Харьковский государственный политехнический университет

На правах рукописи

Исса Махмуд Исса Шехабат
(Иордания)

УДК 681.3

МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МЕТОДОМ ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ

05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков - 1997

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена на кафедре «Вычислительная техника и программирование» Харьковского государственного политехнического университета

Научный руководитель: - **доктор технических наук, профессор Дмитриенко Валерий Дмитриевич**

Официальные оппоненты: - **доктор технических наук, профессор Руденко Олег Григориевич**
- **кандидат технических наук, старший научный сотрудник Ильюхин Василий Иванович**

Ведущая организация: - **Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта (г. Харьков)**

Защита состоится « 4 » Сентября 1997 г. В 14:30 часов. на заседании специализированного совета Д 02.09.06 в Харьковском государственном политехническом университете по адресу: (310002, г. Харьков, ГСП, ул. Фрунзе, 21).

С диссертацией можно ознакомится в библиотеке Харьковского государственного политехнического университета.

Автореферат разослан « 4 » Августа 1997 г.

Ученый секретарь специализированного совета **Кизилов В.У.**

Общая характеристика работы

Актуальность. Моделирование сложных систем сопряжено с рядом трудностей, связанных с плохой формализуемостью таких объектов, наличием размытых зависимостей, большого числа неопределенных параметров в аналитических моделях, не достаточной изученностью исходных данных и т.д. В таких случаях классические подходы построения моделей, основанные на высоком уровне знаний об объекте моделирования, как правило, требуют больших временных затрат и часто неприемлемы. Специфика синтеза математических моделей в условиях существенной априорной неопределенности требует разработки новых и совершенствование известных методов и подходов к получению работоспособных математических моделей в таких условиях. В связи с этим актуально дальнейшее развитие методов обработки информации в условиях существенной априорной неопределенности, основанных на идеях эволюции и самоорганизации математических моделей и разработка и исследование многопроцессорных систем для синтеза математических моделей методом группового учета аргументов (МГУА).

Целью диссертационной работы является разработка и исследование проблемно-ориентированной многопроцессорной вычислительной системы для синтеза математических моделей методом группового учета аргументов с учетом априорной информации.

Для достижения указанной цели в диссертации были решены следующие задачи:

1. Проанализированы достоинства и недостатки архитектур и алгоритмов функционирования известных многопроцессорных систем для синтеза математических моделей алгоритмами МГУА.

2. Разработан математический аппарат для повышения качества математических моделей, синтезируемых итерационными алгоритмами самоорганизации.

3. Предложены и исследованы многорядные алгоритмы самоорганизации, работающие с учетом анализа априорной информации.

4. Разработаны архитектура и алгоритмы функционирования проблемно-ориентированной многопроцессорной вычислительной системы для синтеза математических моделей многорядными алгоритмами самоорганизации с учетом анализа априорной информации.

5. Создан и отлажен комплекс программ для исследования алгоритмов самоорганизации и многопроцессорных систем синтеза математических моделей алгоритмами МГУА.

6. Выполнены исследования на математических моделях разработанной проблемно-ориентированной вычислительной системы.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- на основе дифференциальной геометрии обобщена теория кодонов для анализа функций двух и большего числа переменных;

- разработана методика применения теории кодонов в алгоритмах самоорганизации математических моделей;

- на основе полученных в теории кодонов результатов предложены и исследованы обобщенные итерационные алгоритмы МГУА с анализом априорной информации для синтеза математических моделей в виде функций одной, двух и большего числа переменных;

- разработана методика синтеза структур специализированных вычислительных устройств, выполняющих распараллеливание вычислений при аппаратно-программной реализации алгоритмов самоорганизации на уровне отдельных математических моделей;

- разработаны многозвенная и двухзвенная конвейерные вычислительные системы для синтеза математических описаний многорядными алгоритмами самоорганизации;

- предложены древовидные многопроцессорные вычислительные системы для синтеза математических моделей итерационными алгоритмами МГУА;

- разработана структура и алгоритмы работы многозвенной конвейерной вычислительной системы для синтеза математических моделей итерационными алгоритмами самоорганизации математических моделей.

Практическая ценность результатов диссертационной работы состоит в следующем:

- разработаны алгоритмы и пакеты программ для синтеза математических описаний объектов в условиях существенной априорной неопределенности, которые могут быть использованы в программном обеспечении существующих САПР для синтеза непрерывных моделей по зашумленным экспериментальным данным;

- предложена схемная реализация вычислительных устройств, выполняющих распараллеливание вычислений при аппаратно-программной реализации алгоритмов МГУА на уровне получения отдельных математических моделей;

- создан программный комплекс иерархического моделирования многопроцессорных вычислительных систем на персональных компьютерах.

<u>Реализация и внедрение результатов работы.</u> Основные результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе на кафедре «Вычислительная техника и программирование» Харьковского государственного политехнического университета в учебных курсах «Системы искусственного интеллекта» и «Интеллектуальные компьютерные системы», а также при выполнения курсовых, бакалаврских и дипломных проектов.

<u>Основные положения выносимые на защиту:</u>

- расширение области применения теории кодонов для анализа функций одной, двух и большего числа переменных;
- многорядные алгоритмы МГУА для синтеза математических моделей с учетом анализа априорной информации;
- структуры и алгоритмы работы многозвенных и двухзвенной конвейерных вычислительных систем для синтеза математических моделей итерационными алгоритмами самоорганизации математических моделей;
- древовидные и кольцевые многопроцессорные вычислительные системы для синтеза математических моделей итерационными алгоритмами МГУА;
- методика синтеза структур специализированных вычислительных устройств, выполняющих распараллеливание вычислений при аппаратно-программной реализации алгоритмов самоорганизации;
- структура специализированного вычислительного устройства для распараллеливания вычислений при синтезе математических моделей алгоритмом МГУА с линейными полиномами.

<u>Апробация работы.</u> Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технической конференции «Досвід розробки та застосування приладно-технологічних САПР мікроелектроніки» (г. Львов, 1995 г.); на международной научно-технической конференции «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (г. Харьков, 1996 г.); на семинаре НАН Украины «Специализированные вычислительные устройства и моделирование» (г. Харьков, 1996 - 1997 гг.).

<u>Публикации.</u> По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ, отражающих основное содержание диссертации.

Структура и объем работы: диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и четырех приложений.

Основной объем работы составляет 150 страниц, 47 рисунков, 14 таблиц, 143 наименований использованных источников, общий объем работы - 275 стр.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы, показана научная новизна и практическая ценность результатов. Приведена структура работы и краткое содержание ее разделов.

Первая глава посвящена анализу методов, алгоритмов и технических средств обработки экспериментальных данных. Среди множества задач обработки данных выделен класс, связанный с восстановлением непрерывных математических моделей. Обосновано применение для решения такого класса задач метода группового учета аргументов, исследованы различные алгоритмы МГУА и реализующие их вычислительные системы.

В результате проведенных исследований установлено, что даже лучшие многорядные алгоритмы МГУА для большинства сложных моделей не гарантируют получение удовлетворительных результатов за приемлемое машинное время. Одной из причин этого является отсутствие процедур определения эффективного множества частных описаний первого ряда селекции. Другая причина - недостаточная производительность ЭВМ фон-неймановской архитектуры. Третьей причиной является то, что многопроцессорные системы, используемые для последовательного определения алгоритмами самоорганизации математических описаний сложных объектов в условиях существенной априорной неопределенности, не являются оптимальными.

На основании этих результатов обоснованы цель работы и задачи исследований.

Во второй главе работы с помощью теории катастроф обоснована необходимость учета априорной информации в многорядных алгоритмах МГУА. Этот учет предложено осуществлять с помощью теории кодонов. Кодоны - это сегменты гладких плоских кривых, чьи конечные точки являются двумя последовательными минимумами кривизны кривых. Кодоны, обладающие свойствами двойственности симметрии и кривизны, несут основную информацию о плоской кривой. Любой кодон состоит из последовательности спиралей (отрезков кривых с монотонно изменяющейся кривизной) или биспиралей (спиральные пары, имеющие монотонно изменяющуюся кривизну). При представлении полиномиальных кривых в виде цепочки кодонов и их частей (спиралей, биспиралей или их частей) возникает возможность оценки снизу минимальной степени полинома, который может удовлетворительно приближать заданную кривую.

В работе доказан ряд утверждений, связывающих минимальную степень полинома для приближения непрерывных кривых с различными последовательностями кодонов, спиралей и их частей. Эти утверждения позволили определить удобный способ вычисления минимально возможной степени частных описаний первого ряда селекции в полиномиальных алгоритмах МГУА:

Минимально возможная степень N приближающего полинома для кривой, представленной последовательностью кодонов $1_d^-, 1_d^+, 2_d$, спиралей и их частей, определяется суммой

$$N=n_1+n_2+2n_3+2,$$

где n_1- число биспиралей или их частей, содержащих точку перегиба, которые не являются элементами целых кодонов; n_2 - суммарное число кодонов $1_d^-, 1_d^+$, входящих в последовательность; n_3 - число кодонов 2d; $1_d^-, 1_d^+, 2_d$ - дуальные кодоны, введенные для описания полиномиальных кривых и решения задач моделирования алгоритмами МГУА.

Успешное применение теории кодонов для анализа функций одной переменной и введение на этой основе на первом ряду селекции более точных частных описаний, повышающих точность конечных моделей синтезируемых итерационными алгоритмами МГУА, поставило вопрос об использовании свойств двойственности симметрии и кривизны при синтезе непрерывных моделей в виде функций двух и большего числа переменных. Поскольку любая непрерывная гладкая функция n переменных $z=f(x_1, ..., x_n)$ при фиксированных значениях любых (n-1) аргументов обращается в функцию одной переменной, то для анализа функций n переменных могут использоваться все средства теории кодонов. Покрытие области определения D функции z сеткой значений $x_1 = \{x_{11}, \ldots, x_{1m}\}, \ldots, x_n = \{x_{n1}, \ldots, x_{np}\}$ и рассмотрение ее в соответствующих сечениях, как функции одной переменной, позволяет получить минимально возможные степени *Sx*1,…,*Sxn* одночленов и их числа $m_1,\ldots,m_n$ по каждой из n переменных. Это дало возможность в общем случае при использовании алгоритмов МГУА для синтеза математических моделей в виде полиномов n переменных формировать множество частных описаний первого ряда селекции путем случайного поиска среди моделей, получаемых занулением соответствующего числа коэффициентов полинома

$$z_1 = (a^1_{m1} x_1^{Sxm1} + \ldots + a^1_1 x_1^{Sx11} + a^1_0) \times \\ \times (a^2_{m2} x_2^{Sxm2} + \ldots + a^2_1 x_2^{Sx12} + a^2_0) \times \ldots \times \\ \times (a^n_{sxn} x_n^{Sxmn} + \ldots + a^n_1 x_n^{Sx1n} + a^n_0), \qquad (1)$$

где $Sxm1 \geq Sx1 \geq Sx11 \geq 1$; $Sxm2 \geq Sx2 \geq Sx12 \geq 1, \ldots,$ $Sxmn \geq Sxn \geq Sx1n \geq 1$; $Sxm1 \leq Sx1_{max}$, $Sxm2 \leq Sx2_{max}, \ldots,$ $Sxmn \leq Sxn_{max}$; $Sx1_{max}$, $Sx2_{max}, \ldots,$ Sxn_{max} – максимально допустимые степени по переменным $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Для случая функций двух переменных обобщено понятие одномерного кодона и введены новые геометрические объекты - двумерные кодоны.

Двумерными кодонами называются участки гладкой поверхности $z=f(x_1, x_2)$ с областью определения D, которые обладают следующими свойствами:

1) при x_1=const, x_2=var, и x_2=const, x_1=var, $x_1, x_2 \in D$, превращаются в кодоны функции одной переменной;

2) имеют общую точку (x_1^*, x_2^*) экстремумов кривизны для кривых $z_1 = F(x_1 = \text{var}, x_2 = x_2^*)$, $z_2 = F(x_1 = x_1^*, x_2 = \text{var})$, заключенную между двумя последовательными минимумами кривизны этих кривых;

3) имеют локальную ось симметрии.

Введение двумерных кодонов дало возможность для функций двух переменных уточнять модели первого ряда селекции, получаемые с помощью соотношения вида (1), с учетом общего числа и расположения различных двумерных кодонов, обнаруженных при построении сечений функции двух переменных.

На основе полученных в теории кодонов результатов разработаны четыре обобщенных итерационных алгоритма МГУА для синтеза математических моделей в виде отдельных функций или их систем.

<u>Третья глава</u> посвящена разработке многопроцессорных систем для синтеза математических моделей с помощью алгоритмов самоорганизации. Основная предпосылка для решения задачи поиска аналитических зависимостей в условиях существенной априорной неопределенности с помощью итерационных алгоритмов самоорганизации математических моделей выбрана из литературы в виде

проблемы поиска глобального экстремума в многоэкстремальном и многомерном пространстве возможных математических моделей. При этом, исходя из повышения вероятности определения глобального или близкого к нему экстремума, пользуются параллельными вычислениями на базе многопроцессорных ЭВМ. Однако, в известных системах отсутствует коррекция их работы в зависимости от качества получаемых моделей в каждом процессорном узле, не устраняются ошибки многорядности, имеются структурные ограничения на общую производительность систем, существует неравномерность загрузки процессорных узлов.

В работе для преодоления двух последних недостатков известных систем предложено использовать древовидную архитектуру, которая позволяет повысить общее быстродействие вычислительной системы и добиться более равномерной загрузки всех процессоров. С этой же целью разработано несколько новых модификаций конвейерной архитектуры. Одна из них имеет N звеньев, каждое из которых предназначено для поиска в определенной области многоэкстремального пространства моделей, и для каждого звена конвейера получается исходная модель с помощью соотношений вида (1) или им аналогичных. Звенья такой системы, как у обычного конвейера, соединены последовательно, но при этом информация от каждого звена передается диспетчеру, в качестве которого может быть использована ПЭВМ. В такой системе ряды селекции алгоритмов МГУА с позиций глобального поиска в многоэкстремальных и многомерных пространствах предложено интерпретировать как покрытия, строящиеся с учетом информации, получаемой в процессе поиска, или как алгоритмы расслоенной выборки, для которых характерно разбиение области на некоторое число пересекающихся подобластей, в каждой из которых экстремальные точки ищутся независимо. При этом соотношения вида (1) рассматриваются как начальные точки, от которых можно начать движение к экстремальным точкам ближайших холмов или пиков.

Максимальное число одночленов и их вид в каждом звене конвейера определяется на основе ожидаемого класса моделей. Так при поиске аналитической зависимости как функции двух переменных вида

$$z = f(x_1, x_2) = a_0 + \sum_{l=1}^{m1} a_{1l} x_1^l + \sum_{k=1}^{m2} a_{2k} x_2^k + \sum_{i=1}^{n1} \sum_{j=1}^{n2} a_{ij} x_1^i x_1^j \qquad (2)$$

максимальное число одночленов n_{max}, которое может содержать конечная модель, определяется по значениям n1,n2,m1 и m2 в (2). По n_{max}, числу N звеньев конвейера и количеству одночленов m_0 в выражении (1) для первого звена конвейера определяется средняя разность r между числом одночленов моделей соседних звеньев конвейера и среднее число m_j одночленов моделей, параметры которых могут быть получены в каждом звене конвейерной вычислительной системы:

$$r=(m_{max} - m_0)/N,$$
$$m_j=m_0+r/2+(j-1)r, \quad j = \overline{2,N}.$$

На i-ом ряду селекции в j-ом звене конвейера используется лучший по критерию селекции полином, полученный на предшествующих (i-1)-м рядах селекции в j-ом звене конвейера. При достижении в каждом звене конвейера заданного числа рядов селекции, ПЭВМ анализирует результаты работы звеньев и Q лучших в смысле заданного критерия моделей передаются в банк лучших моделей системы, а q лучших моделей каждого j-го (j<N) звена передаются (j+1)-му звену для следующего этапа синтеза. Из множества лучших моделей, получаемых на всех звеньях конвейера, ПЭВМ формирует подмножество моделей для первого звена конвейера. Затем система переводится в режим работы обычной конвейерной системы.

Сравнение предложенной конвейерной системы с обратными связями с известной выявило ее преимущества: гибкость и универсальность, уменьшение ошибки многорядности и адаптивность поиска решений. Однако, необходимость иметь количество звеньев конвейера не менее числа рядов селекции ведет к большим аппаратурным затратам и сужает класс решаемых задач. Для преодоления этих недостатков предложена двухзвенная конвейерная система, позволяющая получить любое число рядов селекции. При этом общее число моделей вычисляемых за один такт работы конвейера может быть одинаково для двухзвенной и N-звенной систем, если каждое звено двухзвенной системы будет содержать в N/2 раз больше процессорных элементов, чем звено N-звенной конвейерной системы. В результате анализа многозвенных и двухзвенной конвейерных структур был сделан вывод о преимуществах двухзвенных систем, позволяющих обеспечить те же алгоритмы синтеза математических моделей, но при уменьшенных аппаратурных затратах.

Для оценки эффективности предложенных алгоритмов поиска аппроксимирующих функций по экспериментальным данным были проведены вычислительные эксперименты. Для эксперимента были выбраны тестовые примеры, которые обрабатывались как известными алгоритмами МГУА, так и предложенными. Сравнение результатов обработки данных предложенными и традиционными методами подтвердило эффективность первых, как по точности (среднеквадратическая ошибка уменьшается примерно в 15 раз), так и по быстродействию (производительность увеличилась в 4-5 раз).

Для предложенной двухзвенной конвейерной структуры решена задача оптимизации по критерию максимальной производительности при минимизации аппаратурной избыточности. Для обеспечения наибольшего выигрыша в производительности вычислительных конвейерных систем рекомендовано вычисления выполнять в специализированных устройствах (СВУ), введя в состав АЛУ аппаратные умножители, вычитатели-сумматоры, кэш-память.

В результате анализа для конвейерной структуры, основанной на принципе MISD, предложены технические решения для повышения быстродействия. В частности ОЗУ специализированного устройства при синтезе функций двух переменных разбивается на пять областей. Первая область памяти предназначена для хранения значений функций y_i и количества точек N и характеризуется записью информации только в начале вычислений. Вторая и третья область используются для записи значений аргументов x_{1j}, x_{2j} при вычислениях частных описаний первого ряда селекции или лучших частных описаний предыдущего ряда y_i^r , y_j^u при вычислении частных описаний последующих рядов селекции. Эти области памяти обновляются после вычисления математических моделей очередного ряда селекции. Четвертая область памяти предназначена для записи результатов вычислений, выполняемых в этом СВУ. В пятую область памяти записывается информация о номере подпрограммы в ПЗУ, по которой происходят вычисления, т.е. указан вид уравнений частных описаний.

В соответствии с предложенным алгоритмом в устройстве производится расчет критериев селекции и обмен информацией между соответствующими блоками. Для реализации этого разработаны схемы блоков двухзвенной конвейерной системы.

В четвертой главе приводится методика синтеза СВУ для обработки экспериментальных данных алгоритмами МГУА и результаты исследований (СВУ). Исходя из цели исследований, состоящей в подтверждении временных характеристик функционирования конвейерного вычислительного устройства для обработки данных методом группового учета аргументов, в качестве метода исследования выбран метод математического моделирования. Так как временные характеристики всего устройства определяется совокупностью временных характеристик отдельных узлов, то для построения математической модели прежде всего было необходимо выполнить структурный синтез конвейерного вычислителя. В основу синтеза положена временная развертка параллельных алгоритмов с использованием предварительных данных о выполняемых операциях каждым из СВУ. Каждое из СВУ формирует на каждом i-м ($i \geq 2$) ряду селекции систему уравнений Гаусса, упрощенно представляемую в виде

$$y^{k1} = a_1^k y_1^{p(i-1)} + a_2^k y_1^{q(i-1)},$$

$$y^{k2} = a_1^k y_2^{p(i-1)} + a_2^k y_2^{q(i-1)}, \qquad (3)$$

и затем решает эту систему уравнений, в результате чего определяются коэффициенты

$$a_1^k = \frac{y^{k1}}{y_1^{p(i-1)}} - \frac{a_2^k y_1^{q(i-1)}}{y_1^{p(i-1)}},$$

$$a_2^k = \frac{y^{k2} - \dfrac{y^{k1} y_2^{p(i-1)}}{y_1^{p(i-1)}}}{y_2^{q(i-1)} - \dfrac{\left(y_1^{q(i-1)}\right)^2}{y_1^{p(i-1)}}}. \qquad (4)$$

Здесь: $$y^{k1} = \sum_{j=1}^{N_1} y_j \overline{y}_j^{p(i-1)}, \qquad y^{k2} = \sum_{j=1}^{N_1} y_j \overline{y}_j^{q(i-1)},$$

$$y_1^{p(i-1)} = \sum_{j=1}^{N_1} \overline{y}_j^{p(i-1)} \overline{y}_j^{p(i-1)},$$

$$y_1^{q(i-1)} = y_2^{p(i-1)} = \sum_{j=1}^{N_1} \overline{y}_j^{p(i-1)} \overline{y}_j^{q(i-1)}, \qquad (5)$$

$$y_2^{q(i-1)} = \sum_{j=1}^{N_1} \overline{y}_j^{q(i-1)} \overline{y}_j^{q(i-1)}.$$

N_1 - число точек обучающей последовательности; i - номер ряда селекции ($i>1$); y_j - значение функции в j-ой точке исходных данных обучающей последовательности; $\bar{y}_j^{p(i-1)}$, $\bar{y}_j^{q(i-1)}$ - значения лучших частных описаний $y^{p(i-1)}$, $y^{q(i-1)}$ в j-ой точке исходных данных на (i-1)-ом ряду селекции.

По вычисленным значениям a_1^k и a_2^k определяем модель i-го ряда селекции

$$y^{ki} = a_1^k \bar{y}^{p(i-1)} + a_2^k \bar{y}^{q(i-1)}, \tag{6}$$

которую оцениваем на N_2-х точках проверочной последовательности по критерию среднеквадратичной ошибки

$$\delta = \frac{1}{N_2}\sum_{j=1}^{N_2} \delta_j = \frac{1}{N_2}\sum_{j=1}^{N_2}\left(y_{jnp} - a_1^k \bar{y}_{jnp}^{p(i-1)} - a_2^k \bar{y}_{jnp}^{q(i-1)}\right)^2 \tag{7}$$

где: δ_j - квадратичная ошибка на j-ой точке проверочной последовательности; y_{jnp} - значение функции в j-ой точке исходных данных проверочной последовательности; $\bar{y}_{jnp}^{p(i-1)}$, $\bar{y}_{jnp}^{q(i-1)}$ - значения частных описаний $\bar{y}^{p(i-1)}$, $\bar{y}^{q(i-1)}$ в j-ой точке исходных данных проверочной последовательности.

Воспользовавшись классическим приемом преобразования математических моделей в параллельных процессах, в работе осуществлен переход к ярусно-параллельной форме представления словесно-формульного алгоритма. При этом на первых N+1 ярусах идет формирование системы уравнений (3). И если на первом и втором ярусах вычисляется только первые два слагаемых в выражениях (5), то на ярусах от 3 до N_1 дополнительно суммируют слагаемые, полученные на предшествующих ярусах. Это позволяет на (N_1+1)-ом ярусе в соответствии с (5) получить y^{k1}, y^{k2}, $y_1^{p(i-1)}$, $y_1^{q(i-1)} = y_2^{p(i-1)}$, $y_2^{q(i-1)}$.

Исходя из анализа ярусно-параллельной формы алгоритма показано, что для ярусов с 3-го по N_1-й максимальная ширина алгоритма равна 10. Анализ выполняемых операций на этих ярусах позволил сделать вывод о том, что для реализации алгоритма требуется пять процессорных элементов, выполняющих операцию умножения и пять двухвходовых сумматоров. Дальнейший анализ параллельного алгоритма при жестких требованиях к быстродействию СВУ позволил, исходя из выполнения $5N_1$ операций умножения на первых N_1 ярусах, обосновать возможность использовать вместо (N_1+1) ярусов всего лишь два, на первом из которых выполняются все операции умножения с помощью $5N_1$ устройств умножения, а на втором - используется пять сумматоров на N_1 входов. Коэффициенты (4) уравнения (6), синтезируемого на i-ом ряду селекции на точках обучающей последовательности, определяются на ярусах с (N_1+2) по (N_1+7) и требуют двух процессорных элементов. При этом необходимо выполнить две операции деления на (N_1+2)-ом ярусе.

Среднеквадратическая ошибка модели (6) определяется в соответствии с (7), начиная с яруса (N_1+8).

Дальнейший синтез связан с анализом влияния высоты алгоритма на количество используемого оборудования и производительности вычислительного устройства. Проведенные в работе исследования показали, что с ростом количество точек обучающей N_1 и проверочной N_2 последовательностей коэффициенты загруженности процессорных элементов возрастают и повышается производительность параллельной системы по сравнению с последовательной ЭВМ.

Результаты некоторых экспериментов приведены в таблицах 1 и 2.

В таблице 1 для алгоритма высотой $N_1+3m+12$ приведена зависимость числа выполняемых операций умножения-деления и сложения в зависимости от яруса алгоритма.

Таблица 1

Ярус	1	2	3	4	...	N_1	N_1+1	N_1+2	N_1+3	N_1+4	N_1+5	N_1+6	N_1+7
Число операций умножения /деления	5	5	5	5	...	5	0	2 (дел)	2	0	1 (дел)	1	0
Число операций сложения	0	0	5	5	...	5	5	0	0	2	0	0	1

Ярус	N_1+8	N_1+9	N_1+10	N_1+11	N_1+12	N_1+13	N_1+14	N_1+15	...
Число операций умножения /деления	5	5	5	5	5	5	5	5	...
Число операций сложения	0	5	5	5	0	5	5	5	...

Ярус	N_1+3m+ +6	N_1+3m+ +7	N_1+3m+ +8	N_1+3m+ +9	N_1+3m+ +10	N_1+3m+ +11	N_1+3m+ +12
Число операций умножения /деления	5	0	5	0	0	0	1 (дел)
Число операций сложения	5	5	5	2	2	1	0

В таблице 2 приведено влияние числа точек обучающей последовательности N_1 на коэффициенты загрузки k_y, k_c процессорных элементов умножения-деления и сложения и коэффициент $k_{пр}$ повышения производительности параллельной системы по сравнению с последовательной ЭВМ при использовании пяти множительно-делительных и пяти суммирующих процессорных блоков.

Таблица 2

N_1	число ярусов алгоритма	Число операций умнож./деление	сложение	k_y	k_c	$k_{пр}$
15	36	113	127	0.706	0.628	4.382
30	60	218	247	0.823	0.727	4.664
100	100	708	807	0.938	0.823	4.895
1000	1000	7008	8007	0.993	0.869	4.993

Из проведенных исследований следует, что при заданных требованиях к производительности и загрузке процессорных элементов может быть выбрано число ярусов в параллельной форме алгоритма, либо по заданным коэффициентам производительности и загрузки процессорных элементов может быть ограничена высота алгоритма и выбрана структура СВУ.

Так как в устройствах обработки данных достаточно жесткие требования к быстродействию, то в качестве блоков умножения выбраны матричные структуры и параллельные сумматоры. Это позволило в качестве временных характеристик использовать t_m- для сумматора и t - для множительно-делительного блока

$$t_m=(n-1)t_c+t_s,$$
$$t=m[t_c(n+1)+3t_n],$$

где t_s- задержка получения цифры суммы в одном разряде, t_c- задержка получения цифры переноса в одном разряде, n- количество разрядов; t_n- задержка на один логический элемент; m- число логических элементов в матричном блоке умножения.

Так как известна схемная реализация СВУ и временные характеристики его элементов, то для моделирования наиболее предпочтительной является программа схемотехнического проектирования, которая позволяет определить характеристики блока управления и синхронизации. Сложность схемы СВУ предопределила использование иерархического принципа, который входит процедурой в стандартный пакет PCAD. Модель верхнего уровня иерархии содержит модели всех основных блоков СВУ: умножители, множительно-делительных блоков, сумматоров, ОЗУ, входного и выходного интерфейсов, схемы управления и синхронизации. Модель каждого из блоков представляется зависимостью вход-выход и соответствующих задержек при переключении сигналов. Разработанная модель позволила уточнить функциональные схемы входного и выходного интерфейсов, схемы управления и синхронизации, интерфейсов множительно-делительных, множительных и суммирующих блоков, а также определить производительность СВУ при его работе в соответствии с ярусно-параллельной форме алгоритма. В частности при $N_1=N_2=15$ и выполнении 240 операций, время расчета одной модели на точках обучающей последовательности и оценки ее на точках проверочной последовательности составило 19 мс, а при $N_1=N_2=20$ и выполнении 320 операций она увеличивается до 24.8 мс.

Использование иерархического принципа моделирования позволило исследовать работу различных конкретных блоков умножения и суммирования (различные интегральные серии) в соответствии с библиотекой базовых элементов, приведенных в приложении. Сравнение результатов моделировании и соответствующих показателей, приведенных в таблице 2, подтверждает обоснованность и достоверность теоретических оценок, полученных на этапе структурного синтеза.

В приложениях приводятся программы и результаты моделирования синтеза математических моделей различными методами, и программы описания цифровых элементов для системы PCAD.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Развита теория кодонов и ее применение для получения полиномиальных аппроксимирующих функций одной и нескольких переменных методом группового учета аргументов.

2. Разработаны методы построения конвейерных вычислительных систем для синтеза математических моделей итерационными алгоритмами МГУА.

3. Предложена методика синтеза структур специализированных вычислительных устройств, выполняющих распараллеливание вычислений в алгоритмах самоорганизации.

4. Разработаны структуры и схемные реализации специализированных вычислительных устройств для обработки данных методом группового учета аргументов.

Содержание диссертации отражено в 10 научных работах, 5 из которых приведены в автореферате.

1. Шехабат И. М. Применение теории кодонов для синтеза полиномиальных моделей. Вестник Харьк. гос. Политехн. ун-та 21, Применение вычислительных систем. Выпуск 2, Харьков: ХГПУ, 1997.- С. 94-99.

2. Шехабат И. М. Итерационные алгоритмы МГУА для синтеза математических моделей на основе теории кодонов. Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та 21, Применение вычислительных систем. Выпуск 2, Харьков: ХГПУ, 1997.- С. 18-24.

3. Леонов С. Ю. , Шехабат И. М. Многопроцессорная система для реализации алгоритмов самоорганизации. Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та 21, Применение вычислительных систем. Выпуск 2, Харьков: ХГПУ, 1997.- С. 87-93.

4. Шехабат И. М. Повышение эффективности многорядных алгоритмов МГУА на основе теории кодонов. - Информационные технологии в строительстве : Сб. научн. тр. - Белгород : Изд-во БелГТАСМ, 1996. - С.64-66.

5. Дмитриенко В. Д., Костин В. А., Шехабат И. М. Конвейерная вычислительная система для обработки информации алгоритмами МГУА. - Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье; Материалы международной научно-технической

конференции. 30-31 мая 1996 г. - Харьков, Мишкольц, Магдебург: ХГПУ, МУ, МГУ, 1996. - С.20.

Личный вклад Шехабата И. М. в работах [3,5] состоит в разработке и исследовании аппаратных средств для синтеза математических моделей с помощью алгоритмов самоорганизации.

ABSTRACT

Issa I. M. Shehabat Multiprocessor systems for data processing by a method of the group account of arguments.

Thesis for a scientific degree of the candidate of technical sciences on a speciality 05.13.08 - Computers, system and networks, elements and devices of computer facilities and control system, Kharkov state politechnical university, Kharkov, 1997.

10 scientific works, containing a technique of synthesis of specialized computing devices of mathematical models problem-oriented on synthesis by algorithms of a method of the group account of arguments (MGAA) in conditions essential aprior of uncertainty.

The codon theory is advanced and on its basis are developed generalized algorithms MGAA with synthesis of models of raised accuracy on the first series of selection. Structures and algorithms of activity of multi-section and 2-section conveyor systems for data processing by iterative algorithms MGAA are offered. A technique of synthesis of structures of specialized devices, executing parallel calculations is developed at hardware-software realization of algorithms of MGAA.

АННОТАЦИЯ

Исса И.М. Шехабат Многопроцессорные системы для обработки данных методом группового учета аргументов.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - Вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления. Харьковский государственный политехнический университет, г. Харьков, 1997.

Защищается 10 научных работ, содержащих методику синтеза специализированных вычислительных устройств проблемно-ориентированных на синтез математических моделей многорядными

алгоритмами метода группового учета аргументов (МГУА) в условиях существенной априорной неопределенности.

Развита теория кодонов и на ее основе разработаны обобщенные многорядные алгоритмы МГУА с синтезом моделей повышенной точности на первом ряду селекции. Предложены структуры и алгоритмы работы многозвенных и двухзвенной конвейерных систем для обработки данных итерационными алгоритмами МГУА. Разработана методика синтеза структур специализированных устройств, выполняющих распараллеливание вычислений при аппаратно-программной реализации алгоритмов МГУА.

Ключевые слова: многопроцессорные системы, обработка данных, метод группового учета аргументов, математическая модель, конвейерные вычислительные системы, кодон.

Подписано к печати 30.07.97. Формат 60х84 1/16

Тираж 100 экз.Заказ №1234.

Отпечатано на дубликаторе «Seiki» АО «КиПи» С/П «РИЗО»

310166, г.Харьков, пр. Ленина 17а, к. 405.