	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	001	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	011	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4	0	0	0	0	1	0	0	100	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	101	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	110	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1

Для решения задач анализа и синтеза на графе $\Psi = f(P_1, P_2, P_3, P_4)$ используется полное множество переменных, представленных в ассоциативных таблицах графа:

$$\pi = \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 - \frac{1}{2} \times \left| P_i \bigcap_{i,j=1,4}^{i \neq j} P_j \right|. \text{ Мощ-}$$

ность уменьшается на количество общих для вершин–предикатов переменных, по которым осуществляется связующее взаимодействие таблиц. Полученный путем объединения переменных в таблицах совокупный вектор параметров или переменных задается в следующем виде: $m = (m_1, m_2, \dots, m_j, \dots, m_\pi)$. Для каждого запроса к системе $\Psi = f(P)$ необходимо сформировать множество входных $x_j = 1$ и выходных $x_r = 0$ переменных, которое определяется вектором–маской: $x = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_\pi)$, $x_j = \{0, 1\}$.

С учетом введенных определений и обозначений стратегия формирования ответа системы синтеза и анализа прилагательных на запрос, представленный векторами (m, x) , имеет вид:

$$m(x_r = 0) = m(x_r = 0) \bigcap_{i=1}^4 \left[m(x_r = 1) \bigcap_{i=1}^4 P_i \neq \emptyset \right].$$

При этом начальное состояние всех переменных $m_i \in m$, объявленных в маске в качестве выходных, равно единице: $m(x_r = 0) = 1$. Это позволяет накапливать общее решение путем пересечения непустых взаимодействий маскированного вектора входов и всех ассоциативных таблиц с выходным вектором, изначально определенным единичными значениями.

4. Интегральная метрика определения расстояния и принадлежности

Речь идет о качестве взаимодействия запроса (входного многозначного, в частности, троичного вектора m) с системой ассоциативных векторов (ассоциаторов), результатом которого должен быть сгенерирован конструктивный ответ в виде одного или нескольких ассоциаторов (A), а также численной характеристики степени принадлежности (функции качества) входного вектора m к найденному решению: $\mu(m \in A)$. Входной вектор

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n), \quad m_i \in \{0, 1, x\}$$

и матрица ассоциаторов $S = (A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_k)$,

$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in})$, $A_i \in S$, $a_i \in \{0, 1, x\}$ должны иметь одинаковую размерность, равную n . Обозначим степень принадлежности m -вектора к одному ассоциатору или A -вектору $\mu(m \in A)$, $A \in S$. Существует всего 5 видов взаимодействия (пересечения) двух векторов $m \cap A$, определенных на рис. 4.

Степень близости запроса – входного m -вектора к ассоциатору A – определяется кодовым расстоянием – мощностью множества пустых пересечений соот-

ветствующих координат взаимодействующих векторов (рис.4,а):

$$d^*(m, A) = \left| m_i \bigcap_{i=1}^n A_i = \emptyset \right|.$$

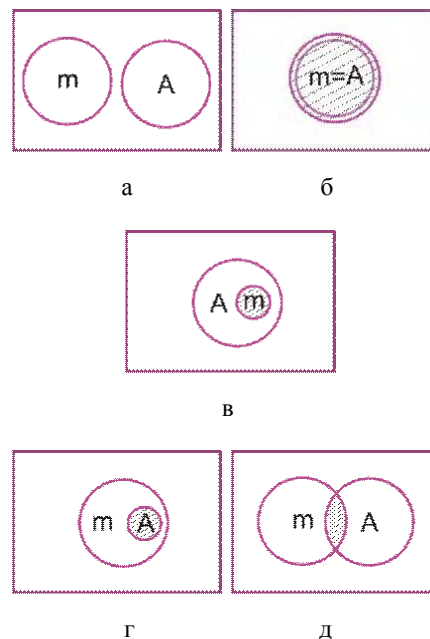


Рис. 4. Результаты пересечения двух векторов

При кодовом расстоянии, равном 0, степень (функция) принадлежности равна 1 только в случае полного совпадения векторов (рис.4,б). Иначе, функция принадлежности определяет часть A -векторного пространства, которая принадлежит m -вектору (рис.4,в). Степень принадлежности здесь есть степень участия m -вектора в формировании множества состояний A -пространства при кодовом расстоянии, равном нулю. Естественно, если кодовое расстояние отлично от 0, то степень принадлежности

$$\mu(m \in A) = 0 \leftarrow d(m, A) > 0.$$

Два вектора, один из них входной, другой – ассоциатор или вектор–строка, определенная в троичном или многозначном алфавите, в результате пересечения образуют непустой вектор, имеющий символы $X = \{0, 1\}$. В данном случае функция принадлежности определяется как общее пространство, отнесенное к пространству ассоциатора, при условии, что кодовое расстояние между векторами равно 0 – пересечение двух векторов не равно пустому множеству. Для троичных векторов, имеющих символы X , формула подсчета функции принадлежности имеет вид:

$$\mu(m \in A) = \frac{2^{|m \cap A|}}{2^{|A|}} = 2^{|m \cap A| - |A|} \leftarrow |m \cap A| =$$

$$\left| m_i \bigcap_{i=1}^n A_i = x \right| \& |A| = \left| \bigcup_{i=1}^n A_i = x \right|.$$

Примеры вычисления функций принадлежности для различных вариантов взаимодействия двух векторов представлены ниже:

$$\mu(m \in A) = \left[\frac{m = (011xxx111)}{A = (01xxxx1x)} \right] = \frac{2^3}{2^6} = \frac{1}{8} = 0,125;$$

$$\mu(m \in A) = \left[\frac{m = (011000111)}{A = (011000x1x)} \right] = \frac{2^0}{2^2} = \frac{1}{4} = 0,25;$$

$$\mu(m \in A) = \left[\frac{m = (xxx000111)}{A = (111000xxx)} \right] = \frac{2^0}{2^3} = \frac{1}{8} = 0,125;$$

$$\mu(m \in A) = \left[\frac{m = (xx100011x)}{A = (xx100011x)} \right] = \frac{2^3}{2^3} = \frac{8}{8} = 1;$$

$$\mu(m \in A) = \left[\frac{m = (xxx000111)}{A = (111000111)} \right] = \frac{2^0}{2^0} = \frac{1}{1} = 1.$$

Здесь фактически рассматривается принадлежность $\mu(m \cap A \in A)$ непустого пересечения между векторами. Но в последнем примере существует неучтенная часть пространства входного m -вектора, которая не вошла в A -ассоциатор, что также иллюстрируется рассмотренным случаем d (рис.4). Оценка $\mu(m \in A) = 1$, полученная в результате взаимодействия векторов, не является корректной, поскольку она не учитывает мощность векторов, участвующих в пересечении. Улучшить оценку можно путем учета введения двух функций принадлежности, а также нормированного кодового расстояния

$$\mu(m \in A), \mu(A \in m), d(m, A).$$

Итак, кодовое расстояние – грубая оценка взаимодействия векторов. Если $d(m, A) = 0$, то вектор m принадлежит вектору A :

$$\begin{cases} m \in A \leftarrow d(m, A) = 0 \leftarrow m \cap A \neq \emptyset; \\ m \notin A \leftarrow d(m, A) \neq 0 \leftarrow m \cap A = \emptyset. \end{cases}$$

При выполнении первого условия необходимо вычислять степень или функцию принадлежности, учитывая, что векторы могут создавать пять видов взаимодействия:

$$1) [m \notin A \leftarrow m \cap A = \emptyset] \rightarrow d(m, A) = \frac{1}{n}(n - d^*);$$

$$2) [(m \in A) \wedge (A \in m) \leftarrow m \cap A = (m \vee A) \leftarrow m = A] \rightarrow \mu(m \in A) = 2^{|m \cap A| - |A|};$$

$$3) [m \in A \leftarrow m \cap A = m] \rightarrow \mu(m \in A) = 2^{|m \cap A| - |A|};$$

$$4) [A \in m \leftarrow m \cap A = A] \rightarrow \mu(A \in m) = 2^{|m \cap A| - |m|};$$

$$5) [(m \in A) \wedge (A \in m) \leftarrow m \cap A \neq (\emptyset \vee m \vee A)] \rightarrow \mu(m \in A) = 2^{|m \cap A| - |m| - |A|}.$$

Здесь, относительно первой формулы, следует подчеркнуть необходимость приведения кодового расстояния к нормированной оценке, определенной в интервале $[0, 1]$. Данное обстоятельство вызвано тем фактом, что абсолютная целочисленная оценка не несет информации об относительном количестве несовпадений или пустых пересечений в масштабе ко-

личества (n) разрядов всего вектора. Например, два несовпадения для вектора, содержащего 20 переменных, и для вектора, имеющего 2 разряда, есть две большие разницы, которые следует учитывать при формировании функции принадлежности. Чтобы учесть все виды взаимодействия пары векторов (см. рис.1), необходим общий и интегральный критерий качества. Все пять формул, представленных выше, необходимо объединить в интегральный критерий качества взаимодействия векторов.

Интегральная метрика для оценивания качества запроса есть функция качества (выбора) взаимодействия векторов $m \cap A$, которая определяется средней суммой трех нормированных параметров: кодовое расстояние $d(m, A)$, функция принадлежности $\mu(m \in A)$ и эффективность использования входного запроса – функция принадлежности $\mu(A \in m)$:

$$Q = \frac{1}{3}[d(m, A) + \mu(m \in A) + \mu(A \in m)],$$

$$d(m, A) = \frac{1}{n} \left(n - \left| m_i \bigcap_{i=1}^n A_i = \emptyset \right| \right);$$

$$\begin{aligned} \mu(m \in A) &= 2^{|m \cap A| - |A|} \leftarrow |m \cap A| = \\ &= \left| m_i \bigcap_{i=1}^n A_i = x \right| \& |A| = \left| \bigcup_{i=1}^n A_i = x \right|; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu(A \in m) &= 2^{|m \cap A| - |m|} \leftarrow |m \cap A| = \\ &= \left| m_i \bigcap_{i=1}^n A_i = x \right| \& |m| = \left| \bigcup_{i=1}^n m_i = x \right|. \end{aligned}$$

Нормирование параметров позволяет оценивать уровень взаимодействия векторов в интервале $[0, 1]$. Если зафиксировано предельное максимальное значение каждого параметра, равное 1, то векторы равны между собой. Минимальная оценка, $Q = 0$, фиксируется в случае полного несовпадения векторов по всем n координатам. Можно также выделить три интервала существования функции качества Q между 0 и 1, которые иллюстрируют: 1) $[0; 0,33]$ – наличие кодового расстояния между векторами, не равного 0; 2) $[0,33; 0,66]$ – кодовое расстояние равно 0, а пересечение двух векторов не равно одному из них; 3) $[0,66; 1,00]$ – кодовое расстояние равно 0, а пересечение двух векторов равно одному из них или обоим, в предельном случае. Если мощность пространства вектора m ($m \cap A = m$) равна половине пространства вектора A , то функции принадлежности и качества соответственно равны:

$$\mu(m \in A) = \frac{1}{2}; \mu(A \in m) = 1; d(m, A) = 1;$$

$$Q(m, A) = \frac{5}{2 \times 3} = \frac{5}{6}.$$

Аналогичное значение будет иметь параметр Q , если мощность пространства вектора A равна половине вектора m . Если мощность пространства пересечения

$|m \cap A|$ равна половине мощностей пространств векторов A и m , то функции принадлежности имеют значения:

$$\mu(m \in A) = \frac{1}{2}; \mu(A \in m) = \frac{1}{2}; d(m, A) = 1;$$

$$Q(m, A) = \frac{4}{2 \times 3} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}.$$

Следует также заметить, если результат пересечения двух векторов равен пустому множеству, то:

$2^{|m \cap A|} = 2^0 = 0$. Это действительно означает, что количество общих точек при пересечении двух пространств равно нулю.

Ниже приведены примеры расчета интегральной функции качества для следующих 4 векторов: (00001111, 0011xx11, 0000xxxx, xxxxxxxx), которые образуют пересечения «каждый с другими» и «каждый сам с собой». Функции принадлежности и качества для всех пар представлены в табл.21.

5. Инфраструктура решения задач анализа и синтеза на логических ассоциативных графах

При подаче на вход системы логического ассоциативного матричного процессора некоторого вектора m , маскированного двоичным вектором X , она должна сформировать на выходе вектор A , максимально непротиворечивый для запроса m , а также оценку качества полученного решения в виде функции Q :

$$\begin{cases} Q = f(m, X, A); \\ A = g(m, X, S). \end{cases}$$

Структура интерфейса системы, соответствующая данным выражениям, представлена на рис. 5.

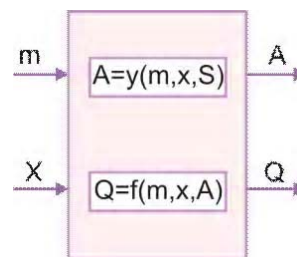


Рис. 5. Обобщенный интерфейс системы

Речь идет о качестве взаимодействия запроса (входного многозначного, в частности, троичного вектора m) с системой ассоциативных векторов (ассоциаторов), результатом которого должен быть сгенерирован конструктивный ответ в виде одного или нескольких ассоциаторов (A), а также численной характеристики степени принадлежности входного вектора m к найденному решению: $\mu(m \in A)$. Входной вектор $m = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n)$, $m_i \in \{0, 1, x\}$ и матрица ассоциаторов

$$S = (A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_k),$$

$$A_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}),$$

$$A_i \in S, a_i \in \{0, 1, x\}$$

Таблица 21

	$\mu(m \in A)$	$\mu(A \in m)$	$d(m, A)$	Q
$m=(00001111)$ $A=(0011xx11)$	$\frac{2^0}{2^2} = 0$	$\frac{2^0}{2^0} = 0$	$\frac{8-2}{8} = 0,75$	0,25
$m=(00001111)$ $A=(0000xxxx)$	$\frac{2^0}{2^4} = \frac{1}{16}$	$\frac{2^0}{2^0} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	0,69
$m=(00001111)$ $A=(xxxxxxxx)$	$\frac{2^0}{2^8} = \frac{1}{256}$	$\frac{2^0}{2^0} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	0,67
$m=(00001111)$ $A=(00001111)$	$\frac{2^0}{2^0} = 1$	$\frac{2^0}{2^0} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	1
$m=(0011xx11)$ $A=(0011xx11)$	$\frac{2^2}{2^2} = 1$	$\frac{2^2}{2^2} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	1
$m=(0011xx11)$ $A=(0000xxxx)$	$\frac{2^0}{2^4} = 0$	$\frac{2^0}{2^2} = 0$	$\frac{8-2}{8} = 0,75$	0,25
$m=(0011xx11)$ $A=(xxxxxxxx)$	$\frac{2^2}{2^8} = \frac{4}{256}$	$\frac{2^2}{2^2} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	0,67
$m=(0000xxxx)$ $A=(0000xxxx)$	$\frac{2^4}{2^4} = 1$	$\frac{2^4}{2^4} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	1
$m=(0000xxxx)$ $A=(xxxxxxxx)$	$\frac{2^4}{2^8} = \frac{16}{256}$	$\frac{2^4}{2^4} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	0,69
$m=(xxxxxxxx)$ $A=(xxxxxxxx)$	$\frac{2^8}{2^8} = 1$	$\frac{2^8}{2^8} = 1$	$\frac{8-0}{8} = 1$	1

должны иметь одинаковую размерность, равную n . Логическая ассоциативная структура $\Psi = f(P_1, P_2, P_3, P_4)$, $O = \{\cup, \cap\}$ предназначена для автоматического решения класса задач, относящихся к склонению полных непряжательных имен прилагательных. Примером задачи этого класса может служить задача синтеза словоформы. Она заключается в следующем: заданы слово и окружающий его контекст, требуется определить соответствующую им словоформу. Например, пусть задано словосочетание (*слабый*) сигналом. Требуется согласовать прилагательное *слабый*, приведенное в скобках, с контекстом. Определяем исходные данные: основа словоформы – *слаб*; род – *мужской*; число – *единственное*; падеж – *творительный*.

Схема вычислений задачи синтеза словоформы имени прилагательного имеет вид, представленный на рис. 6.

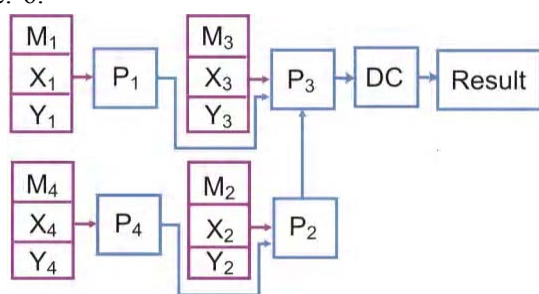


Рис. 6. Схема вычислений задачи синтеза словоформ

Здесь P_1, P_2, P_3, P_4 – вершины логической ассоциативной структуры, DC – декодер. Фактически данная схема определяет последовательность параллельных (конвейерных) действий, необходимых для вычисления результата – синтеза словоформы прилагательного: 1) Параллельная обработка взаимодействия входных векторов с вершинами P_1 и P_4 . 2) Анализ ассоциативной таблицы P_2 . 3) Обработка вершины P_3 завершает процесс формирования анализа графа ассоциативных таблиц.

Для каждой вершины логической ассоциативной структуры задаем вектор–маску входных и выходных переменных, а также входное воздействие. В табл.22 представлены маски входа M_1 и выхода Y_1 , а также входное воздействие X_1 для вершины P_1 логической ассоциативной структуры.

В результате обработки таблицы ассоциативных векторов вершины P_1 получаем значение переменной $p_{11} = 00101$ (табл.23).

В табл. 24 представлены маски входа M_4 и выхода Y_4 , а также входное воздействие X_4 для вершины P_4 логической ассоциативной структуры.

В результате обработки таблицы ассоциативных векторов вершины P_4 получаем значения переменных $p_{41} = \{1\}$, $p_{43} = \{Б\}$ (табл.25).

Таблица 22

	P_{11}	P_{12}			P_{13}	P_{14}						P_{15}		P_{16}	
		М	Ж	С		И	Р	Д	В	Т	П	Н	О	С	А
M_1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
X_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Y_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 23

№	P_{11}	P_{12}			P_{13}	P_{14}						P_{15}		P_{16}		R
		М	Ж	С		И	Р	Д	В	Т	П	Н	О	С	А	
0	00000	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
..	...	..	..	..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...
4	00100	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
5	00101	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
6	00110	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
..	...	..	..	..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...
18	10010	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0

Таблица 24

	P ₄₁							P ₄₂	P ₄₃																			
	1	2	3	4	5	6	7		Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Х	Ц	Ч	Ш	Щ
M ₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	0	0	000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₄	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 25

№	P_{41}							P_{42}	P_{43}																			R
	1	2	3	4	5	6	7		Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Х	Ц	Ч	Ш	Щ
0	1	0	0	0	0	0	0	000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
...	..	..	..	..	..	..	..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
6	0	0	0	0	0	0	1	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Маски входа M_2 и выхода Y_2 , а также входное воздействие X_2 для вершины P_2 логической ассоциативной структуры представлены в табл.26.

В результате обработки таблицы ассоциативных векторов вершины P_2 получаем значение переменной $p_{21} = \{1\}$ (табл.27).

В табл. 28 представлены маски входа M_3 и выхода Y_3 , а также входное воздействие X_3 для вершины P_3 логической ассоциативной структуры.

В результате обработки таблицы ассоциативных векторов вершины P_3 получаем значения переменных $p_{31} = \{100010\}$, $p_{32} = \{1001\}$, $p_{33} = \{0\}$, $p_{34} = \{101\}$, $p_{35} = \{0011\}$, $p_{36} = \{011\}$, $p_{37} = \{11\}$ (табл.29).

После декодирования получаем безударную словоформу *ым*. В результате решения этой задачи формируем словосочетание *слабым сигналом*.

Другим примером может служить задача анализа словоформы: заданы форма слова и окружающий ее контекст, требуется определить грамматические признаки, соответствующие этой словоформе. Схема вычислений задачи анализа словоформы имени прилагательного представлена на рис.7

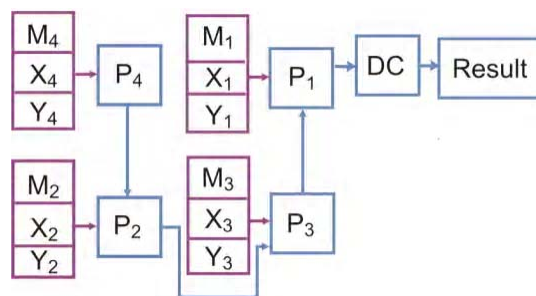


Рис. 7. Схема вычислений задачи анализа словоформ

Данная схема назначает процессору 4 такта для последовательной обработки вершин в целях анализа словоформы имени прилагательного.

Например, пусть задана форма слова *слабым*. Требуется указать род, число и падеж данной словоформы. Определяем исходные данные: основа словоформы – *слаб*; окончание – *ым*. Маски входа и выхода, а также входные воздействия для вершин P_4 и P_2 логической ассоциативной структуры для задачи анализа аналогичны маскам входа и выхода, входным воздействиям для задачи синтеза (табл.24–27). В табл.30 представлены маски входа M_3 и выхода Y_3 , а также входное воздействие X_3 для вершины P_3 логической ассоциативной структуры.

Таблица 26

	p ₂₁							p ₂₂																			P ₂₃	P ₂₄
	1	2	3	4	5	6	7	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Х	Ц	Ч	Ш		
M ₂	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 27

№	p ₂₁							p ₂₂																			p ₂₃	p ₂₄	R
	1	2	3	4	5	6	7	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	К	Л	М	Н	П	Р	С	Т	Х	Ц	Ч	Ш			
0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1

Таблица 28

	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅	P ₃₆	P ₃₇	P ₃₈							P ₃₉
								1	2	3	4	5	6	7	
M ₃	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
X ₃	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	00101
Y ₃	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 29

№	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅	P ₃₆	P ₃₇	P ₃₈							P ₃₉	R
								1	2	3	4	5	6	7		
0	000000	1000	110	11	0000	0	000	1	1	1	1	0	0	0	00111	0
																0
51	100001	0010	010	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	00011	0
52	100010	0011	011	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	00101	1
53	100010	0011	011	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	01111	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
63	101001	1000	110	11	1100	0	111	0	0	0	0	1	0	0	00111	0

В результате обработки таблицы ассоциативных векторов вершины P_3 получаем два значения переменной $p_{39} = \{00101, 01111\}$ (табл.31).

В табл.32 представлены маски входа M_1 и выхода Y_1 , а также входное воздействие X_1 для вершины P_1 логической ассоциативной структуры.

В результате обработки таблицы ассоциативных векторов вершины P_1 получаем два значения переменной $p_{11} = \{00101, 01111\}$ (табл.33).

После декодирования получаем два решения этой задачи – словоформа *слабым* имеет: 1) мужской или средний род, единственное число, творительный падеж; 2) множественное число, дательный падеж. Например, такие грамматические признаки имеет данная словоформа в словосочетаниях: *слабым сигналом, слабым полем, слабым сигналам*.

6. Выводы

Перспективы дальнейших исследований. В результате дальнейших исследований представляется разработать универсальные методы синтеза логических ассоциативных структур на основе использования

интегрального критерия качества и иерархических структур ассоциативных памяти. Представляет интерес определение оптимальной структуры логического ассоциативного графа, как формы, ориентированной на параллельное выполнение процедур анализа каждого компонента естественного языка. Количество графов должно соответствовать частям речи, что представляет собой языковую структурно–логическую основу нижнего уровня. Далее над графами, как компонентами, создается интеллектуальная надстройка, определяющая практически существующие в языке ассоциативные логические отношения между частями речи в предложении.

Научная новизна. Впервые разработана методология представления логических реляционных сетей в виде системы ассоциативных структур априорных отношений для аппаратной реализации параллельных средств обработки аналитических, графовых и табличных структур данных.

Практическая значимость. Реализация данного подхода позволит повысить эффективность работы систем обработки символьной информации за счет создания аппаратно–ориентированной математической инфра-

Таблица 30

	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}	P_{36}	P_{37}	P_{38}							P_{39}
								1	2	3	4	5	6	7	
M_3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X_3	100010	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Y_3	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Таблица 31

№		P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}	P_{36}	P_{37}	P_{38}							P_{39}	R
								1	2	3	4	5	6	7		
0	000000	1000	110	11	0000	0	000	1	1	1	1	0	0	0	00111	0
..	...	...	...	...	...	...	...	..	..	..	..	..	..	..	...	..
50	100001	0010	010	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	00000	0
51	100001	0010	010	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	00011	0
52	100010	0011	011	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	00101	1
53	100010	0011	011	11	1001	0	101	1	0	1	0	0	0	0	01111	1
54	100011	0011	011	11	1010	1	101	0	0	0	0	0	1	0	00101	0
..	...	...	...	...	...	...	...	..	..	..	..	..	..	..	...	..
63	101001	1000	110	11	1100	0	111	0	0	0	0	1	0	0	00111	0

Таблица 32

	P_{11}	P_{12}			P_{13}	P_{14}						P_{15}		P_{16}	
		М	Ж	С		И	Р	Д	В	Т	П	Н	О	С	А
M_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{11}	00101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{12}	01111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 33

№	P_{11}	P_{12}			P_{13}	P_{14}						P_{15}		P_{16}		R
		М	Ж	С		И	Р	Д	В	Т	П	Н	О	С	А	
0	00000	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
..	...	..	..	..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...
5	00101	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
..	...	..	..	..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...
15	01111	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
..	...	..	..	..	...	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	...
18	10010	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0

структуры для решения задач анализа и синтеза синтаксических и семантических языковых конструкций.

Литература: 1. *Бондаренко, М.Ф.* О мозгоподобных ЭВМ [Текст] / М.Ф. Бондаренко, З.В. Дударь, И.А. Ефимова, В.А. Лещинский, С.Ю. Шабанов-Кушнарченко // Радиоэлектроника и информатика. 2004. № 2. С. 89–105. 2. *Бондаренко, М.Ф.* Об алгебре предикатов [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта. 2004. № 1. С. 15–26. 3. *Бондаренко, М.Ф.* Теория интеллекта. Учебник. [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. Х.: СМИТ, 2006. 592 с. 4. *Бондаренко, М.Ф.* Модели языка [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта. 2004. № 1. С. 27–37.

Поступила в редколлегию 27.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Шабанов-Кушнарченко Ю.П.

Бондаренко Михаил Федорович, ректор ХНУРЭ, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ПО ЭВМ. Научные интересы: искусственный интеллект. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

Хаханов Владимир Иванович, д-р техн. наук, профессор кафедры АПВТ ХНУРЭ, декан факультета компьютер-

ной инженерии и управления ХНУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика вычислительных устройств, систем, сетей и программных продуктов. Увлечения: баскетбол, футбол, горные лыжи. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-13-26. E-mail: hahanov@kture.kharkov.ua

Лещинская Ирина Александровна, аспирантка, ассистент кафедры программного обеспечения ХНУРЭ. Научные интересы: алгебраическая логика, реляционные сети, лингвистическая алгебра, теория интеллекта, искусственный интеллект, новые информационные технологии. Увлечения: английский язык, катание на роликах. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-14-46. E-mail: irina.leshchinsky@gmail.com

Русакова Наталия Евгеньевна, аспирантка кафедры программного обеспечения ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: логическая алгебра, реляционные сети, теория интеллекта, искусственный интеллект. Увлечения: спортивные танцы, катание на коньках, вышивка крестиком. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 702-14-46. E-mail: natalium@mail.ru.