ISSN 1561-5359

Національна академія наук України
Інститут проблем штучного інтелекту

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

4'2003

Национальная академия наук Украины
Институт проблем искусственного интеллекта

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

4'2003

National Academy of Sciences of Ukraine
Institute of Artificial Intelligence

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

4'2003

ІПШІ «Наука і освіта»
2003

Засновники журналу **Національна академія наук України, Інститут проблем штучного інтелекту**

Головний редактор
Анатолій Іванович Шевченко, професор, доктор технічних наук, доктор богослов'я, директор Інституту проблем штучного інтелекту

Редакційна колегія
Л.А. Білозерський, к.т.н.
В.С. Бурцев, академік РАН (Москва)
С.М. Вороний, к.т.н.
В.П. Гладун, професор, д.т.н.
Ю.І. Журавльов, академік РАН (Москва)
А.В. Каляєв, академік РАН (Таганрог)
І.А. Каляєв, професор, д.т.н. (Таганрог)
Ю.В. Капітонова, професор, д.ф.-м.н.
І.М. Коваленко, академік НАНУ
Роман Куц, професор, Єльський університет (Нью-Гейвен, США)
С.В. Мащенко, к.т.н.
К.М. Нюнькін, к.ф.-м.н.
Д.Є. Охоцимський, академік РАН (Москва)
Ю.І. Самойленко, чл.-кор. НАНУ
В.І. Скурихін, академік НАНУ
В.М. Ткаченко, с.н.с., д.т.н.
В.І. Черній, професор, д.мед.н.
А.О. Чикрій, чл.-кор. НАНУ
В.Ю. Шелепов, д.ф.-м.н.
Д.П. Шишков, професор, д.ф.-м.н. (Софія, Болгарія)
А.П. Шпак, академік НАНУ

Відповідальний редактор
С.Б. Іванова, заступник директора Інституту проблем штучного інтелекту

Відповідальний секретар
І.С. Сальников, кандидат технічних наук, заступник директора з наукової роботи, вчений секретар Інституту проблем штучного інтелекту

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 1803 від 20.11.1995 р., ISSN 1561-5359

Журнал «Штучний інтелект» внесено до переліку журналів ВАК України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів кандидата й доктора наук за спеціальностями «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки».

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту проблем штучного інтелекту МОН і НАН України. Протокол № 9 від 2 вересня 2003 р.

Електронна версія попередніх номерів знаходиться на web-сервері інституту (м. Донецьк) http://www.iai.donetsk.ua

УДК 519.62

В.Н. Бавыкин, И.А. Ревенчук, Г.Г. Четвериков
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

Модификация средств построения k-значных обратимых переключательных цепей второго рода

В статье рассматриваются перспективные направления развития современных цифровых устройств, сетей и систем. Проведенный анализ показывает, что развитие средств вычислительной техники является основой автоматизации умственной деятельности человека. Однако успехи в области интеллектуализации вычислительной техники невелики. Утверждается и обосновывается, что техническая реализация концепции искусственного интеллекта требует существенного повышения производительности ЭВМ, а именно разработки параллельных (пространственных) принципов и методов обработки информации на уровне интерфейса для восприятия и выдачи информации на естественном языке.

Введение

Математической основой построения обратимых переключательных цепей первого и второго рода для многозначных неоднородных кодов на базе предикатно-гибридной логики является алгебра конечных предикатов (АКП). Такие цепи используются при создании устройств распознавания образов, интеллектуальных устройств в робототехнике, а также при создании систем для автоматической обработки текстовой информации. Другой областью применения таких цепей являются универсальные многозначные функциональные преобразователи пространственного типа. Однако создание многозначных структур и связанные с этим исследования проводились и проводятся в основном в направлении реализации цифровых вычислительных структур, машин и систем, использующих многозначное кодирование [1-3].

В последнее время предложены принципы построения многозначных элементов, ориентированные на использование достижений современной интегральной технологии. Наибольшее распространение получили многозначные элементы (МЭ), построенные по принципу базиса с преобразованием информационных признаков сигналов [4]. Один класс таких элементов с промежуточным преобразованием информационного признака динамического характера (т.е. каждому символу алфавита ставится в соответствие некоторая непериодическая последовательность) имеет ограниченное применение. Другой класс – с пространственным промежуточным представлением информации (т.е. каждому символу алфавита ставится в соответствие особое состояние в одной из точек некоторого пространства) – в большей мере отвечает требованиям вычислительной техники и современных автоматизированных информационных и интеллектуальных систем. При этом в большинстве работ, посвященных разработке методов синтеза цифровых устройств, авторы используют математические аппараты булевой алгебры и многозначной логики. Однако

специфика исследования, в качестве которого выступают математические модели естественного языка [1], [5], указывает на нецелесообразность применения таких аппаратов. Это следует из того, что алгебра логики оперирует двоичными символами, а аппарат многозначной логики, хотя и направлен на обработку непосредственно буквенной информации, не устраивает нас в силу своей направленности на описание функций, а не отношений. А именно отношения и являются основным объектом описания естественного языка и его фрагментов.

Обоснование выбора и принципы построения многозначных обратимых логических элементов

Как отмечалось в [1], в качестве основного инструментария математического описания конечных объектов выступает понятие конечного алфавитного оператора. При этом данное понятие служит хорошим средством для математического описания деятельности интеллекта, то есть тех реакций интеллекта, которые наблюдаются объективно. Правильный выбор же исходной и промежуточных форм представления конечного алфавитного оператора, с одной стороны, позволяет нам решить задачу построения элементов и устройств с предельным структурным быстродействием, с другой стороны, вооружает нас единообразным и универсальным приемом решения предикатных (логических) уравнений АКП. Известны различные способы аналитического представления алфавитных операторов. Их целесообразно разбить на два класса: методы явного и неявного способов задания операторов. Для достижения намеченной цели более предпочтителен первый способ, исследование и применение которого изложено ниже.

Рассмотрим алфавитный оператор вида $y_1 y_2 ... y_n = G(x_1, x_2, ... x_m)$, который можно представить в виде канонического уравнения

$$g(x_1, x_2, ..., x_m, y_1, y_2, ..., y_n) = 1, \qquad (1)$$

при этом

$$g(x_1, x_2, ..., x_m, y_1, y_2, ..., y_n) = \begin{cases} 1, \text{если } y_1 y_2 ... y_n = G(x_1, x_2, ..., x_m) \\ 0, \text{если } y_1 y_2 ... y_n \neq G(x_1, x_2, ..., x_m) \end{cases}. \qquad (2)$$

Это уравнение есть реакция оператора G на входное слово длиной m; результат – выходное слово длиной n. В случае вычисления значения отдельных букв выходного слова $y_1 y_2 ... y_n$ требуется задать конечные алфавитные операторы $G_1, G_2, ..., G_k$, формирующие отдельные буквы $y_1, y_2, ..., y_n$ выходного слова:

$$\begin{aligned} y_1 &= G_1(x_1, x_2, ..., x_m), \\ y_2 &= G_1(x_1, x_2, ..., x_m), \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ y_n &= G_n(x_1, x_2, ..., x_m). \end{aligned} \qquad (3)$$

При этом алфавитные операторы $G_i\left(i=\overline{1,n}\right)$ можно записать также в виде уравнений типа (1):

$$\begin{aligned} &q_1(x_1,x_2,...,x_m,y_1)=1,\\ &q_2(x_1,x_2,...,x_m,y_2)=1,\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &q_n(x_1,x_2,...,x_m,y_n)=1. \end{aligned} \tag{4}$$

Таким образом, очевидна связь между формулами (1) и (4), которая может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} &g(x_1,x_2,...,x_m,y_1,y_2,...,y_n)=g_1(x_1,x_2,...,x_m,y_1)\Lambda\\ &\Lambda\ g_2(x_1,x_2,...,x_m,y_2)\Lambda\ ...\Lambda\ g_n(x_1,x_2,...,x_m,y_n). \end{aligned} \tag{5}$$

Ограничив область изменения буквенной переменной y значениями $a_1,a_2,...,a_k$ свяжем ее уравнением

$$y^{a_1}\vee y^{a_2}\vee...\vee y^{a_k}=1. \tag{6}$$

С учетом такого ограничения любой конечный алфавитный оператор вида $y=Q(x_1,x_2,...,x_m)$, заданный уравнением

$$q(x_1,x_2,...,x_m,y)=1, \tag{7}$$

можно записать следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} q(x_1,x_2,...,x_m,a_1)=y^{a_1},\\ q(x_1,x_2,...,x_m,a_2)=y^{a_2},\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ q(x_1,x_2,...,x_m,a_k)=y^{a_k}. \end{cases} \tag{8}$$

В силу однозначности алфавитного оператора Q корень уравнения (7) $a_i\,(1\le i\le k)$ – единственный.

Тогда очевидно, что уравнение (7) и система уравнений (8) – равносильны. Таким образом, алфавитный оператор Q можно легко представить в виде системы уравнений:

$$\begin{aligned} &q_1(x_1,x_2,...,x_m,a_{11})=y_1^{a_{11}},\\ &q_1(x_1,x_2,...,x_m,a_{12})=y_1^{a_{12}},\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &q_1(x_1,x_2,...,x_m,a_{1k_1})=y_1^{a_{1k_1}},\\ &q_1(x_1,x_2,...,x_m,a_{12})=y_1^{a_{12}}, \end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
&q_2(x_1, x_2, \ldots, x_m, a_{22}) = y_2^{a_{22}}, \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&q_2(x_1, x_2, \ldots, x_m, a_{2k_2}) = y_2^{a_{2k_2}}, \ldots\ldots\ldots\ldots \\
&q_1(x_1, x_2, \ldots, x_m, a_{2k_2}) = y_1^{a_{2k_2}}, \\
&q_n(x_1, x_2, \ldots, x_m, a_{n2}) = y_n^{a_{n2}}, \ldots\ldots\ldots\ldots \\
&q_1(x_1, x_2, \ldots, x_m, a_{2k_2}) = y_1^{a_{2k_2}}.
\end{aligned}
\qquad (9)
$$

Здесь области изменения переменных $y_i (i = \overline{1,n})$ ограничены множествами букв $M_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \ldots, a_{ik_i}\}$, где k_i – количество букв в множестве M_i. Система (9) задает алфавитный оператор G в явной форме и допускает непосредственное вычисление букв входного слова в отличие от формы (1), требующей решения соответствующих уравнений. Задание алфавитного оператора в форме (9) служит отправным моментом при построении многозначных обратимых логических элементов, методы синтеза которых будут подробнее рассмотрены ниже.

Таким образом, для построения быстродействующих многозначных структур и элементов, реализующих конечные отношения, целесообразно использовать предикатно-гибридную логику [3], математической основой которой является АКП. Последняя обладает возможностью широкого распараллеливания обрабатываемой информации, включая ее значность ($k \geq 2$) и неоднородность [2] на уровне отдельных обратимых логических элементов, сохраняя при этом однородность на уровне создаваемых структур. Перспективность такого подхода основана на возможности использования современной интегральной технологии изготовления БИС (СБИС) и применения современных принципов и методов синтеза многозначных обратимых неоднородных логических элементов связана с расширением их функциональных возможностей и повышением надежности.

Модификация методов построения многозначных обратимых неоднородных логических элементов второго рода

Как отмечалось ранее в [1], существенным отличием переключательных цепей второго рода является их обратимость «по частям». В данном случае схема многозначного обратимого неоднородного логического элемента (МОН ЛЭ) как бы повторяет структуру исходного многоместного отношения. В качестве аналога служит структура комбинационной схемы, построенной для исходного многоместного k-значного отношения. При этом все логические элементы в такой комбинационной схеме заменяем аналогичными по своему функциональному назначению многозначными обратимыми неоднородными логическими элементами первого рода, способы построения которых были рассмотрены ранее. Рассмотрим алгоритм

построения МОН ЛЭ второго рода на несложном (с точки зрения громоздкости) примере.

Пусть задано многоместное отношение вида

$$y = a \cdot b \vee c \cdot d. \qquad (10)$$

Область определения переменных a, b, c и d ограничиваем следующими законами истинности:

$$\begin{aligned} &a^0 \vee a^1 \vee a^2 = 1, \\ &b^0 \vee b^1 \vee b^2 \vee b^3 = 1, \\ &c^0 \vee c^1 \vee c^2 = 1, \\ &d^0 \vee d^1 \vee d^2 \vee d^3 \vee d^4 = 1. \end{aligned} \qquad (11)$$

Значность переменной y: $y(a,b,c,d) = \max(g(a,b), f(c,d))$, где функции g и f определяются так: $g(a,b) = \min(a,b), f(c;d) = \min(c,d)$ согласно логике их задания. Другими словами, исходное отношение может быть установлено в виде эквивалентной ему системы предикатных уравнений:

$$\begin{cases} Y = g \vee f, \\ G = a \cdot b, \\ F = c \cdot d. \end{cases} \qquad (12)$$

Модифицированные таблицы истинности для первого и третьего уравнений системы (12) представлены в табл. 1 и табл. 2. Модифицированная таблица для второго уравнения системы (12) аналогична табл. 2.

Таблица 1 – Модифицированная таблица истинности $y(g, f)$

g\f	0	1	2
0	0	1	2
1	1	1	2
2	2	2	2

Таблица 2 – Модифицированная таблица истинности $f(c,d)$

$c \backslash d$	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1
2	0	1	2	2	2

Эти таблицы более компактны по сравнению с традиционными таблицами истинности и являются отправным моментом при построении МОН ЛЭ второго рода. Обратимая переключательная цепь второго рода для исходного отношения (10) представлена на рис. 1.

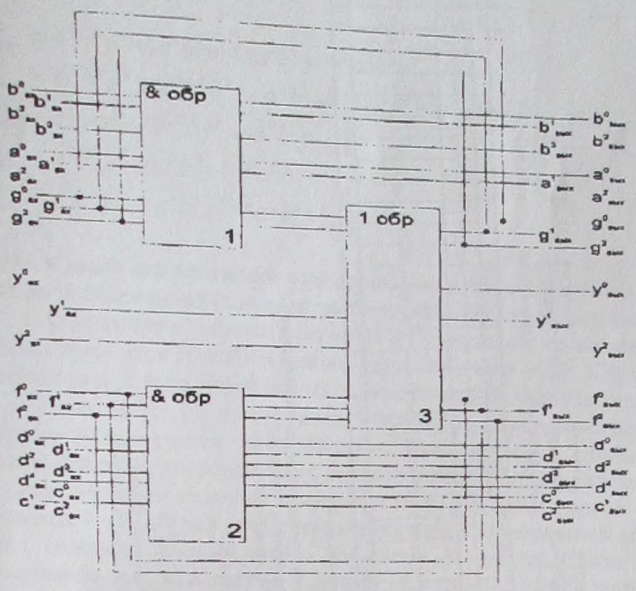

Рисунок 1 – Обратимая переключательная цепь (МОН ЛЭ) второго рода, реализующая предикатное уравнение вида $y=ab \vee cd$

Алгоритм функционирования такого устройства базируется на трех обратимых ЛЭ первого рода: обратимых конъюнкторах и обратимом дизъюнкторе. Работа этих логических элементов была изложена и проиллюстрирована в [1], [2].

Существенным отличием является наличие на входах устройства промежуточных переменных g и f. Однако, с учетом установленной интерпретации и 1-фазного представления информации в таких устройствах, на все входные шины данных переменных (количество шин соответствует значности переменной) следует подать логическую единицу. Тем самым допускаем возможность любого значения для данной переменной из вычисляемой области ее определения по заданному отношению (10) или эквивалентной ему системы логических уравнений (12) с учетом значности исходных переменных, заданных усеченными законами истинности (11).

Для нашего случая логика работы первого, второго и третьего МОН ЛЭ полностью определяется табл. 1 и табл. 2. Соединение логических элементов И и ИЛИ в первом МОН ЛЭ, например, полностью задается следующей системой предикатных уравнений:

$$
\begin{aligned}
y^0_{вых} &= a^0b^0y^0 \vee a^0b^1y^0 \vee a^0b^2y^0 \vee a^0b^3y^0 \vee a^1b^0y^0 \vee a^2b^0y^0,\\
y^1_{вых} &= a^2b^1y^1 \vee a^1b^3y^1 \vee a^1b^2y^1 \vee a^1b^1y^1,\\
y^2_{вых} &= a^2b^2y^2 \vee a^2b^3y^2,\\
a^0_{вых} &= a^0b^0y^0 \vee a^0b^1y^0 \vee a^0b^2y^0 \vee a^0b^3y^0,
\end{aligned}
\qquad (13)
$$

$$a^1_{вых} = a^1b^0y^0 \vee a^1b^1y^1 \vee a^1b^2y^1 \vee a^1b^3y^1,$$
$$y^0_{вых} = a^0b^0y^0 \vee a^0b^1y^0 \vee a^0b^2y^0 \vee a^0b^3y^0 \vee a^1b^0y^0 \vee a^2b^0y^0,$$
$$b^1_{вых} = a^0b^1y^0 \vee a^1b^1y^1 \vee a^2b^1y^1,$$
$$b^2_{вых} = a^0b^2y^0 \vee a^1b^2y^1 \vee a^2b^2y^2,$$
$$b^3_{вых} = a^0b^3y^0 \vee a^1b^3y^1 \vee a^2b^3y^2,$$

здесь и далее для кратности записи индекс, обозначающий входное значение той или иной переменной (в правой части уравнения), будем опускать.

Аналогичные системы предикатных уравнений, задающие соединения логических элементов И и ИЛИ для второго и третьего МОН ЛЭ, представленные на рисунке, могут быть получены из соответствующих модифицированных таблиц.

Известно [1], [6] что функциональные схемы рассматриваемых МОН ЛЭ первого рода строятся таким образом, чтобы получить предельное структурное быстродействие, подобное тому, которое характерно для линейных дешифраторов и равно обратной величине средней задержки распространения сигнала типового элемента И (ИЛИ) для соответствующих типов интегральных микросхем. Первый ярус содержит полный набор элементов И на три входа, соответствующих получению всех конституэнт единицы исходной таблицы истинности. В данных конституэнты входят все входные переменные рассматриваемого отношения. Второй ярус предназначен для получения дизъюнкции тех или иных конституэнт единицы. Выход каждого такого элемента ИЛИ является выходным значением того или иного значения соответствующей переменной.

Заключение

В статье предложена модификация традиционных таблиц истинности для многозначных неоднородных кодов, связанных предикатными уравнениями, позволяющая представлять эти таблицы в компактной форме; получена практическая реализация метода синтеза обратимых переключательных цепей первого рода на случай неоднородных кодов, заданных предикатными уравнениями; обоснована целесообразность перехода к переключательным цепям второго рода при числе переменных в исходном предикатном уравнении более 8, при значности переменных, не превышающей 6, что является характерным для задач морфологического анализа и синтеза; разработаны методы синтеза и осуществлен анализ базовых многозначных неоднородных логических элементов второго рода; показана возможность эффективного построения переключательных цепей за счет варьирования базовых модулей [7].

Литература

1. Бондаренко М.Ф., Коноплянко З.Д., Четвериков Г.Г. Основи теорії синтезу надшвидкодіючих структур мовних систем штучного інтелекту. – К.: ІЗМН, 1997. – 264 с.
2. Бондаренко М.Ф., Коноплянко З.Д., Четвериков Г.Г. Основи теорії багатозначних структур і кодування в системах штучного інтелекту. – Харків: Фактор-друк, 2003. – 336 с.
3. Бавыкин В.Н., Четвериков Г.Г. Моделирование гибридных многозначных структур средствами предикатно-гибридной логики // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков: ХТУРЭ.- 2001. – № 2 (11). – С. 102-105.

4. Реализация многозначных структур автоматики / Под ред. М.А. Ракова. – К.: Наук. думка, 1976. – 350 с.
5. Четвериков Г.Г. Формалізація принципів побудови універсальних k-значних структур мовних систем штучного інтелекту // Доповіді НАН України. – 2001. – № 1 (41). – С. 4-14.
6. Бондаренко М.Ф., Четвериков Г.Г. Алгебрологический подход к построению структур лингвистических объектов // Искусственный интеллект. – 2000. – № 4. – С. 4-14.
7. Пат. 2147789 РФ, МКВ НОЗК 19/02, НОЗМ 1/00. Функциональный преобразователь с многозначным кодированием / М.Ф. Бондаренко, З.Д. Коноплянко, Г.Г. Четвериков (Украина). – № 97101717/09; Заявл. 04.02.97; Опубл. 24.04.2000, Бюл. № 11. – 6 с.

In article the perspective directions of modern digital devices, networks and systems development are considered. The carried out analysis shows that means of computer facilities development is a baseline of automation of the man intellectual activity. However, the successes in the field of computer facilities intellectualization are insignificant. It asserts and proves that the technical realization of the concept of artificial intelligence requires essential increase of the computer productivity, namely: creation of parallel (spatial) principles and methods of information processing at the interface level for perception and delivery of the information in natural language.

У статті розглядаються перспективні напрямки розвитку сучасних цифрових пристроїв, мереж і систем. Проведений аналіз показує, що розвиток засобів обчислювальної техніки є базою автоматизації розумової діяльності людини. Проте успіхи в галузі інтелектуалізації обчислювальної техніки незначні. Стверджується й обґрунтовується, що технічна реалізація концепції штучного інтелекту вимагає значного підвищення продуктивності ЕОМ, а саме розроблення паралельних (просторових) принципів і методів оброблення інформації на рівні інтерфейсу для сприйняття й видачі інформації природною мовою.

Статья поступила в редакцию 01.08.03.

Довженко О.В.
Повышение чувствительности корреляционного анализа
в задаче классификации текстурных изображений 200

Ковалев А.М., Щербак В.Ф.
Обратные системы управления в задачах защиты информации 208

Костюк А.И., Каляев В.А., Каляев З.В.
Изоморфная вероятностная идентификация изображений 216

Мурыгин К.В.
Оптимизация габоровских вейвлет для задачи
распознавания человека по изображению лица 223

Нюнькин К.М.
Распознавание криволинейных жестов 230

Пархоменко М.Д., Пархоменко Ю.М.
Определение скорости движения дискретных объектов
путём анализа их бинарных изображений 237

Повхан І.Ф., Василенко Ю.А., Василенко Е.Ю.
Метод розгалуженого вибору ознак (метод РВО) в математичному
конструюванні багаторівневих систем розпізнавання 246

Скобелев В.Г.
Распределенные вычисления на графах 257

Крихно В.А.
Формализация задач планирования маркшейдерских работ 265

Раздел 4 Концептуальные проблемы интеллектуальных
и многопроцессорных систем

Бавыкин В.Н., Ревенчук И.А., Четвериков Г.Г.
Модификация средств построения k-значных обратимых
переключательных цепей второго рода 268

Попова А.Ю.
Международная выставка CeBIT (Ганновер, Германия) –
важнейший способ продвижения информационных
технологий на мировые наукоёмкие рынки 276

Сторож В.В.
Об объеме информации в сообщении 287

Шевченко А.И., Сальников И.С.
Новые концепции и технологии актуализации
проблем искусственного интеллекта 297