УДК 519.7

И. А. Ефимова, В. А. Лещинский., В. В. Токарев, Г. Г. Четвериков

СИНТЕЗ БИНАРНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

1. Введение

Развитие и совершенствование средств вычислительной техники является базой для автоматизации умственной деятельности человека. Однако успехи в области интеллектуализации вычислительной техники незначительны, если сравнивать достигнутые результаты с ожидаемыми и их прогнозами. Ориентация на достижение высококачественной технологии обработки информации проявляется в попытках реализовать на фон-неймановских компьютерах системы искусственного интеллекта (ИИ). Следовательно, новые требования к технологии обработки информации обусловлены необходимостью решать проблемы, с трудом поддающиеся формализации, и наличием пользователя, который не является профессиональным программистом [1].

В области ИИ существует проблема применения научных знаний о естественном языке к решению различных практических задач, таких как автоматический машинный перевод, распознавание рукописных текстов и звучащей речи, автоматическое индексирование и реферирование текстов, создание лингвистических корпусов текстов естественного языка, морфологическая, синтаксическая, семантическая разметка текстов и многие др. Использование механизмов естественного языка в информационно-компьютерных и человеко-машинных системах обеспечивает создание качественно новых средств обработки информации для интеллектуализации работы с текстами. Несмотря на то, что многие механизмы естественного языка уже формализованы, проблема формализации естественного языка остается по-прежнему актуальной [2, 3].

2. Логическая интерпретация моделирования естественного языка

Основные публикации последних лет в области ИИ четко и ясно определили главную проблему и кратчайший путь к созданию систем искусственного интеллекта — моделирование морально-этических норм и законов. Очевидно, что единственным известным нам объективным носителем морали и интеллекта является человек, а средством внешнего общения и выражения интеллекта является человеческая речь. Структуризация языка осуществляется через формирование базового набора отношений (их число не превышает 200): временных, пространственных, каузальных, классифицирующих, кластеризирующих, лингвистических и др.

Выявлению и формированию последних (лингвистических отношений), их представлению в виде соответствующих реляционных моделей, описанных уравнениями алгебры конечных предикатов (АКП), а также аппаратурным методам решения этих уравнений и посвящена данная статья.

В научном мире уделяется большое внимание исследованию проблемы моделирования механизмов естественного языка (ЕЯ), а также развитию и совершенствованию средств вычислительной техники для ее реализации с элементами k-значного кодирования и параллелизма.

В рамках научной школы по ИИ, возглавляемой М. Ф. Бондаренко, используется математический аппарат, дающий возможность описывать ЕЯ с помощью аппарата логических уравнений, — это алгебра конечных предикатов, предоставляющая широкие возможности перехода от алгоритмического описания информационных процессов к их описанию в виде уравнений, которые и задают отношения между переменными (характеристиками) исследуемого объекта (языка). АКП — это единственный удобный язык для формульного задания отношения символьной информации.

Следует отметить некоторые особенности развития данной области исследований в настоящее время:

- математические модели ЕЯ описываются параллельными алгоритмами АКП, а затем программно обрабатываются на процессорах фон-Неймана последовательного действия;
- выпали из рассмотрения пути создания многозначных широко параллельных средств для обработки символьной информации;
- возникают проблемы размерности систем уравнений алгебры предикатов, вопросы выбора метода их решения и распараллеливания;
- в то же время оптимальное проектирование и техническая реализация вычислительных средств на базе k-значных структур невозможна без одновременной разработки принципиально новых (нетрадиционных) видов математических моделей и их исследования для различных режимов работы, а главное, интерпретации результатов моделирования [4].

Следует отметить, что одним из перспективных направлений применения теории многозначных структур и кодирования в системах искусственного интеллекта является процесс моделирования естественного языка. Этот подход позволяет наряду с развитием и совершенствованием вариантов программной реализации полученных моделей языка получить и другой подход — схемный. Мозг при этом рассматривается как отправная точка построения k-значных пространственных структур языковых систем [3, 4].

Анализ показывает, что ближайшими аппаратными средствами, с помощью которых возможно преодолеть вышеуказанные трудности, являются универсальные многозначные элементы и структуры пространственного типа, а также бинарные логические сети, которые в свою очередь составляют основу ЭВМ параллельного действия, основанных на принципах работы мозга и получивших название мозгоподобных ЭВМ [5, 6].

3. Бинарные логические сети

Бинарная логическая сеть — сеть, которая представляет собой совокупность вершин, характеризующихся предметными переменными $x_1, x_2, ..., x_n$ и их областями задания $A_1, A_2, ..., A_n$, и дуг между ними, характеризующихся бинарными отношениями $P_1, P_2, ..., P_n$, которые зависят от переменных, указанных на их концах.

Бинарные логические сети описываются предикатом модели, образованным из конъюнкции бинарных предикатов, соответствующих бинарным отношениям между ее предметными переменными. Например, предикат модели бинарной логической сети склонения регулярных имен существительных русского языка [5] имеет вид

$$P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, z, l, y_1, y_2, y_3) = P_1(x_1, r) \wedge$$
$$\wedge P_2(x_2, r) \wedge P_3(x_3, r) \wedge P_4(x_4, r) \wedge P_5(x_5, r) \wedge$$
$$\wedge P_6(r, z) \wedge P_7(z, l) \wedge P_8(l, y_1) \wedge P_9(l, y_2) \wedge P_{10}(l, y_3),$$

где x_1 — род словоформы; x_2 — число словоформы; x_3 — падеж словоформы; x_4 — признак одушевленности; x_5 — признак употребляемости формы слова; r — номер влияния контекста; z — окончание формы слова; l — тип словоизменения; y_1 — последняя буква основы слова; y_2 — признак ударности основы слова; y_3 — признак смягчения слова. Области изменения введенных предметных переменных A_1, A_2, $A_3, A_4, A_5, R, Z, L, B_1, B_2, B_3$ задаются следующими уравнениями:

$$x_1^{\text{М}} \vee x_1^{\text{С}} \vee x_1^{\text{Ж}} = 1;\ x_2^{\text{Е}} \vee x_2^{\text{М}} = 1;$$
$$x_3^{\text{И}} \vee x_3^{\text{Р}} \vee x_3^{\text{Д}} \vee x_3^{\text{В}} \vee x_3^{\text{Т}} \vee x_3^{\text{П}} = 1;$$
$$x_4^{\text{Н}} \vee x_4^{\text{О}} = 1;\ x_5^{\text{С}} \vee x_5^{\text{А}} = 1;$$
$$r^1 \vee r^2 \vee ... \vee r^{29} = 1;$$
$$z^{\text{А}} \vee z^{\text{АМ}} \vee z^{\text{АМИ}} \vee z^{\text{АХ}} \vee z^{\text{Е}} \vee z^{\text{ЕВ}} \vee z^{\text{ЕЙ}} \vee z^{\text{ЕМ}} \vee$$
$$\vee z^{\text{ЕЮ}} \vee z^{\text{Ё}} \vee z^{\text{ЁВ}} \vee z^{\text{ЁЙ}} \vee z^{\text{ЁМ}} \vee z^{\text{ЁЮ}} \vee z^{\text{И}} \vee z^{\text{О}} \vee$$
$$\vee z^{\text{ОВ}} \vee z^{\text{ОЙ}} \vee z^{\text{ОМ}} \vee z^{\text{ОЮ}} \vee z^{\text{У}} \vee z^{\text{Ь}} \vee z^{\text{Ы}} \vee z^{\text{Ю}} \vee$$
$$\vee z^{\text{Я}} \vee z^{\text{ЯМ}} \vee z^{\text{ЯМИ}} \vee z^{*} = 1;$$

$$l^1 \vee l^2 \vee ... \vee l^{14} = 1;$$
$$y_1^{\text{Б}} \vee y_1^{\text{В}} \vee y_1^{\text{Д}} \vee y_1^{\text{З}} \vee y_1^{\text{Л}} \vee y_1^{\text{М}} \vee y_1^{\text{Н}} \vee y_1^{\text{П}} \vee y_1^{\text{Р}} \vee$$
$$\vee y_1^{\text{С}} \vee y_1^{\text{Т}} \vee y_1^{\text{Ф}} \vee y_1^{\text{Г}} \vee y_1^{\text{К}} \vee y_1^{\text{Х}} \vee y_1^{\text{Ж}} \vee y_1^{\text{Ч}} \vee y_1^{\text{Ш}} \vee$$
$$\vee y_1^{\text{Щ}} \vee y_1^{\text{Ц}} \vee y_1^{\text{А}} \vee y_1^{\text{Е}} \vee y_1^{\text{Й}} \vee y_1^{\text{Ы}} \vee y_1^{\text{Ю}} \vee y_1^{\text{Я}} \vee y_1^{\text{И}} = 1;$$
$$y_2^{\text{У}} \vee y_1^{\text{Б}} = 1;\ y_3^{\text{Т}} \vee y_3^{\text{М}} = 1.$$

Графическое представление бинарной логической сети по предикату модели представлено на рис. 1.

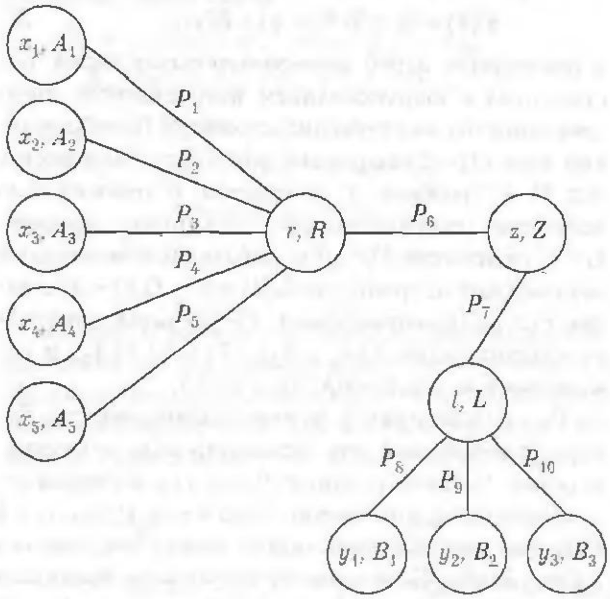

Рис. 1. Строение бинарной логической сети склонения регулярных имен существительных русского языка

Каждая дуга логической сети соединяет два полюса, отвечающие тем предметным переменным, которые связываются отношением, соответствующим данной ветви. Например, бинарные отношения P_3, P_9, соответствующие предикатам

$$P_3(x_3, r) = x_3^{\text{И}}(r^1 \vee r^9 \vee r^{15} \vee r^{22} \vee r^{26}) \vee$$
$$\vee x_3^{\text{Р}}(r^2 \vee r^{10} \vee r^{16} \vee r^{23} \vee r^{27}) \vee x_3^{\text{Д}}(r^3 \vee r^{11} \vee r^{17}) \vee$$
$$\vee x_3^{\text{В}}(r^4 \vee r^5 \vee r^{12} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{24} \vee r^{25} \vee r^{28} \vee r^{29}) \vee$$
$$\vee x_3^{\text{Т}}(r^6 \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{20}) \vee x_3^{\text{П}}(r^7 \vee r^{21}) \vee$$
$$\vee (x_3^{\text{И}} \vee x_3^{\text{В}}) r^8,\ P_9(y_2, l) = y_2^{\text{У}}(l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee$$
$$\vee l^5 \vee l^6 \vee l^7) \vee y_2^{\text{Б}}(l^8 \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11} \vee l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14}),$$

изображены на рис. 2 и 3 в виде двудольных графов.

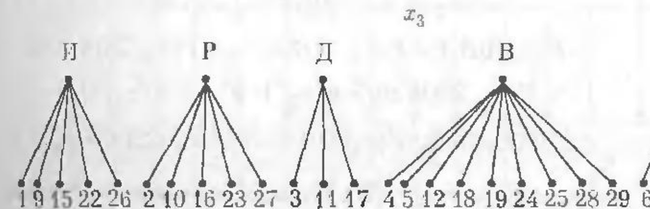

Рис. 2. Связь: тип контекста r — падеж x_3

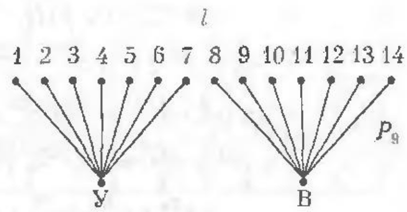

Рис. 3. Связь: тип склонения l — признак ударности основы y_2

4. Функционирование бинарных логических сетей

Функционирующая бинарная логическая сеть представляет собой систему взаимодействующих линейных логических преобразований [6, 7]. Каждая дуга бинарной логической сети представляет собой двунаправленную шину, которая описывается парой линейных логических преобразований

$$B(y) = \exists x \in M(F(x, y) \wedge A(x)); \quad (1)$$

$$A'(x) = \exists y \in N(F(x, y) \wedge B(y)) \quad (2)$$

и реализуется парой переключательных цепей, построенных с использованием координатного представления соответствующих множеств. Преобразования вида (1)–(2) выражают образ $B \subseteq N$ множества $A \subseteq M$ и прообраз A' множества B относительно некоторого отображения $y = f(x)$, которые определяются предикатом $F(x, y)$ и называются линейными логическими операторами $L(A) = B$ и $L(B) = A'$ с ядром $F(x, y)$. Преобразования (1)–(2) характеризуются аддитивностью $F(A_1 \vee A_2) = F(A_1) \vee F(A_2)$ и однородностью $F(\alpha A) = \alpha F(A)$, $\alpha \in \{0, 1\}$.

Рассмотрим пример функционирования дуги бинарной логической сети склонения имен существительных. Возьмем предикат $P_3(x_3, r)$ и поставим задачу решения логического уравнения $P_3(x_3, r) = 1$. Решение поставленной задачи может заключаться в следующем. Если один из аргументов предиката принимает множество значений, тогда требуется отыскать множество всевозможных значений другого аргумента, удовлетворяющих данному логическому уравнению хотя бы при одном значении первого аргумента.

Например, пусть $x_3 \in \{И, Р, В\}$ и необходимо отыскать всевозможные значения аргумента r, т. е. множество значений влияний контекста. В этом случае задача заключается в нахождении образа множества $A = \{И, Р, В\}$ относительно отображения $f(x_3) = r$. Воспользуемся формулой линейного логического оператора (1):

$$B(r) = \exists x_3 \in M(F(x_3, r) \wedge A(x_3)) =$$
$$= \exists x_3 \in \{И, Р, Д, В, Т, П\}(F(x_3, r) \wedge A(x_3)) =$$
$$= F(И, r)A(И) \vee F(Р, r)A(Р) \vee F(Д, r)A(Д) \vee$$
$$\vee F(В, r)A(В) \vee F(П, r)A(П) =$$
$$= F(И, r) \cdot 1 \vee F(Р, r) \cdot 1 \vee F(Д, r) \cdot 0 \vee F(В, r) \cdot 1 \vee$$
$$\vee F(Т, r) \cdot 0 \vee F(П, r) \cdot 0 =$$
$$= (r^1 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{15} \vee r^{22} \vee r^{26}) \vee$$
$$\vee (r^2 \vee r^{10} \vee r^{16} \vee r^{23} \vee r^{27}) \vee$$
$$\vee (r^4 \vee r^5 \vee r^8 \vee r^{12} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee$$
$$\vee r^{24} \vee r^{25} \vee r^{28} \vee r^{29}).$$

Итак, образ множества $A = \{И, Р, В\} \xrightarrow{f} B = \{1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29\}$.

Пусть задано множество типов влияния контекста $r \in \{2, 5, 9, 24\}$, которое соответствует окончаниям *а, я* регулярных имен существительных, и необходимо отыскать всевозможные значения аргумента x_3. В этом случае задача заключается в нахождении прообраза множества $B = \{2, 5, 9, 24\}$ относительно отображения $f(x_3) = r$. Воспользуемся формулой линейного логического оператора (2):

$$A'(x_3) = \exists r \in M(F(x_3, r) \wedge B(r)) =$$
$$= \exists r \in \{1, 2, ..., 29\}(F(x_3, r) \wedge B(r)) =$$
$$= F(x_3, 1)B(1) \vee F(x_3, 2)B(2) \vee ... \vee F(x_3, 28)B(28) \vee$$
$$\vee F(x_3, 29)B(29) = (F(x_3, 1) \cdot 0 \vee F(x_3, 2) \cdot 1 \vee$$
$$\vee F(x_3, 3) \cdot 0 \vee F(x_3, 4) \cdot 0 \vee F(x_3, 5) \cdot 1 \vee F(x_3, 6) \cdot 0 \vee$$
$$\vee F(x_3, 7) \cdot 0 \vee F(x_3, 8) \cdot 0 \vee F(x_3, 9) \cdot 1) \cdot 0 \vee$$
$$\vee F(x_3, 10) \cdot 0 \vee ... \vee F(x_3, 28) \cdot 0 \vee F(x_3, 29) \cdot 0 =$$
$$= x_3^И \vee x_3^Р \vee x_3^В.$$

Итак, прообраз множества $B = \{2, 5, 9, 24\} \xrightarrow{f} A' = \{И, Р, В\}$.

Рассмотрим другой вариант решения исходного логического уравнения, если задано одно значение (а не множество значений) одного из аргументов и необходимо найти те значения другого аргумента, которые удовлетворяют данному логическому уравнению. Например, пусть $x_3 = В$, тогда решение данной задачи можно свести к нахождению образа одноэлементного множества $A = \{В\}$ относительно отображения $f(x_3) = r$. По формуле (1) имеем:

$$B(r) = \exists x_3 \in M(F(x_3, r) \wedge A(x_3)) =$$
$$= \exists x_3 \in \{И, Р, Д, В, Т, П\}(F(x_3, r) \wedge A(x_3)) =$$
$$= F(И, r)A(И) \vee F(Р, r)A(Р) \vee F(Д, r)A(Д) \vee$$
$$\vee F(В, r)A(В) \vee F(Т, r)A(Т) \vee F(П, r)A(П) =$$
$$= F(И, r) \cdot 0 \vee F(Р, r) \cdot 0 \vee F(Д, r) \cdot 0 \vee F(В, r) \cdot 1 \vee$$
$$\vee F(Т, r) \cdot 0 \vee F(П, r) \cdot 0 =$$
$$= r^4 \vee r^5 \vee r^8 \vee r^{12} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{24} \vee r^{25} \vee r^{28} \vee r^{29},$$

т. е. множество влияний контекста $r = \{4, 5, 8, 12, 18, 19, 24, 25, 28, 29\}$.

Пусть $r = 5$, тогда решение исходной задачи можно свести к нахождению прообраза одноэлементного множества $B = \{5\}$ относительно отображения $f(x_3) = r$. По формуле (2) имеем:

$$A'(x_3) = \exists r \in M(F(x_3, r) \wedge B(r)) =$$
$$= \exists r \in \{1, 2, ..., 29\}(F(x_3, r) \wedge B(r)) =$$
$$= F(x_3, 1)B(1) \vee F(x_3, 2)B(2) \vee ... \vee F(x_3, 28)B(28) \vee$$
$$\vee F(x_3, 29)B(29) = F(x_3, 1) \cdot 0 \vee ... \vee F(x_3, 4) \cdot 0 \vee$$
$$\vee F(x_3, 5) \cdot 1 \vee F(x_3, 6) \cdot 0 \vee ... \vee F(x_3, 29) \cdot 0 = x_3^В,$$

т. е. аргумент $x_3 = \{В\}$. Итак, образ одноэлементного множества $A = \{В\} \xrightarrow{f} B = \{4, 5, 8, 12, 18, 19, 24, 25, 28, 29\}$, прообраз одноэлементного множества $B = \{5\} \xrightarrow{f} A' = \{В\}$.

5. Схемная реализация бинарных логических сетей

Рассмотрим вопрос о схемной реализации бинарных логических сетей на конкретном примере. Возьмем предикат P_3, связывающий тип влияния контекста r и падеж формы слова x_3 из модели склонения регулярных имен существительных. Построим отображение $f(r) = x_3$, $M = \{1, 2, ..., 29\}$, $N = \{И, Р, Д, В, Т, П\}$:

$$\beta_И = r^1 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{15} \vee r^{22} \vee r^{26};$$

$$\beta_Р = r^2 \vee r^{10} \vee r^{16} \vee r^{23} \vee r^{27};$$

$$\beta_Д = r^3 \vee r^{11} \vee r^{17};$$

$$\beta_В = r^4 \vee r^5 \vee r^8 \vee r^{12} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{24} \vee$$

$$\vee\, r^{25} \vee r^{28} \vee r^{29};$$

$$\beta_Т = r^8 \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{20};$$

$$\beta_П = r^7 \vee r^{21}. \qquad (3)$$

Схема, реализующая отображение (3), представлена на рис. 4.

Схема находит полный образ предмета. Пусть, например, $r = 5$. Тогда $\beta_И = 0$, $\beta_Р = 0$, $\beta_Д = 0$, $\beta_В = 1$, $\beta_Т = 0$, $\beta_П = 0$. Полным образом предмета 5 является $x_3 \in \{B\}$.

Для нахождения прообраза предмета необходимо строить схему, реализующую отображение, обратное заданному, то есть схему, действующую в обратном направлении (рис. 5).

Схема находит полный прообраз предмета. Пусть, например, $x_3 = B$, тогда $\beta_И = 0$, $\beta_Р = 0$, $\beta_Д = 0$, $\beta_В = 1$, $\beta_Т = 0$, $\beta_П = 0$; $r \in \{4, 5, 8, 12, 18, 19, 24, 25, 28, 29\}$.

Построим схему, которая находит образ множества предметов относительно отображения (3) (рис. 6).

Математически эта переключательная цепь описывается уравнениями:

$$\beta_И = \alpha_1 \vee \alpha_8 \vee \alpha_9 \vee \alpha_{15} \vee \alpha_{22} \vee \alpha_{26};$$

$$\beta_Р = \alpha_2 \vee \alpha_{10} \vee \alpha_{16} \vee \alpha_{23} \vee \alpha_{27};$$

$$\beta_Д = \alpha_3 \vee \alpha_{11} \vee \alpha_{17};$$

$$\beta_В = \alpha_4 \vee \alpha_5 \vee \alpha_8 \vee \alpha_{12} \vee \alpha_{18} \vee \alpha_{19} \vee \alpha_{24} \vee$$

$$\vee\, \alpha_{25} \vee \alpha_{28} \vee \alpha_{29};$$

$$\beta_Т = \alpha_6 \vee \alpha_{13} \vee \alpha_{14} \vee \alpha_{20};$$

$$\beta_П = \alpha_7 \vee \alpha_{21}. \qquad (4)$$

Найдем образ какого-нибудь множества для отображения (4), воспользовавшись схемой на рис. 5. Возьмем, например, следующее множество типов влияний контекста $r \in \{2, 5, 9, 24\}$, которые соответствуют окончаниям *а*, *я* имен существительных.

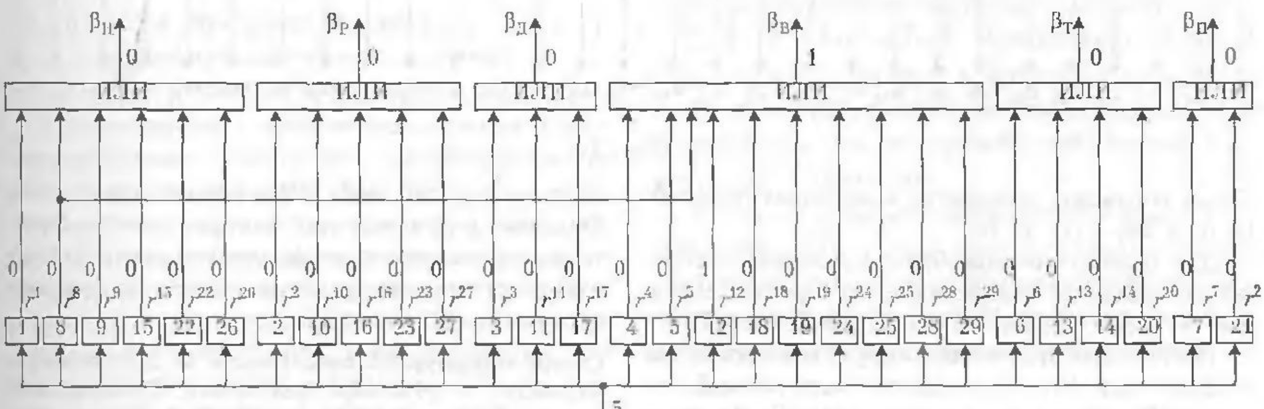

Рис. 4

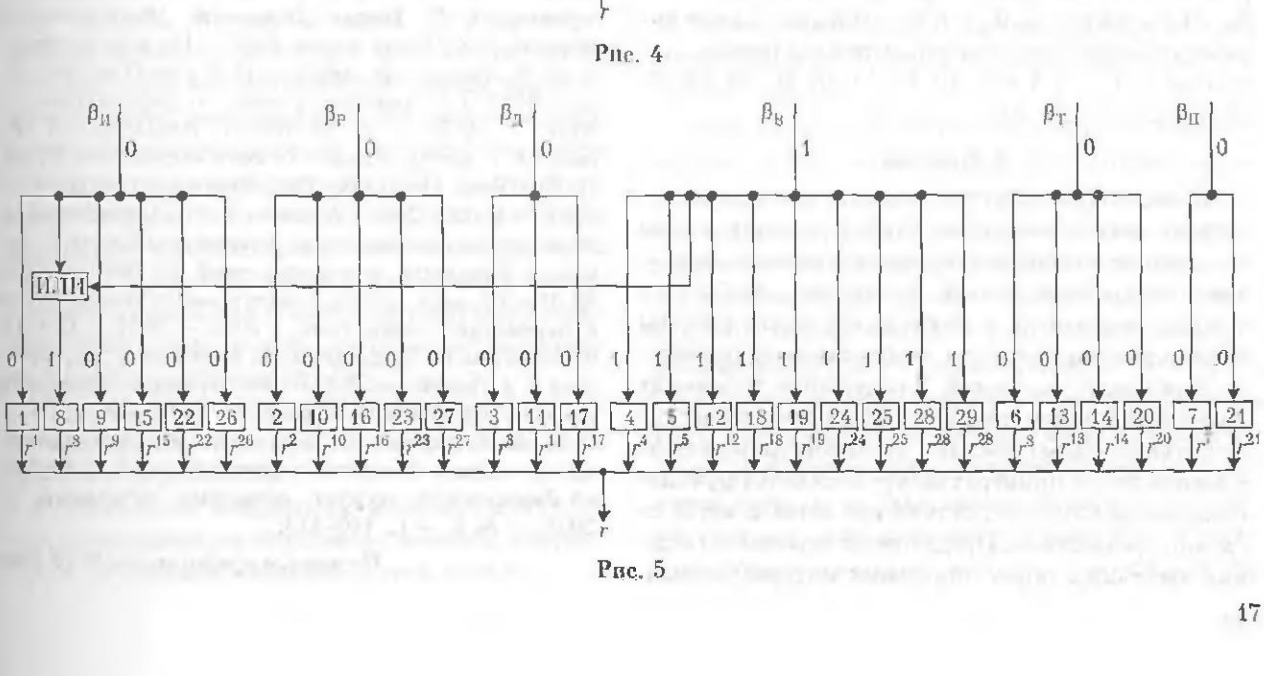

Рис. 5

5. Схемная реализация бинарных логических сетей

Рассмотрим вопрос о схемной реализации бинарных логических сетей на конкретном примере. Возьмем предикат P_3, связывающий тип влияния контекста r и падеж формы слова x_3 из модели склонения регулярных имен существительных. Построим отображение $f(r) = x_3$, $M = \{1, 2, ..., 29\}$, $N = \{И, Р, Д, В, Т, П\}$:

$$\beta_И = r^1 \vee r^8 \vee r^9 \vee r^{15} \vee r^{22} \vee r^{26};$$

$$\beta_Р = r^2 \vee r^{10} \vee r^{16} \vee r^{23} \vee r^{27};$$

$$\beta_Д = r^3 \vee r^{11} \vee r^{17};$$

$$\beta_В = r^4 \vee r^5 \vee r^8 \vee r^{12} \vee r^{18} \vee r^{19} \vee r^{24} \vee$$
$$\vee r^{25} \vee r^{28} \vee r^{29};$$

$$\beta_Т = r^6 \vee r^{13} \vee r^{14} \vee r^{20};$$

$$\beta_П = r^7 \vee r^{21}. \qquad (3)$$

Схема, реализующая отображение (3), представлена на рис. 4.

Схема находит полный образ предмета. Пусть, например, $r = 5$. Тогда $\beta_И = 0$, $\beta_Р = 0$, $\beta_Д = 0$, $\beta_В = 1$, $\beta_Т = 0$, $\beta_П = 0$. Полным образом предмета 5 является $x_3 \in \{B\}$.

Для нахождения прообраза предмета необходимо строить схему, реализующую отображение, обратное заданному, то есть схему, действующую в обратном направлении (рис. 5).

Схема находит полный прообраз предмета. Пусть, например, $x_3 = B$, тогда $\beta_И = 0$, $\beta_Р = 0$, $\beta_Д = 0$, $\beta_В = 1$, $\beta_Т = 0$, $\beta_П = 0$; $r \in \{4, 5, 8, 12, 18, 19, 24, 25, 28, 29\}$.

Построим схему, которая находит образ множества предметов относительно отображения (3) (рис. 6).

Математически эта переключательная цепь описывается уравнениями:

$$\beta_И = \alpha_1 \vee \alpha_8 \vee \alpha_9 \vee \alpha_{15} \vee \alpha_{22} \vee \alpha_{26};$$

$$\beta_Р = \alpha_2 \vee \alpha_{10} \vee \alpha_{16} \vee \alpha_{23} \vee \alpha_{27};$$

$$\beta_Д = \alpha_3 \vee \alpha_{11} \vee \alpha_{17};$$

$$\beta_В = \alpha_4 \vee \alpha_5 \vee \alpha_8 \vee \alpha_{12} \vee \alpha_{18} \vee \alpha_{19} \vee \alpha_{24} \vee$$
$$\vee \alpha_{25} \vee \alpha_{28} \vee \alpha_{29};$$

$$\beta_Т = \alpha_6 \vee \alpha_{13} \vee \alpha_{14} \vee \alpha_{20};$$

$$\beta_П = \alpha_7 \vee \alpha_{21}. \qquad (4)$$

Найдем образ какого-нибудь множества для отображения (4), воспользовавшись схемой на рис. 5. Возьмем, например, следующее множество типов влияний контекста $r \in \{2, 5, 9, 24\}$, которые соответствуют окончаниям *а*, *я* имен существительных.

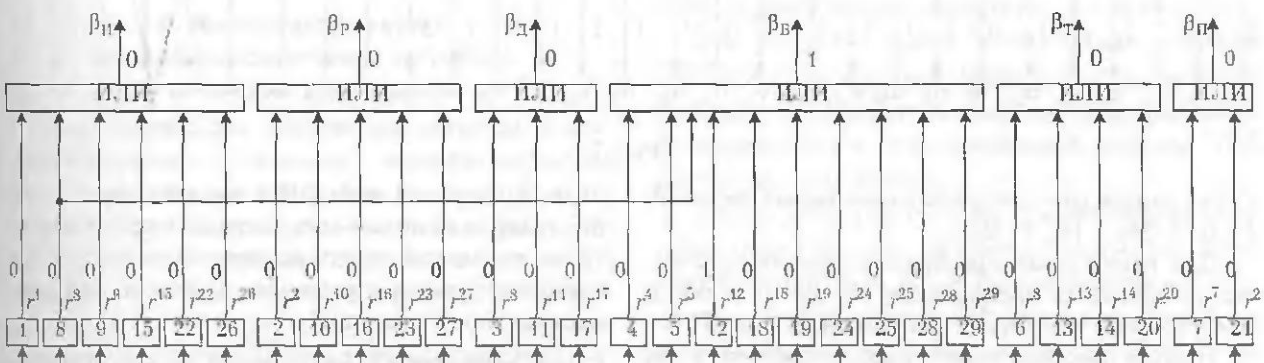

Рис. 4

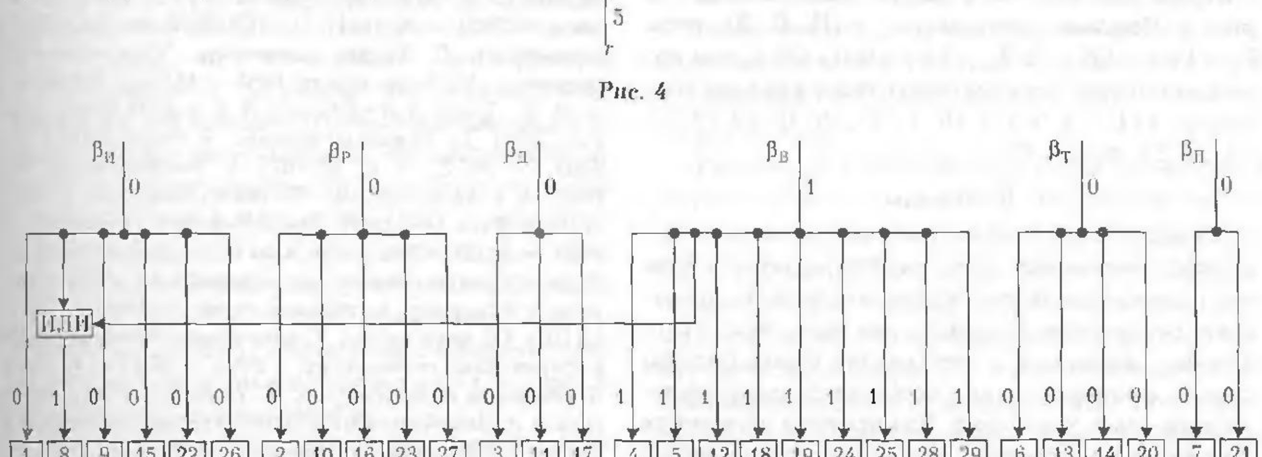

Рис. 5

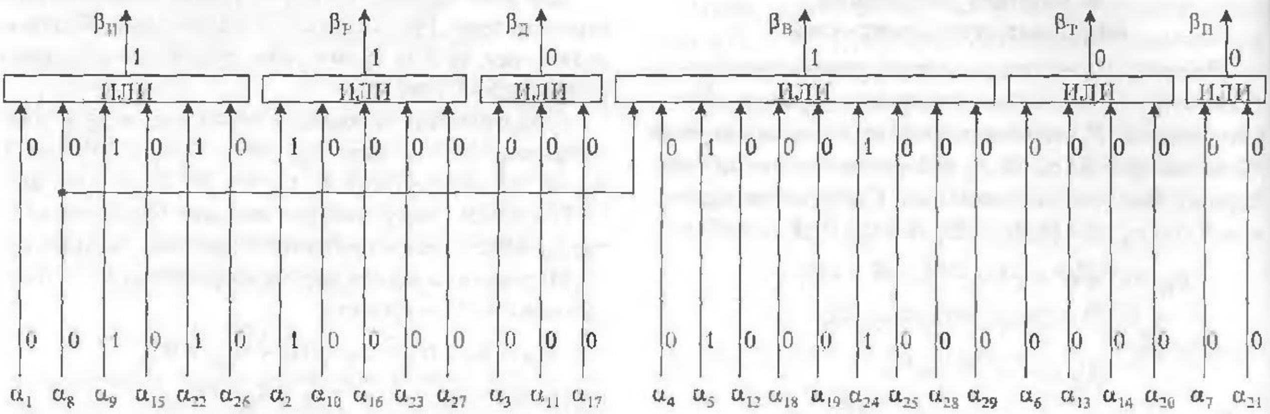

Рис. 6

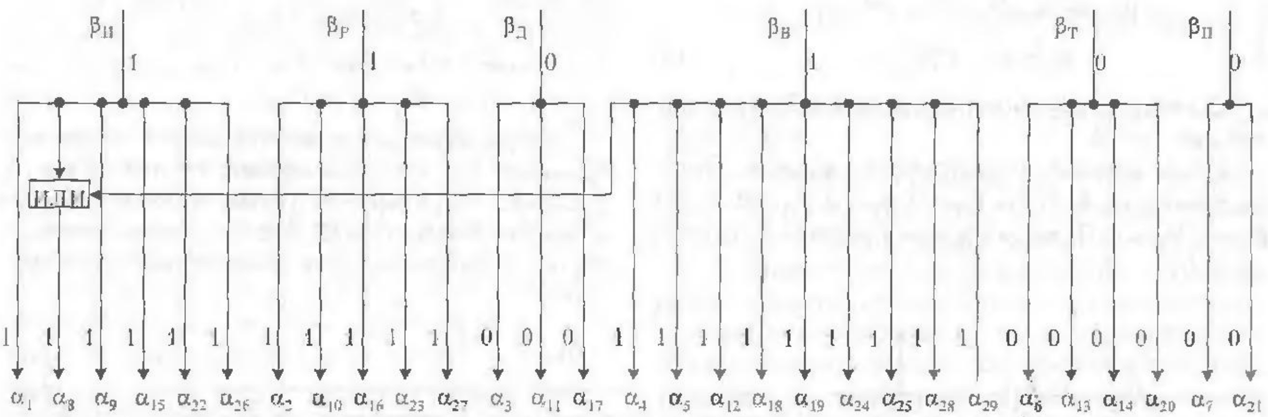

Рис. 7

Схема порождает множество возможных падежей: {2, 5, 9, 24}→ {И, Р, В}.

Для нахождения прообраза множества относительно заданного отображения (4) строится схема, действующая в обратном направлении (рис. 7).

Найдем прообраз какого-нибудь множества для отображения (4), воспользовавшись схемой на рис. 6. Возьмем, например, $x_3 \in$ {И, Р, В}, тогда $\beta_И = 1$, $\beta_Р = 1$, $\beta_Д = 0$, $\beta_В = 1$, $\beta_Т = 0$, $\beta_П = 0$. Схема порождает множество возможных типов влияния контекста $r \in$ {1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 27, 29}.

6. Выводы

В заключение отметим, что каждая модель бинарной логической сети характеризуется своим предикатом модели, однако предикаты лишь описывают конкретную модель, а для того, чтобы сеть функционировала, т. е. чтобы из нее можно было бы извлечь некоторые знания, необходимо решать систему логических уравнений. Для решения логических уравнений в логических сетях используют линейные логические операторы. На продемонстрированных в данной работе примерах базируются метод функционирования бинарных логических сетей и метод их схемной реализации. Предлагается перейти от создания частичных типов (отдельных модулей) k-значных структур для задач ИИ к единой модели в виде бинарной логической сети, которая путем настроек (но не изменения структуры сети) обеспечит воспроизведение интеллектуальных свойств и функциональных преобразований.

Список литературы: 1. *Бондаренко М. Ф., Шабанов-Кушнаренко Ю. П.* Об алгебре предикатов // Бионика интеллекта. — 2004. — № 1(61). — С. 15–26. 2. *Шабанов-Кушнаренко Ю. П.* Теория интеллекта. Математические средства. — Х.: Выща школа, 1984.— 144 с. 3. *Бондаренко М. Ф., Дударь З. В., Ефимова И. А. и др.* О мозгоподобных ЭВМ // Радиоэлектроника и информатика. — 2004. — № 2. — С. 89–105. 4. *Bondarenko M. F., Dudar Z. V.* About «Similar-To-Brain» Computers // Proc. of East-West Design & Test Workshop (Ukraine). — 2004. — P. 251–256. 5. *Ефимова И. А., Лещинский В. А.* Моделирование механизмов естественного языка с помощью бинарных логических сетей // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч. трудов. Тематич. вып.: Новые решения в современных технологиях. — 2005. — № 57. — С. 3–10. 6. *Вечирская И. Д., Дударь З. В., Иванилов А. А., Лещинский В. А.* Линейные логические операторы в виде схем и графов // Бионика интеллекта. — 2004. —№ 1(61). — С. 38–41. 7. *Лещинский В. А.* Алгебра предикатных операций в моделях бинарных логических сетей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 5. — С. 110–113.

Поступила в редколлегию 07.09.2006