

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ДНФ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Кардаш С. Н.

Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь
E-mail: kardash77@gmail.com

Предлагаются результаты экспериментального исследования двух вариантов алгоритма ортогонализации системы дизъюнктивных нормальных форм булевых функций.

I. ВВЕДЕНИЕ

Для решения многих задач синтеза, диагностики и анализа надежности технических систем используется представление булевых функций в виде дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ). Часто бывает полезно иметь такие системы ДНФ, в которых все входящие в них элементарные конъюнкции взаимно ортогональны. Для получения таких систем необходимо проводить ортогонализацию исходных систем ДНФ. В работах [1-3] даны как необходимые понятия, так и идеи, способствующие решению этой задачи.

В случае небольшого числа переменных задачу ортогонализации ДНФ можно решить, разложив дизъюнктивно каждую элементарную конъюнкцию по всем отсутствующим в ней переменным, и после приведения подобных получить в результате совершенную ДНФ. Однако такой способ может оказаться неприемлем, когда переменных много. В частности, для системы ДНФ, зависящих от n переменных, число конъюнкций в ортогонализованной системе может достигать 2^n .

В работе [4] был предложен алгоритм, основанный на дизъюнктивном разложении элементарных конъюнкций на серию других конъюнкций, каждая из которых либо ортогональна всем конъюнкциям из некоторой совокупности, либо поглощается одной из них. В работе [5] была рассмотрена модификация алгоритма [4]

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Оба предложенных алгоритма реализованы на языке программирования C++ с использованием библиотеки классов «булев вектор» и «троичный вектор». Для проверки эффективности разработанных программ был проведен вычислительный эксперимент. Примеры матричных SF-описаний систем полностью определенных булевых функций были взяты из набора промышленных тестовых примеров, входящих в библиотеку примеров Berkeley PLA TestSet [6]. Исследовались два алгоритма ортогонализации – предложенный в [4] и предложенный в [5], обозначаемые далее OLD и NEW соответственно. Результаты эксперимента представлены в табли-

це 1, где n – число переменных, m – число функций, k – число элементарных конъюнкций исходной системы ДНФ булевых функций. Система ДНФ задавалась парой матриц [3]. Всего для каждого алгоритма рассматривалось три варианта ортогонализации. При первом (столбцы 1 и 2) производилось предварительное упорядочивание строк матриц по возрастанию числа литералов, при втором (столбцы 3 и 4) – по убыванию, а в третьем (столбцы 5 и 6) – упорядочивание не производилось.

В ходе вычислений замерялись следующие параметры:

C – число выполнений цикла проходов исходной системы ДНФ;

M – максимальное число строк в матрице, полученной при работе алгоритма;

R – суммарное число произведенных разложений;

S – суммарное число произведенных склеиваний;

P – суммарное число произведенных поглощений.

K – число элементарных конъюнкций в ортогонализованной системе.

В качестве иллюстрации сложности решаемых в ходе ортогонализации задач отметим результат ортогонализации для примера intb с параметрами: $n = 15$, $m = 7$, $k = 664$. За 10 часов работы программы была получена ДНФ с 7987 конъюнкциями. При этом за 25 выполнений цикла было произведено 31707 разложений, 117599 склеиваний, 143844 поглощений, а число конъюнкций в матрице на пике вычислений достигало 22855

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные результаты экспериментального исследования показали заметное преимущество в качестве получаемых решений алгоритма ортогонализации [5] над алгоритмом [4]. Эксперимент показал, что для исследованного множества примеров использование новой программы во всех случаях обеспечивало нахождение лучшего решения. При этом преимущество нового алгоритма над старым достигало 80 процентов.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Имя	n	m	k		1	2	3	4	5	6
					OLD	NEW	OLD	NEW	OLD	NEW
TIAL	14	8	640	C	23	23	25	25	24	24
				M	22011	22011	26686	26686	29403	29403
				R	85118	85118	94729	94729	96449	96449
				S	105760	105760	120047	120047	124603	124603
				P	16474	16474	17766	17766	18368	18368
B9	15	5	123	K	9218	5937	10385	6405	10584	6461
				C	21	21	21	21	25	25
				M	12142	12142	9813	9813	12956	12956
				R	36838	36838	27304	27304	44505	44505
				S	40604	40604	30126	30126	49682	49682
Mp2d	14	14	123	P	2859	2859	2659	2659	3127	3127
				K	11954	6319	9793	5334	12703	6763
				C	15	15	14	14	20	20
				M	801	801	722	722	693	693
				R	2707	2707	2083	2083	2553	2553
X6dn	39	5	121	S	3911	3911	2663	2663	2963	2963
				P	209	209	199	199	202	202
				K	525	334	534	328	561	339
				C	12	12	13	13	13	13
				M	302	302	328	328	346	346
In2	19	10	137	R	384	384	409	409	446	446
				S	436	436	456	456	478	478
				P	206	206	176	176	227	227
				K	268	219	287	239	305	233
				C	15	19	14	12	16	18
int b	15	7	664	M	1165	808	1727	1345	2212	1829
				R	1711	1220	2827	2177	3502	3094
				S	2496	1384	4214	2633	5360	3693
				P	429	645	523	785	544	1005
				K	955	448	1316	627	1772	879
sex	9	14	23	C	25	25	25	24	25	25
				M	31707	31707	31707	32496	31707	34451
				R	117599	117599	117599	118077	117599	107197
				S	143844	143844	143844	149916	143844	135809
				P	22855	22855	22855	21605	22855	22278
sex	9	14	23	K	8875	7281	7987	7703	8554	7416
				C	11	11	10	10	11	11
				M	244	244	282	282	172	172
				R	559	559	473	473	283	283
				S	690	690	589	589	339	339
sex	9	14	23	P	46	46	57	57	27	27
				K	187	122	201	124	156	106

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поттосин, Ю.В., Шестаков Е.А. Ортогонализация системы полностью определенных булевых функций / Ю.В.Поттосин, Е.А.Шестаков / Логическое проектирование, Вып.5. – Минск: Институт технической Кибернетики НАН Беларуси, 2000 г. – С. 107–115.
2. Закревский, А.Д. Основы логического проектирования. В двух книгах. Книга 1. Комбинаторные алгоритмы дискретной математики / А.Д. Закревский, Ю.В. Поттосин, Л.Д. Черемисинова. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2004. – 226 с.
3. Закревский, А.Д. Основы логического проектирования. В двух книгах. Книга 2. Оптимизация в булевом пространстве / А.Д.Закревский, Ю.В. Поттосин, Л.Д. Черемисинова. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2004. – 240 с.
4. Кардаш, С. Н. Ортогонализация системы ДНФ булевых функций / С. Н. Кардаш // Информационные технологии и системы 2020 (ИТС 2020) – Information Technologies and Systems 2020 (ITS 2020): материалы междунар. науч. конф., (Республика Беларусь, Минск, 18 ноября 2020 года) редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск: БГУИР, 2020. – С. 41–42.
5. Кардаш, С. Н. Ортогонализация системы ДНФ булевых функций / С. Н. Кардаш // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС-2022): Сборник трудов, Россия, Москва, март-ноябрь 2022 г. – С. 21–25.
6. Berkeley PLA test set [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www1.cs.columbia.edu/cs4861/sis/espressoexamples/ex/>. – Date of access: 10.10.2011