

УДК 681.82:519.81

З. А. Алисейко, В. И. Булкин, О. В. Канищева, Н. В. Шаронова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГЕБРЫ ПРЕДИКАТОВ И ПРЕДИКАТНЫХ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ДЕКЛАРАТИВНОЙ И ПРОЦЕДУРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЗНАНИЙ

### 1. Введение

Дальнейшее развитие информатизации и компьютеризации немислимо без создания новых и усовершенствования существующих интеллектуальных информационных систем, как на базе традиционных компьютеров, так и на базе разрабатываемых в настоящее время прогрессивных компьютеров параллельной обработки данных. Ядром любой интеллектуальной информационной системы является база знаний. Формализацией знаний и наполнением ими базы знаний занимаются так называемые инженеры по знаниям. Их задачей является преобразование знаний, представленных в естественном для человека виде, в вид, удобный для хранения и обработки их в машинной базе знаний. Человек в своей практической и познавательной деятельности использует однородные и комплексные формы представления знаний.

### 2. Постановка задачи

В данной статье представлены возможности использования предикатов и предикатных операций для формализации декларативной и процедурной составляющих знаний. Рассматриваются современные формы представления знаний, проводится их сравнительный анализ, а также подробно рассматриваются возможности предикатов и предикатных операций для представления знаний.

### 3. Формы представления знаний

Множество однородных форм представления знаний можно формально определить в следующем виде:

$$M_1 = \{t, s, v, g\},$$

где  $t$  — текстовая форма представления знаний (книги, газеты, журналы и т. д.);  $s$  — аудиальная форма представления знаний (речь, звуки, музыка);  $v$  — визуальная форма представления знаний (анимация, балет, пантомима, жесты, мимика);  $g$  — графическая форма представления знаний (картины, рисунки, схемы, графики и т. д.) [1].

Множества комплексных форм представления знаний задаются на декартовых степенях множества  $M_1$ . Декартов квадрат  $M_1^2$  множества  $M_1$  задает множество бинарных комплексных форм представления знаний. Декартов куб  $M_1^3$  множества  $M_1$  задает множество тернарных комплексных форм представления знаний и т. д. Очевидно, что представление знаний с помощью комплексных форм является более эффективным и полным по сравнению с однородными.

Однако наиболее удобными для человека и широко распространенными являются текстовая и речевая формы представления знаний на естественном языке, как в составе однородных, так и в составе комплексных форм. Поскольку современные компьютеры не «понимают» естественного языка, для машинного представления знаний используются специально разработанные модели представления знаний — логические, продукционные, фреймвые и сетевые МПЗ. Каждая из этих моделей имеет свои преимущества и недостатки, однако главным недостатком всех этих моделей является то, что они используют разные формальные средства для представления знаний. Так, *логические модели* для представления знаний используют кортеж вида:

$$M = \langle T, P, A, B \rangle,$$

где  $T$  — множество объектов предметной области;  $P$  — множество синтаксических правил для построения синтаксически правильных конструкций;  $A$  — множество аксиом предметной области;  $B$  — множество правил вывода. Основой базы знаний в логических системах является множество  $A$  аксиом предметной области. Все остальные знания выводятся из аксиом на основе правил вывода  $B$ .

*Сетевые модели* характеризуются набором:

$$H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, \Gamma \rangle,$$

где  $I$  — множество информационных единиц;  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — множество типов связей между информационными единицами;  $\Gamma$  — отображение, устанавливающее связи между информационными единицами из заданного множества типов связей. Выделяются *классифицирующие сети*, *функциональные сети* и *сценарии*. Классифицирующие сети используют отношения структуризации. Функциональные сети вычисляют значения одних информационных единиц по значениям других и называются *вычислительными моделями*. Сценарии описывают каузальные отношения, отношения типов «орудие — действие», «средство — результат». Если в сети используются различные типы связей, то она называется *семантической сетью*.

*Продукционные модели* — это гибрид сетевых и логических моделей. Декларативная составляющая знаний в них представляется в виде сети, а процедурная — в виде множества правил вывода, которые называются *продукциями*. В результате применения правил вывода сеть может трансформироваться. Появляется *вывод на знаниях* вместо логического вывода. Процедурная составляющая знаний здесь явно

выделена и описывается иными средствами, чем декларативная составляющая.

Фреймовые модели используют жесткую структуру информационных единиц, представляемых в виде протофреймов, которые выглядят следующим образом:

(Имя фрейма:

Слот 1 (Значение слота 1)

Слот 2 (Значение слота 2)

Слот  $N$  (Значение слота  $N$ )).

В качестве значений слотов может использоваться все что угодно, в том числе и другие фреймы. Таким образом обеспечивается создание иерархических структур. Если в качестве значений слотов подставить конкретные данные, то получим экземпляр фрейма. Некоторые исследователи не выделяют фреймовые модели в отдельный вид, а рассматривают их в общем контексте с сетевыми моделями.

Сам термин «знания» в компьютерной литературе определяется весьма нестрого. Большинство авторов определяют знания как данные, имеющие некоторые особенности. Среди особенностей знаний выделяются различные наборы. В работе [2] утверждается, что знания отличаются от данных интерпретируемостью, наличием классифицирующих связей и ситуативных отношений. В работе [3] выделяются следующие особенности знаний по сравнению с данными: внутренняя интерпретируемость, структурированность, связность, семантическая метрика, активность. Еще одно определение знаний гласит следующее: знания — это данные, которые необходимо передать по каналу связи, чтобы на приемной стороне получить сообщение, пусть не во всех деталях, но вполне понятно его общее содержание [4]. Более конкретным и строгим является следующее определение: знания — это данные об объектах, отношениях и процессах [2]. Последнее определение является наиболее близким к формальному определению понятия знаний, которое предлагает теория интеллекта. Знание о факте — это отношение, выраженное некоторым высказыванием. Факт — это действительное состояние всех интересующих нас мест некоторого предметного пространства. Знание не такое определенное понятие, как факт. Оно лишь ограничивает множество возможных состояний мест предметного пространства [5].

Под предметным пространством в данном случае понимается декартово произведение  $S = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$  произвольных непустых не обязательно различных множеств  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , которые являются подмножествами некоторого универсума предметов  $U$ . Множества  $A_1, A_2, \dots, A_m$  являются координатными осями пространства  $S$ . Число  $m$  называется размерностью пространства  $S$ . На данном пространстве задается множество предметных переменных  $V = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ . Множество  $V$  называется универ-

сумом переменных пространства  $S$ . Значениями переменной  $x_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) являются элементы множества  $A_i$  ( $x_1 \in A_1, x_2 \in A_2, \dots, x_m \in A_m$ ). Множества  $A_1, A_2, \dots, A_m$  являются областями задания переменных  $x_1, x_2, \dots, x_m$ . Каждой переменной  $x_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) ставится в соответствие фиксированная область задания  $A_i$ . Переменные  $x_1, x_2, \dots, x_m$  содержательно интерпретируются как места пространства  $S$ , а их значения (предметы) — как состояния этих мест. Любое подмножество  $P$  пространства  $S$  называется отношением, заданным на пространстве  $S$ . Отношение имеет размерность  $m$ . Все отношения, заданные на пространстве  $S$ , являются однотипными. Тип отношения задается множеством предметных переменных  $V$  и набором  $A_1, A_2, \dots, A_m$  областей их задания. Над однотипными отношениями можно выполнять операции объединения, пересечения и дополнения. Объединение отношений  $P$  и  $Q$  — это такое отношение  $P \cup Q$ , которому соответствуют все наборы отношения  $P$  и все наборы отношения  $Q$ . Пересечение отношений  $P$  и  $Q$  — это такое отношение  $P \cap Q$ , которому соответствуют все наборы как отношения  $P$ , так и отношения  $Q$ . Дополнением отношения  $P$  называется отношение  $\sim P = \tilde{P}$ , состоящее из тех наборов предметного пространства  $S$ , которые не принадлежат отношению  $P$ . Операциям над отношениями соответствуют операции над высказываниями. Объединению отношений  $P_A \cup Q_B$  соответствует высказывание  $A \vee B$ , называемое дизъюнкцией высказываний  $A$  и  $B$ . Оно образуется с помощью союза «или», соединяющего высказывания  $A$  и  $B$ . Пересечению отношений  $P_A \cap Q_B$  соответствует высказывание  $A \wedge B$ , называемое конъюнкцией высказываний  $A$  и  $B$ . Оно образуется соединением высказываний  $A$  и  $B$  с помощью союза «и». Дополнению  $\tilde{P}_A$  отношения  $P_A$  соответствует высказывание  $\neg A = \bar{A}$ , которое называется отрицанием высказывания  $A$ . Оно образуется присоединением к исходному высказыванию частицы «не».

Отношения задаются различными способами: в явном виде как множество упорядоченных наборов предметов, в табличном виде, в виде графов и графиков. Однако ни один из этих способов не позволяет представлять отношения в формульном виде. Как известно, язык формул является наиболее удобным и выразительным средством для присвоения имен объектам и описания их характеристик и связей с другими объектами. Кроме того, формульному описанию поддается только один вид отношений — функциональные отношения. Бинарное отношение  $R$ , заданное на множествах  $X$  и  $Y$ , называется функциональным, если из  $xRy_1$  и  $xRy_2$  следует, что  $y_1 = y_2$ , поэтому можно сказать, что для каждого значения  $x \in X$  существует единственное значение  $y \in Y$ . Любое  $n$ -местное отношение  $R_n$ ,

заданное на множествах  $X_1, X_2, \dots, X_{n-1}, Y$ , называется функциональным, если из того, что  $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y_1) \in R_n$  и  $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y_2) \in R_n$  следует, что  $y_1 = y_2$ . Это значит, что для каждого фиксированного набора  $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1})$  существует единственное значение  $y$  такое, что  $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, y) \in R_n$ . Отношения общего вида, которые не являются функциональными, можно отнести к классу многозначных функций, когда для каждого набора предметов  $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1})$ , где  $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_{n-1} \in X_{n-1}$ , может существовать несколько значений  $y_1, y_2, \dots, y_k \in Y$  таких, что  $y_1 \neq y_2 \neq \dots \neq y_k$ . Описать такие отношения с помощью формул не представляется возможным, поэтому воспользуемся методом перевода, когда решение одной задачи заменяется решением другой взаимно однозначно связанной с ней задачи. Для этого заданному отношению во взаимно однозначное соответствие ставится высказывание, а высказыванию — функция, которая принимает значение из множества  $B = \{0, 1\}$ , где 0 и 1 — булевы элементы «ложь» и «истина» соответственно. Такие функции называются предикатами. Предикат — это любая функция  $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , заданная на предметном пространстве  $S = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$ , которая отображает пространство  $S$  в множество  $B = \{0, 1\}$ , где 0 и 1 — булевы элементы.

Формально операцию замены отношения предикатом можно записать следующим образом:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1, x_2, \dots, x_m \in P; \\ 0, & \text{если } x_1, x_2, \dots, x_m \notin P. \end{cases}$$

Символом  $B = \{0, 1\}$  в данном случае обозначается отношение, а символом  $P$  — предикат. Обратный переход от предиката к отношению формально записывается так:

$$\begin{aligned} &\text{если } P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1, \text{ то } x_1, x_2, \dots, x_m \in P; \\ &\text{если } P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0, \text{ то } x_1, x_2, \dots, x_m \notin P. \end{aligned}$$

Переход от произвольного отношения  $P$  к предикату  $P$  и обратно можно представить в виде схемы (рис. 1).

Таким образом, любому отношению  $P$  во взаимно однозначное соответствие ставится предикат, который на языке алгебры предикатов можно записать в формульном виде, используя базисные предикаты 0, 1 и предикат узнавания предмета  $x_i^a$ , а также базисные операции конъюнкции  $\wedge$  и дизъюнкции  $\vee$ . Предикат узнавания предмета  $a$ , находящегося на месте  $x_i$ , определяется следующей формулой:

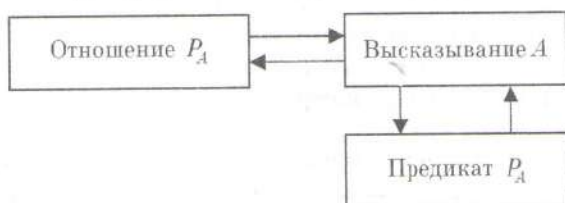


Рис. 1. Схема перехода от произвольного отношения к предикату

$$x_i^a = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i = a; \\ 0, & \text{если } x_i \neq a. \end{cases}$$

На языке формул алгебры предикатов очень просто записать любые отношения. Отдельный факт, представленный набором  $(a_1, a_2, \dots, a_m)$  состояний  $a_1, a_2, \dots, a_m$  мест  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , можно выразить высказыванием « $x_1 = a_1$  и  $x_2 = a_2$  и ... и  $x_m = a_m$ », которому соответствует формула алгебры предикатов  $x_1^{a_1} \wedge x_2^{a_2} \wedge \dots \wedge x_m^{a_m}$ . Формулы такого вида называются конъюнктами единицы предиката. Произвольное знание о факте можно представить отношением  $\{(a_{11}, a_{21}, \dots, a_{m1}), (a_{12}, a_{22}, \dots, a_{m2}), \dots, (a_{1r}, a_{2r}, \dots, a_{mr})\}$ , где  $r$  — число наборов в отношении. Это знание выражается высказыванием:

$$\begin{aligned} &x_1 = a_{11} \text{ и } x_1 = a_{21} \text{ и } \dots \text{ и } x_1 = a_{m1} \text{ или} \\ &x_1 = a_{12} \text{ и } x_1 = a_{22} \text{ и } \dots \text{ и } x_1 = a_{m2} \text{ или } \dots \\ &\text{или } x_1 = a_{1r} \text{ и } x_1 = a_{2r} \text{ и } \dots \text{ и } x_1 = a_{mr}. \end{aligned}$$

На языке алгебры предикатов это знание запишется в виде формулы:

$$\begin{aligned} &x_1^{a_{11}} \wedge x_2^{a_{21}} \wedge \dots \wedge x_m^{a_{m1}} \vee x_1^{a_{12}} \wedge x_2^{a_{22}} \wedge \dots \wedge x_m^{a_{m2}} \vee \\ &\vee \dots \vee x_1^{a_{1r}} \wedge x_2^{a_{2r}} \wedge \dots \wedge x_m^{a_{mr}}, \end{aligned}$$

которая называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой (СДНФ) предиката.

Поскольку при переходе от отношений к предикатам в виде промежуточного звена используются высказывания, то операциям над высказываниями будут соответствовать операции над предикатами. Высказыванию  $A \vee B$ , называемому дизъюнкцией высказываний  $A$  и  $B$ , соответствует предикат

$$\begin{aligned} &(P_A \vee P_B)(x_1, x_2, \dots, x_m) = \\ &= P_A(x_1, x_2, \dots, x_m) \vee P_B(x_1, x_2, \dots, x_m). \end{aligned}$$

Высказыванию  $A \wedge B$ , называемому конъюнкцией высказываний  $A$  и  $B$ , соответствует предикат

$$\begin{aligned} &(P_A \wedge P_B)(x_1, x_2, \dots, x_m) = \\ &= P_A(x_1, x_2, \dots, x_m) \wedge P_B(x_1, x_2, \dots, x_m). \end{aligned}$$

Высказыванию  $\neg A = \bar{A}$ , которое называется отрицанием высказывания  $A$  соответствует предикат

$$(\neg P_A)(x_1, x_2, \dots, x_m) = \neg(P_A(x_1, x_2, \dots, x_m)).$$

Символы  $\vee, \wedge, \neg$ , стоящие слева от знака равенства, обозначают операции над предикатами, а те же символы, стоящие справа от знака равенства, — операции над значениями предикатов. Итак, мы убедились, что кроме предикатов существуют еще и операции над предикатами, а значит, должна существовать некоторая алгебра операций над предикатами.

Алгебра предикатов описывает только знания о фактах. Она формирует лишь то, что называется высказыванием, суждением. Алгебра операций над предикатами, или алгебра предикатных операций, должна «оживлять» эти знания. Она должна формализовать операции над знаниями, представленными в виде отношений на некотором предметном пространстве  $S$ . Алгебра предикатов описывает

декларативную составляющую знаний, а алгебра предикатных операций — процедурную составляющую знаний. Алгебра предикатных операций служит для осуществления вывода на знаниях, получения новых знаний на основе множества аксиом или первичных знаний, хранящихся в базе знаний интеллектуальной информационной системы. Машина должна не только иметь какие-то знания, но и обладать способностью оперировать ими, получать новые знания.

Приведем общие сведения об алгебрах предикатных операций. Пусть  $U$  — универсум предметов теории  $T$ ,  $x_1, x_2, \dots, x_m$  — предметные переменные теории  $T$ ,  $M$  — множество предикатов  $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0$ , заданных на пространстве  $U^m$ . Множество  $M$  называется универсумом предикатов. Переменные  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , заданные на множестве  $M$ , называются предикатными переменными. Их значениями служат предикаты, заданные на  $U^m$ . Множество  $M^n$  — это пространство предикатов размерностью  $n$ . Элементы множества  $M^n$  называются предикатными векторами. Любая функция  $F(X_1, X_2, \dots, X_n) = Y$ , отображающая  $M^n$  в  $M$  ( $F: M^n \rightarrow M$ ), называется предикатной операцией. Пусть  $R$  — множество предикатных операций. *Алгеброй предикатных операций над  $R$*  называется любая алгебра на носителе  $R$ . Существует несколько алгебр предикатных операций на носителе  $R$ .

*Булевой алгеброй предикатных операций* называется любая алгебра предикатных операций с базисом операций отрицания  $X$ , дизъюнкции  $X \vee Y$ , конъюнкции  $X \wedge Y$  для любых предикатных операций  $X$  и  $Y$ . Различают несколько булевых алгебр предикатных операций в зависимости от того, какие базисные элементы выбираются для каждой конкретной алгебры предикатных операций.

*Алгеброй предикатных операций с константами и переменными* называется булева алгебра предикатных операций с базисными элементами, состоящими из всевозможных тождественных и константных предикатных операций. Тождественной предикатной операцией по переменной  $X_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ) называется операция  $F(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) = X_j$  при любых  $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n \in M$ . Эта операция называется операцией выбора аргумента. Существует  $n$  таких операций. Константной предикатной операцией называется операция  $F(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) = P$  при любых  $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n \in M$ , где  $P$  — предикат на множестве  $M$ . Каждому предикату  $P \in M$  соответствует своя константная предикатная операция. Всего существует  $|M|$  константных предикатных операций, где  $|M|$  — мощность множества  $M$ . Алгебра предикатных операций с константами и переменными при заданных  $m, n$  и универсуме предметов  $U$ , содержащем более одного элемента, неполна. Средствами этой алгебры невозможно выразить операцию

$$F(X) = \begin{cases} 1, & \text{если } X = P; \\ 0, & \text{если } X \neq P. \end{cases}$$

С этой операцией  $X_j^P$  алгебра предикатных операций с константами и переменными становится полной.

*Дизъюнктивно-конъюнктивной алгеброй предикатных операций* называется такая алгебра предикатных операций, базисными операциями которой являются операции дизъюнкции  $X \vee Y$ , конъюнкции  $X \wedge Y$  для любых предикатных операций  $X$  и  $Y$ , а базисными элементами являются всевозможные константы  $P \in M$  и предикаты узнавания предикатов  $X_j^P$  ( $j = \overline{1, n}$ ),  $P \in M$ . При любых  $m, n$  и  $U$  дизъюнктивно-конъюнктивная алгебра предикатных операций полна. Любая предикатная операция в ней выражается формулой:

$$F(X_1, X_2, \dots, X_n) = \vee F(P_1, P_2, \dots, P_n) X_1^{P_1} X_2^{P_2} \dots X_n^{P_n}, \\ P_1, P_2, \dots, P_n \in M,$$

и называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой (СДНФ) предикатной операции.

*Фундаментальной алгеброй предикатных операций* называется любая алгебра, у которой базисными операциями являются операции дизъюнкции  $X \vee Y$ , конъюнкции  $X \wedge Y$  для любых предикатных операций  $X$  и  $Y$ , а базисными элементами являются предикаты  $0$  и  $1$ , всевозможные предикаты узнавания предмета  $x_i^a$  ( $j = \overline{1, n}$ ;  $a, x_i \in A_i$ ) и всевозможные предикаты узнавания предиката  $X_j^P$  ( $j = \overline{1, n}$ ,  $P, X_j \in B_j$ ). При любом носителе  $N$  алгебра предикатных операций полна. Дизъюнктивно-конъюнктивная алгебра предикатов на носителе  $M$  является подалгеброй алгебры предикатных операций на носителе  $N$ . Алгебра предикатных операций вместе с ее подалгеброй, являющейся алгеброй предикатов, называется *алгеброй предикатов и предикатных операций*.

Алгебра предикатов и предикатных операций в теории интеллекта может использоваться для описания законов поведения испытуемого, для описания баз данных и баз знаний, а также для описания структуры предложений и текста. Текст — это формула, записанная на языке некоторой лингвистической алгебры предикатных операций. Наиболее удобным для человека было бы представление знаний в базах знаний в виде текстов естественного языка. В этом случае отпадает необходимость в инженерах по знаниям, которые занимаются формализацией знаний, представленных на естественных языках. В высказывании на естественном языке зафиксированы отношения на трех уровнях:

1. Отношения, заданные на множестве букв естественного языка, которым соответствуют предикаты-слова.

2. Отношения, заданные на множестве слов естественного языка, задающие синтаксис языка, которым соответствуют операции над словами-предикатами.

3. Отношения, заданные на множестве семантических значений текстовых единиц. Они включают:
- отношения, заданные на множестве семантических значений морфем, которым соответствуют семантические предикаты слов;
  - отношения, заданные на множестве семантических значений слов, которым соответствуют операции над семантическими предикатами слов — алгебра семантических операций;
  - отношения, заданные на множестве семантических значений предложений, которым соответствуют семантические операции над семантическими операциями.

В качестве иллюстрации можно привести небольшой пример. Пусть высказывание на естественном языке выглядит следующим образом: «Я пишу статью». Слова, входящие в состав предложения, можно рассматривать как факты, а предложение — как знание о фактах. Первый факт называет имя субъекта «Я». Второй факт называет имя действия «писать». Третий факт говорит о том, что имя объекта «статья». На языке лингвистической алгебры операций предложение записывается следующим образом:

$$F(X_1, X_2, X_3) = X_1 \wedge X_2 \wedge X_3,$$

где  $X_1, X_2, X_3$  — предикаты, соответствующие словам рассматриваемого предложения. На языке алгебры предикатов предикаты-слова выражаются в виде следующих формул:  $X_1 = x_{11}^j$ ,  $X_2 = x_{21}^n x_{22}^u x_{23}^u x_{24}^y$ ,  $X_3 = x_{31}^c x_{31}^m x_{31}^a x_{31}^m x_{31}^b x_{31}^o$ . Операция  $\wedge$ , соединяющая слова-предикаты в предложении, получила название «конъюнкция». Отношения, зафиксированные в данном предложении, соответствующие первым двум уровням, записываются в формульном виде следующим образом:

$$x_{11}^j \wedge x_{21}^n x_{22}^u x_{23}^u x_{24}^y \wedge x_{31}^c x_{31}^m x_{31}^a x_{31}^m x_{31}^b x_{31}^o = 1. \quad (1)$$

Полученное лингвистическое уравнение можно решить программным путем с помощью соответствующего решателя лингвистических уравнений, либо представить в виде лингвистической переключательной цепи, которую можно реализовать аппаратно, используя разработанные в последнее время микроэлектронной промышленностью программируемые логические интегральные микросхемы

(ПЛИС). Переключательная цепь, соответствующая лингвистическому уравнению (1), представлена на рис. 2.

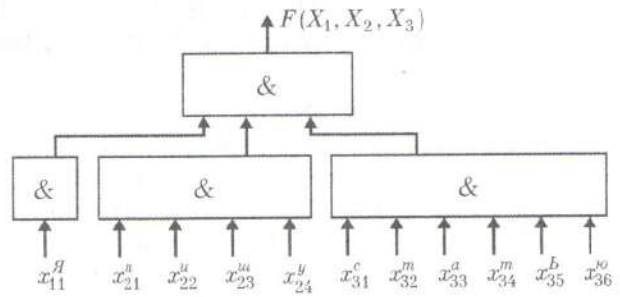


Рис. 2. Переключательная цепь

#### 4. Основные результаты и выводы

**Выводы.** Используя алгебру предикатов и предикатных операций, можно создать интегрированную модель представления знаний (ИМПЗ), основанную на традиционных моделях представления знаний, а также на моделях представления знаний на естественном языке. В интеллектуальных информационных системах эти знания можно обрабатывать с помощью метода компараторной идентификации, а также современных методов Text Mining, которые позволяют эффективнее получать и обрабатывать информацию. Алгебрологические уравнения теории интеллекта используются для разработки лингвистических сопроцессоров в составе современных компьютеров. Кроме того, полученные предикатные уравнения и переключательные цепи становятся основой для создания компьютерных систем параллельной обработки данных.

**Список литературы:** 1. Перспективы развития вычислительной техники: В 11 кн.: Справ. пособие / Под ред. Ю. М. Смирнова. Кн. 1: Информационные семантические системы / Н. М. Соломатин. — М.: Высшая школа, 1989. — 127 с. 2. Кокорева Л. В., Перевозчикова О. Л., Ющенко К. Л. Диалоговые системы и представление знаний. — Киев: Наук. думка, 1992. — 448 с. 3. Искусственный интеллект: В 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990. — 304 с. 4. Рафаэл Б. Думающий компьютер. — М.: Мир, 1979. — 400 с. 5. Бондаренко М. Ф., Дударь З. В., Ефимова И. А. и др. О мозгоподобных ЭВМ // Радиоэлектроника и информатика. — 2004. — № 2. С.

Поступила в редколлегию 06.04.2006