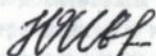


На правах рукописи

Ивасюк Юрий Дмитриевич



**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР
НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО-ИЕРАРХИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Специальности: 05.13.16 - применение вычислительной техники,
математического моделирования и
математических методов в научных
исследованиях

05.13.06 - элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Винница - 1993

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Винницком политехническом институте

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Кожемяко В. П.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Романевич А. М.

кандидат технических наук,
Яремчук В. Ф.

Ведущая организация: НИО "Астрофизика", г. Москва.

Защита состоится "20" 11 1993 г. на заседании
специализированного ученого совета Д 068.34.01 в Винницком
политехническом институте.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Винницко-
го политехнического института по адресу:

г. Винница, Хмельницкое шоссе, 95.

Автореферат расслан "19" 10 1993 г.

Ученый секретарь специализированного
ученого совета

Колодный В. В.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Параллелизм как магистральное направление развития архитектуры ЭВМ приходит на смену "классическим" принципам построения вычислительных машин. Одномерность, линейность алгоритмической и схемотехнической структуры аппаратно-программных комплексов, последовательность доступа к данным - эти свойства лежали в основе разработки универсальных последовательных ЭВМ. Параллелизм обработки данных выдвигает новые требования и к организации памяти. Они связаны с необходимостью параллельного доступа к множеству элементов обрабатываемых данных.

Проблема параллелизма не может быть эффективно решена простым дублированием блоков обычной памяти, так как отказ от последовательного доступа к памяти влечет за собой пересмотр принципов ее алгоритмической и структурной организации. При последовательном доступе вопрос о представлении многомерных данных в памяти не обсуждался, так как не существовало никакой альтернативы. В параллельной памяти многомерность структур данных является естественным ее свойством. В связи с этим необходимо установить ряд новых закономерностей в отображении структур многомерных данных на последовательные структуры их хранения в памяти.

Вопрос встает, в частности, о размерности доступа к данным, формах организации различных совокупностей параллельно выбираемых данных, их адресации, организации иерархичности при обработке многомерных данных и т. п. Все это составляет новое содержание тех задач, которые должны решаться в теории структур данных и проектирования однородных вычислительных структур в рамках бурно развиваемой научной школы академика В. П. Кожевнико.

В многочисленных прикладных задачах, в частности при распознавании образов, актуальной является задача уменьшения объема оперативной памяти. Если упорядочить каким-то образом данные, то можно свести задачу уменьшения объема памяти к задаче сжатия данных при записи в память системы функций. Этому вопросу в литературе уделено много внимания. Однако в последние годы эффективными методами сжатия данных оказались спектральные методы. Для различных базисных систем функций (функции Уолфа, Хаара, Шаудера, Косинусов и др.) разработаны алгоритмы быстрых преобразований, позволяющие с помощью простых вычислительных процедур выполнять прямое и обратное Фурье-преобразование. В результате в памяти ЭВМ можно

хранить спектральные коэффициенты разложения заданных систем функций в ряды по той или иной базисной системе функций. Истинные данные восстанавливаются с помощью быстрого Фурье-преобразования программным или аппаратным путем. В качестве базисной обычно выбирается система функций, которая обеспечивает максимальное число нулевых коэффициентов. Уменьшение доли ненулевых коэффициентов в массиве коэффициентов вследствие методов сжатия данных приводит к уменьшению объема оперативной памяти.

В этой связи актуальной является задача такого описания данных, при котором их разложение происходит по адаптивной системе базисных функций, формирование которых зависит от структуры данных, что существенно улучшает характеристики преобразования.

Теоретические и прикладные исследования в области параллельной обработки информации и связанных с этим вопросом параллельного доступа к данным проводились в странах содружества научными коллективами ИВУ АН РФ, ВЦ АН РФ и ВЦ СО АН РФ, ВНИТелевидение, ВПИ и рядом других организаций.

Однако идея и концепция организации параллельно-иерархического преобразования, предложенные к. т. н. Л. И. Тимченко на уровне нелинейных структур обработки данных, в работе апробируется впервые.

Учитывая эти результаты и развивая их, здесь приводятся исследования, направленные на создание принципиально новых структур параллельно-иерархической памяти, обеспечивающих единый подход к проблеме построения универсальных устройств памяти на основе последовательных их структур и параллельного доступа к различным подструктурам многомерных данных.

Другой, не менее важной задачей, непосредственно связанной с заданием структур параллельно-иерархической памяти (ПИП), является создание логико-временных корреляторов (ЛВК), работа которых связана с вычислением корреляционного сетевого функционала связи текущего изображения (ТИ) и изображения эталона (ИЭ), в качестве которого используется пленочный объект или его фрагмент, и определение координат экстремума данного функционала.

Проблема повышения быстродействия в большей степени связана с упрощением алгоритма обработки, максимальным распараллеливанием вычислительного процесса, сокращением избыточности обрабатываемых изображений, что является также задачей исследований данной работы.

Целью работы является исследование принципов структурной, алгоритмической и схемотехнической организации параллельно-иерархического преобразования для структур и параллельной обработки данных и преобразования изображения на основе анализа его спектра пространственной связности.

В связи с указанной целью решению подлежат следующие задачи:

- 1) разработка и исследование теоретических положений, алгоритмов функционирования, схемной реализации вычислительных устройств на основе параллельно-иерархической обработки информации (ПИОИ);
- 2) классификационный анализ и формулировка требований, предъявляемых к вычислительным структурам на основе ПИОИ;
- 3) исследование математических и структурно-функциональных моделей ПИОИ;
- 4) исследование и разработка структур параллельно-иерархической памяти;
- 5) исследование альтернативных областей возможного применения устройств на основе ПИОИ;
- 6) исследование методов сетевого сравнения изображений на основе его спектра пространственной связности и обобщенного пространственно-связанного препарирования;
- 7) математическое моделирование вычислительных устройств на основе параллельно-иерархического преобразования.

Методы исследования базируются на использовании аппарата теории вероятностей, математического анализа, теории множеств, теории алгоритмов, математической логики, формального аппарата логико-временных функций (ЛВФ), программирования и теории математического моделирования.

Научная новизна. В диссертационной работе проведены теоретические исследования, структурные, алгоритмические и схемные разработки нового класса вычислительных устройств на основе ПИОИ:

- 1) исследованы свойства параллельно-иерархического преобразования информации для числовых массивов различной размерности и вероятностных характеристик;
- 2) проведено математическое моделирование прямой и обратной ПИОИ;
- 3) исследована эффективность ПИОИ и проведен сравнительный анализ с известными видами преобразований;
- 4) разработана новая структура параллельно-иерархической памяти и исследованы принципы ее построения;

- 5) исследованы новый метод представления многоуровневого изображения на основе обобщенного спектра пространственной связанности и новый принцип обобщенного пространственно-связанного препарирования;
- 6) разработаны новые алгоритмы сетевого сравнения изображений на основе анализа спектра пространственной связанности изображения.

Достоверность научных выводов и практических рекомендаций подтверждена полнотой и корректностью теоретических построений и обоснований, анализ рассматриваемых математических моделей, структурных и функциональных схем, результатами сравнительного математического моделирования.

Практическая ценность работы заключается в создании научной, теоретической, системной и схемотехнической базы для разработки нового класса параллельно-иерархических преобразователей информации.

Результаты теоретических и практических исследований нашли применение в устройстве обработки и отображения информации, разработанном для п/я Г-4725 и схемотехнике междугороднего коммутатора для Винницкого городского узла связи.

Суммарный годовой экономический эффект от использования результатов работы составил более 40 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на XII-ом Всесоюзном семинаре по однородным вычислительным средам и систолическим структурам (Львов, 1980г.), на 1-ой Всесоюзной конференции "Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии" (Минск, 1981г.), на 2-ой Всесоюзной конференции "Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического и машинного моделирования" (Тамбов, 1981г.)

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 печатные работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (78 наименований) и двух приложений. Объем основной части работы 173 страницы машинописного текста, 43 рисунка и 18 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, раскрыта научная новизна полученных результатов, сформулированы цели работы и научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор по методам и средствам параллельной обработки информации, сформулированы требования, предъявляемые к структурам параллельной обработки и преобразования. Проведен классификационный анализ методов преобразования информации, введены основные понятия и определения сетевой ПИОИ, проведен сравнительный анализ вычислительных структур по методике М. Зинина.

В работе предлагается исследование принципиально нового подхода параллельно-иерархического представления и преобразования данных (видеоданных) пирамидального типа, для которого процедура обработки является универсальной, не зависит от структуры содержания данных и определена на этапе проектирования.

Параллельно-иерархическое представление пирамидального типа предполагает внутри и вне каждого иерархического уровня один и тот же закон перехода от одного уровня к другому, причем этот закон формулируется относительно группы множеств элементов данных (изображения) нижнего уровня и промежуточной группы множеств элементов преобразованных данных всех последующих уровней. Таким образом, для построения пирамидальной параллельно-иерархической структуры на алгоритмическом и структурном уровнях задается лишь правило преобразования группы множеств элементов данных, которые затем распространяются по "горизонтали" - на остальные элементы и по "вертикали" - на элементы других уровней. Это правило описывает и схему преобразования исходных данных, и результирующую структуру данных и его алгоритм обработки. Наполнение этой структуры происходит при задании конкретного множества данных в качестве входной информации.

Естественным способом описания параллельно-иерархической структуры взаимосвязей его элементов является рекурсия: для построения структуры параллельно-иерархического преобразования информации достаточно указать размерность множеств, закон распределения вероятностей величин его элементов. F^* - преобразование и Q^* - критерий. Иными словами, для построения структуры преобразований хранится только некоторый "информационный ген", последовательное применение которого позволяет поэтапно раздвигать исходное описание по степени детализации.

Вторая глава работы посвящена рассмотрению математических и структурно-функциональных моделей ПИОИ, разработке алгоритмов прямого и обратного ПИОИ, проведению сравнительного анализа известных методов преобразования и предложенного на основе ПИОИ.

Здесь предлагается универсальный метод обработки информации, при реализации которого сочетается динамическая иерархия и параллелизм с естественным сетевым кодированием многомерных структур данных. Пусть имеется H ($h=1, 2, 3, \dots, H$) непустых множеств элементов заданных информации M_h . Количество элементов множества назовем длиной n_h . Количество же различных элементов множества назовем размерностью данного множества R_h . Параллельное разложение множества $M = \{a_i\}$, $i=1, n$ по методу ПИОИ описывается следующей математической моделью:

$$M = \bigcup_{i=1}^n a_i = \bigcup_{j=1}^R (n - \sum_{k=0}^{j-1} n_k) (\alpha^j - \alpha^{j-1}), \quad (1)$$

где $\alpha^j \in \{a_i\}$; $i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, R$; $\alpha^0=0$, n_k - количество элементов в множестве равных α^k .

Преобразование множества M в множество M' , задаваемое формулой (1) определяется оператором G , то есть

$$G(M) = M'. \quad (2)$$

В случае применения для исходных H массивов оператора преобразования G , задаваемого формулой (1), имеет место для каждого массива свое построчное разложение:

$$\begin{aligned} M'_1 &= \bigcup_{j=1}^{R_1} a'_{1j}; \\ &\dots \\ M'_h &= \bigcup_{j=1}^{R_h} a'_{hj}. \end{aligned} \quad (3)$$

Объединение полученных элементов (3) в матрицу A_1 определяет прямое разложение на первом уровне:

$$A_1 = \begin{pmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1R_1} & X & \dots & X \\ a'_{21} & a'_{22} & \dots & \dots & \dots & \dots & a'_{2R_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a'_{h1} & a'_{h2} & \dots & a'_{hR_h} & X & \dots & X \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$A_1 = \bigcup_{h=1}^H \left(\bigcup_{j=1}^{R_h} a'_{hj} \right). \quad (5)$$

Матрица A_1^T формируется при группировке элементов матрицы A_1 по строкам, а по столбцам.

$$A_i^T = \bigcup_{j=1}^{R_i'} \left(\bigcup_{k=1}^{N} \alpha_{kj}^i \right), \quad (6)$$

где T оператор транспонирования матрицы

$$T(A_i) = A_i^T.$$

Так как R_i' принимает различные значения для каждого множества, то количество строк в A_i^T определяется максимальным из чисел R_i' , т. е. $\max \{R_1', R_2', \dots, R_n'\} = R'$.

Последовательно применяя оператор G к строкам матрицы A_i^T строится на втором уровне ($K=2$) новая матрица

$$A_2 = G(A_i^T) = \bigcup_{i=1}^{R'} M_i^2 = \bigcup_{i=1}^{R'} \left(\bigcup_{j=1}^{R_i'} \alpha_{ij}^2 \right),$$

Преобразование матрицы A_2 в A_2^T осуществляется путем сдвига всех строк вправо на величину меньше номера данной строки на единицу. Первый столбец полученной матрицы, содержащий единственный элемент α_{11}^2 , идет в результат разложения. Переход от матрицы A_2 к A_2^T обозначим оператором S . Транспонировав A_2 , получим A_2^T то есть

$$A_2^T = \begin{pmatrix} \alpha_{11}^2 & \alpha_{12}^2 & X & \dots & X \\ \alpha_{21}^2 & \alpha_{22}^2 & \alpha_{23}^2 & X & \dots & X \\ \alpha_{31}^2 & X & \dots & \dots & \dots & X \end{pmatrix}.$$

Матрица A_2^T переходит на третий уровень и служит основанием для построения матрицы A_3 и так далее пока в матрице A_k (на k -том уровне) не останется один элемент, то есть $T(S(A_k)) = A_k'$ не содержит ни одного элемента.

Последовательное применение трех операторов G , S , T формирует функционал Φ , то есть $\Phi(A) = T[S(G(A))]$.

Сетевой метод ШОИ заключается в последовательном применении к исходным множествам $\bigcup_{i=1}^N M_i$ по одному разу оператора преобразования G и оператора транспонирования T , а затем $(k-1)$ раз функционирования Φ .

$$\bigcup_{i=2}^k \Phi \left[T \left(G \left(\bigcup_{k=1}^N \left(\bigcup_{i=1}^{R_k} \alpha_{ij} \right) \right) \right) \right] = \bigcup_{i=1}^k \alpha_{ii}^k, \quad (7)$$

где α_{ii}^k - выходящая информация сетевого параллельно-иерархического разложения.

Из формулы (7) вытекают следующие утверждения:

Максимальное количество иерархических уравнений больше на единицу общей размерности всех исходных множеств.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n a_{ji} = \sum_{i=1}^k a'_{ii}.$$

Минимальное количество иерархических уровней равно 2.

$K=2$, если элементы всех множеств равны.

Длина алгоритма преобразования задается формулой:

$$L = R' + \sum_{i=1}^k (R^{i+1} - (R^i - 1)).$$

Разработанная математическая модель по сравнению с известными числовыми методами преобразования (например, разложение в математические ряды) простыми операциями типа сложения обеспечивает сложную функциональную обработку сигналов в реальном масштабе времени, однозначность и обратимость со сложностью вычислительного процесса, на уровне преобразования Хаара (см. таблицу 1). Сетевой метод обработки приводит к быстрому сжатию входных массивов информации. Дальнейшие исследования методов параллельно-иерархического кодирования, проводимые к. т. н. Тимченко Л. И. и аспирантом Иваскием И. Д. показывают, что коэффициент сжатия при фиксированном преобразовании бинарных данных достигает 1,8-2.

Таблица 1

Преобразование	В П Ф	Адамара	Хаара	ПНОИ
Число операций	$4N^2 \log_2 N$	$2N^2 \log_2 N$	$4N(N+1)$	$N(N+1)$

Преобразование массивов информации на основе метода ПНОИ можно производить с различной степенью распараллеливания вычислительного процесса. Это влияет на скорость преобразования информации (время обработки) и объем используемых вычислительных ресурсов при обработке (аппаратурные затраты).

В работе представлены алгоритмы отражающие различные уровни распараллеливания процесса ПНОИ и различные способы формирования результата преобразования.

Третья глава посвящена исследованию свойств ПНОИ. На основе машинного моделирования сделан анализ сходимости и величины сжатия числовых массивов с различными вероятностными характеристиками.

Представлены результаты моделирования прямого преобразования и рассмотрены различные виды масок для однозначного обратного преобразования.

По результатам машинного моделирования делается вывод, подтверждающий теоретические исследования, что сходимость процесса постоянна для массивов с одинаковыми характеристиками, и не зависит от способа выбора элемента и от преобразования массива.

Сходимость массива (коэффициент сходимости) зависит только от характеристики самого массива. Так наименьшее количество выборок до полной сходимости процесса ПИОИ у массивов, сформированных по Винсмиальскому закону распределения, хуже сходимости у массивов, элементы которых подчинены Пуассоновскому и геометрическому законам распределения и наихудшая - у массивов с равномерным законом распределения. Анализируя графики расчетов делается вывод о том, что количество выборок тем меньше, чем меньше размерность массива M , и не превышает количества различных элементов N , а коэффициент сходимости во всех случаях растет с увеличением размерности массива. Наибольший разброс выборок при сходимости алгоритма наблюдается для массивов, размерность которых равна количеству различных элементов, из которых формируется массив.

Предложена формула расчета тактов до полной сходимости массива:

$$T = M - r - r_0 + l, \quad (3)$$

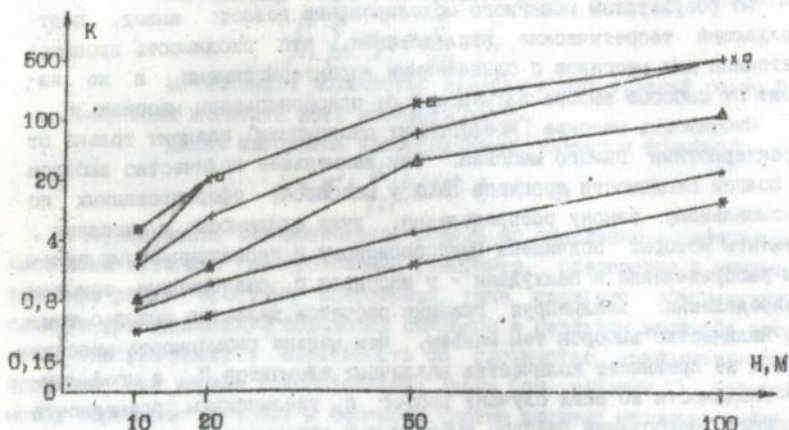
где M - количество элементов в массиве; r - количество равных между собой ненулевых элементов; r_0 - количество элементов с нулевым значением; l - количество групп равных между собой ненулевых элементов.

Разные способы выбора элемента и преобразования массива играют существенную роль при синтезе устройств, реализующих данный класс алгоритмов.

Так минимальные аппаратные затраты и наиболее простые преобразования будут в случае, когда из массива элементы выбираются по порядку, а массив преобразуется в следующий заменой нулями всех элементов, равных выбранному.

Аналогичное исследование на сходимость проведено и для сетевой обработки пакета массивов на основе метода ПИОИ. Наилучшая сходимость, особенно для массивов, размерность которых соизмерима с количеством различных элементов в массиве, получается в случае, когда при выборе элементов на второго и всех последующих исходных

массивом использовать Q критерий выбора элемента по равенству выбранного элемента элементу, выбранному на этом шаге из первого массива. Общие результаты моделирования представлены на рис. 1.



• - выбор элементов по порядку; x - выбор минимального элемента; + - выбор минимального элемента с вычитанием значения этого элемента из всего массива; # - преобразование массивов с учетом хвостовых элементов; Δ - выбор элемента близкого по значению к среднему арифметическому элементов массива; □ - выбор равных элементов на одном шаге преобразования.

Рис. 1. Зависимость коэффициента сходимости от выбора Q и F и от учета хвостовых элементов при N=10

В работе исследуются свойства масок и способы их представления, влияющие на характеристики ПИОН. Показывается, что маски необходимы для процесса обратного преобразования, и содержат информацию о том, на какой позиции (позициях) в массиве должен находиться выбранный элемент. Количество масок при преобразовании каждого массива рассчитывается по формуле (8).

Маски каждого массива обладают тремя свойствами:

1) Маска на любом шаге преобразования массива имеет не менее одной "единицы":

$$F_j^v(t_i) \neq 0. \quad (8)$$

2) "Единица" в каждом разряде маски по всем маскам в процессе обработки массива встречается только один раз:

$$F_j^i(t_i) \wedge F_j^i(t_k) = 0, \quad (10)$$

где $i \neq k$; $i = \{2l, 2l+2, \dots, 2-2, 2\}$; $k = \{2l, 2l+2, \dots, 2-2, 2\}$;
 $2l$ - начальный шаг обработки массива при котором формируется маска, 2 - конечный шаг обработки массива.

3) Дизъюнкция всех масок массива, если массив не содержит нулевых элементов, равна коду с "единицами" во всех разрядах:

$$F_j^i(t_{2l}) \vee F_j^i(t_{2l+2}) \vee \dots \vee F_j^i(t_{2-2}) \vee F_j^i(t_2) = 2^N - 1, \quad (11)$$

где N - разрядность маски.

Благодаря свойствам масок возможно осуществление глубокого контроля ошибок при их хранении и передаче.

Исследовано четыре способа представления масок, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки при представлении информации.

В четвертой главе изложены вопросы, связанные с проблемой создания эффективных структур параллельной памяти. Исследованы архитектурные и структурные особенности организации параллельно-иерархической памяти. Исследованы методы адресации ПИП и проведен сравнительный анализ эффективности структур параллельной памяти. Даны практические рекомендации применения ПИП для различных задач.

Основу структурной организации ПИП составляют три основные части: запоминающая среда (ОЗУ масок, ОЗУ хвостовых элементов), сеть параллельно-иерархического преобразования информации и адресный блок (рис. 2).

Запоминающая среда построена из двух блоков. Каждый из блоков представляет собой ОЗУ с последовательной структурой доступа к данным. Разрядность слова ОЗУ масок равна ширине доступа к памяти, а разрядность слова ОЗУ хвостовых элементов соответствует разрядности двоичного слова информации.

Сеть ПИОИ г-эдназначена для кодирования информации при записи в память и декодирования - при чтении из памяти.

Адресный блок реализует функцию формирования внутренних адресов для блоков запоминающей среды в зависимости от внешнего адреса и состояния сети ПИОИ.

В работе разработана структура адресного блока параллельно-иерархической памяти.

В пятой главе рассмотрен вопрос конкретного применения метода ПИОИ для анализа изображения на основе его спектра пространствен-

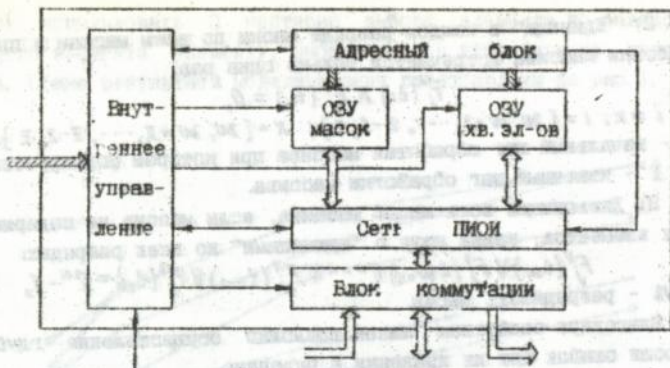


Рис. 2. Параллельно-иерархическая память с использованием сети ПИОМ

ной связности и обобщенного пространственно-связанного преобразования.

Сущность разложения изображения в обобщенный W -спектр связности заключается в разложении его по установленному правилу на области, подсчете суммы величин отсчетов изображения по восьми направлениям связности (частичной w -суммы связности) в пределах каждой области и отнесение каждой из частичных W -сумм к координатам геометрического центра соответствующей области. Спектр связности W изображения (фрагмента) размерностью $m_x \cdot m_y$ определяется как

$$W_{E_{x,y}} = \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^{m_x m_y} \alpha_{ij}^v,$$

где α_{ij}^v - единичный элемент изображения (фрагмента) с координатами i, j и связностью v .

Главное отличие предложенного подхода сравнения изображений по W -спектрам связности от подобных методов сравнения изображений, в частности по их Q -спектрам, исследованного Ю. Ф. Кутаевым, состоит в том, что здесь сравниваются изображения не только по площади единичных или многоградационных (в случае полутонных изображений) отсчетов, а учитывается при их сравнении взаимное расположение в пространственно-временной области близлежащих отсчетов, что приводит к решению проблемы инвариантности сравниваемых изображений к аффинным преобразованиям.

Исследуемые в работе методы сравнения изображений позволяют

не только осуществлять преобразование изображений в двухградационные, удобные для обработки методами "картинной" логики с возможностью применения оптоэлектронных средств, но и вычислять корреляционные функции с повышенной точностью, быстродействием, помехоустойчивостью и инвариантностью к аффинным преобразованиям, в частности к повороту изображения.

Рассмотренный в работе метод сетевого пространственно-связанного препарирования изображений базируется на методе обобщенного контурного препарирования и основан на выделении сравниваемых образов с помощью специально формируемой масочной функции с последующим ОПСП образов, формировании совокупности функций положительных, отрицательных и нулевых ОПСП, их сетевом преобразовании с формированием обобщенных сетевых контурных препаратов и полярным ранговым их сравнением.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д.т.н. профессору Кожемяко В.П. и к.т.н. Тимченко Л.И. за помощь оказанную при работе над диссертацией.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен классификационный анализ проблемно-ориентированных методов преобразования информации.
2. Сформулированы требования, предъявляемые к вычислительным структурам, алгоритмы работы которых основаны на методе параллельно-иерархического преобразования.
3. Введены основные понятия и определения для исследования теоретико-числовых свойств параллельно-иерархического преобразования.
4. Предложены новые структуры вычислительной среды на основе параллельно-иерархического преобразования.
5. Исследован метод параллельно-иерархического преобразования и его математические и вероятностные модели.
6. Разработаны алгоритмы, реализующие обработку на основе параллельно-иерархического преобразования.
7. Проведен анализ способов организации ветвей сетевой структуры параллельно-иерархического преобразования.
8. Разработаны новые структуры параллельно-иерархической памяти и исследованы ее архитектурные, структурные и алгоритмические основы построения.

9. Исследованы методология представления изображения обобщенным χ^2 -спектром связности и на ее основе алгоритмы сравнения изображений.

10. Исследован сетевой метод корреляционного сравнения изображений в условиях неопределенной помехо-сигнальной обстановки.

11. Проведенное математическое моделирование теоретических положений, физическое моделирование схемных решений вычислительных структур на основе параллельно-иерархического преобразования подтвердили их правильность и обоснованность, соответствие выводам, заключениям и рекомендациям диссертационной работы.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Кожемяко В. П., Тимченко Л. И., Фурдиян Е. Е., Ивасик Ю. Д., Ивасик И. Д. Сетевой метод параллельно-иерархической обработки информации // Однородные вычислительные среды и систолические структуры - Львов, 1992. - №1. - с. 35-37.

2. Кожемяко В. П., Тимченко Л. И., Ивасик Ю. Д. и др. Сетевой метод параллельно-иерархического преобразования изображений на основе обобщенного пространственно-связанного преобразования // Распознавание образов и анализ изображений: Новые информационные технологии: Тез. докл. - Минск, 1991. - с. 94-97.

3. Тимченко Л. И., Ивасик Ю. Д., Шевченко А. Е., Буриштейн Ю. П. Особенности схемотехники гистограммно-позиционных индикаторных дисплеев // Оптоэлектронные методы и средства обработки информации: Тез. докл. - Винница, 1988. - с. 70-71.

4. Тимченко Л. И., Ивасик Ю. Д., Ивасик И. Д., Белая С. Н., Пущкарь С. П. Метод параллельного логико-временного кодирования - декодирования массива цифровой информации // II Всесоюзная конференция "Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического и машинного моделирования": Тез. докл. - Тамбов, 1991. - с. 124-127.

ЗДПІ. Підписано до друку 11.10.93 р. Зам. №16. Т. 100.