

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Хом'юк Віктор Вікторович

УДК 681.3

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ
ВЕКТОРНИХ МАСИВІВ ДАНИХ**

Спеціальність 05.13.13 – Обчислювальні машини, системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2003

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому державному технічному університеті,
Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
Мартинюк Тетяна Борисівна,
Вінницький державний технічний університет,
доцент кафедри лазерної та оптоелектронної техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дубовой Володимир Михайлович,
Вінницький державний технічний університет
завідувач кафедри комп'ютерних систем управління

доктор технічних наук, професор
Воробель Роман Антонович,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Глушкова НАН України
завідувач відділом “Обчислювальних методів і систем
інформації”

Провідна установа – Державний науково-дослідний інститут інформаційної
інфраструктури, Міністерство освіти і науки України,
м. Львів, відділ інформаційних технологій і систем

Захист відбудеться “__” _____ 2003 р. о __ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 05.052.01 у Вінницькому державному технічному
університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Вінницького державного
технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95

Автореферат розісланий “__” _____ 2003 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Захарченко С. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з основних проблем сучасної обчислювальної техніки є формулювання основних принципів побудови високопродуктивних засобів обробки інформації. Особливо гостро ця проблема стоїть при створенні ефективних систем для розв'язання задач обробки та аналізу зображень, розпізнавання образів, реалізація яких традиційними засобами обчислювальної техніки, зокрема, ЕОМ загального призначення, має суттєві труднощі.

На сьогоднішній день ні одне із обчислювальних засобів, що використовується або розроблюється, не розглядається без застосування нових резервів розпаралелювання робіт. Особливий ефект методи розпаралелювання алгоритмів дають в процесі обробки зображень, оскільки останні представляють собою двовимірний масив даних, для якого природною є паралельна обробка його елементів. Крім того, проблема досягнення високої ефективності обробки сигналів і зображень не викликає сумніву, оскільки потреба у швидких і високопродуктивних засобах обробки інформації не зменшується, а зростає у зв'язку з розповсюдженням комп'ютерних технологій.

В основі досліджень лежить вдосконалення відомого способу паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів, який був розроблений проф. Кожем'яко В.П. Дослідження і використання даного способу залишаються актуальними і на сьогоднішній день, оскільки він може бути використаний не тільки для обробки аналогових сигналів, які представлено у вигляді тривалостей часових інтервалів, але й для обробки інформації в цифровому вигляді. Крім того, багаточисельні проведені дослідження показали, що даний спосіб має ряд властивостей, які дозволяють використовувати його при моделюванні нейроподібних структур. В даному контексті є актуальною проблема збільшення паралелізму обробки інформації, зокрема, при реалізації такої інтегральної операції як оператор групового підсумовування. В зв'язку з цим, у даній роботі детально досліджуються способи паралельної обробки масивів числової інформації, а саме, процесу підсумовування елементів векторних масивів з орієнтацією на нейроструктури та нейрообчислення, оскільки великий попит на останні пов'язаний не тільки з природним інтересом до можливостей мозку та вищої нервової системи людини, але й з необхідністю вдосконалення як організації, так і роботи штучних інтелектуальних систем. Вибір для дослідження операції підсумовування масиву чисел також обумовлений тим, що вона є постійною складовою більшості алгоритмів обробки та аналізу сигналів і зображень, в яких визначається саме як оператор групового підсумовування.

Зв'язок роботи з науковими планами. Робота виконувалася згідно з планом наукових досліджень Вінницького державного технічного університету та Міністерства освіти і науки України за держбюджетними темами:

50 - Д - 180 “Створення оптоелектронних технологій аналізу стану серцево - судинної системи” (№ держ. реєстрації 0197U012663);

57 - Д - 249 (№ держ. реєстрації 0102U002261) “Образний відео-комп’ютер око-поцесорного типу”.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є вдосконалення та розширення функціональних можливостей методів векторного оброблення великих масивів даних при паралельній обробці та аналізу зображень з орієнтацією на нейроструктури та нейрообчислення.

Об’єкт дослідження - процеси підсумовування та сортування елементів векторних масивів даних.

Предмет дослідження - методи та моделі, які застосовуються в процесі паралельної обробки числової інформації.

Для досягнення поставленої мети досліджень необхідно розв’язати такі задачі:

1. Проаналізувати і теоретично оцінити методи реалізації процесу групового підсумовування елементів векторного масиву даних.
2. Дослідити особливості паралельної обробки числової інформації методом різницевих зрізів для задач сегментації зображень та побудувати математичні моделі обробки векторних масивів даних.
3. Довести часові залежності паралельної обробки від потужності векторних масивів даних та розподілу елементів у масивах.
4. Розробити математичну модель процесу паралельного сортування елементів векторного масиву даних методом попарного обміну.
5. Провести імітаційне моделювання процесу паралельного підсумовування елементів векторного масиву даних.
6. Провести імітаційне моделювання процесу паралельного сортування масиву чисел при обробці великорозмірних масивів числових даних методом попарного обміну.
7. Проаналізувати результати моделювання та довести ефективність паралельних процесів обробки великорозмірних масивів числових даних запропонованими способами.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна отриманих у роботі результатів, які виносяться на захист:

1. Вдосконалено метод паралельного додавання елементів векторних масивів даних за рахунок представлення початкового масиву даних у вигляді конкатенації двох векторів, які містять відповідно додатні та від’ємні початкові елементи, що дозволяє застосувати даний метод для моделювання роботи формального нейрона з латеральним гальмуванням, що базується на

алгебраїчному мультипідсумовуванні елементів векторного масиву даних, без збільшення часу обробки.

2. Запропоновано та досліджено математичну модель методу порогового мультипідсумовування елементів векторного масиву даних, використання якого дозволяє зменшити час оброблення за рахунок суміщення операцій формування часткових сум і порівняння їх із зовнішнім пороговим значенням. Результатом досліджень є математична модель формального нейрона, який реалізує накопичення інформації з одночасним порівнянням із порогом замість виконання послідовного підсумовування вхідних даних і порівняння кінцевої суми із порогом.
3. Доведено та досліджено аналітичні вирази часових залежностей процесу алгебраїчного підсумовування числових величин від структури вхідного масиву даних. Підтверджено збільшення швидкодії (більш ніж в 2 рази) в процесі комп'ютерного моделювання операції алгебраїчного мультипідсумовування елементів векторних масивів даних, які містять групи однакових елементів, що відповідає реальному розподіленню вхідних даних у прикладних задачах сегментації зображень.
4. Запропоновано та досліджено математичну модель способу “замикання” елементів векторного масиву даних у кільце в процесі сортування елементів останнього, що дозволяє скоротити час виконання даного процесу, як мінімум, на один контрольний перегляд.

Новизна викладених в роботі результатів підтверджується виданими статтями у фахових журналах.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає в тому, що запропоновано нові рішення реалізації групового підсумовування.

Для практичної мети характерним є те, що запропоновані в роботі рішення даної проблеми є актуальними та орієнтовані на модифікацію найбільш ефективних сучасних програмно-апаратних засобів.

Практичні дослідження, викладені у дисертаційній роботі, дозволили:

1. Розробити математичну модель алгебраїчного мультипідсумовування, яка може використовуватись як базова операція для обробки великорозмірних масивів даних, зокрема, в спецпроцесорі для сегментації зображень. Запропонований підхід збільшує швидкодію оброблення векторних масивів даних, зокрема, при наявності у масиві груп з однаковими елементами.
2. Розробити математичну модель порогового алгебраїчного мультипідсумовування, яка призначена для обробки великорозмірних масивів даних при моделюванні нейроподібних мереж для аналізу зображень та класифікації образів. Дана модель дозволяє у нейромережі зменшити час

спрацьовування нейронів першого (вхідного) шару, оскільки обробка додатних та від'ємних елементів початкового векторного масиву даних відбувається паралельно.

3. В результаті імітаційного моделювання підтвердити, що збільшення розмірності вхідного масиву при відносно невеликих значеннях середньоквадратичного відхилення в результаті чого відбувається збільшення елементів, які групуються навколо певного центрального елемента, може привести до збільшення (більш ніж у 2 рази) швидкодії процесу мультипідсумовування.
4. Вдосконалити метод сортування за рахунок “замикання” елементів векторного масиву даних у кільце, який призначений для сортування у спецпроцесорі при пошуку даних в голографічному запам'ятовувальному пристрої, який реалізує швидкий апаратний метод сортування.

Основний зміст роботи складають результати досліджень на кафедрі лазерної та оптоелектронної техніки за період з 1997 року по даний час. За безпосередньою участю автора розроблені і впровадженні окремі результати дисертаційної роботи у відкритому акціонерному товаристві “Інфракон” (м. Вінниця).

Також теоретичні результати дисертаційної роботи та програмне забезпечення впроваджено в учбовий процес по викладанню дисципліни “Оптоелектронні інтелектуальні системи” та “Нові інформаційні технології обробки, аналізу та розпізнавання зображень” на кафедрі лазерної та оптоелектронної техніки Вінницького державного технічного університету. Впровадження підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. В публікаціях, які написані у співавторстві здобувачеві належить: вибір алгоритму Винограда для доведення можливості розпаралелювання алгоритму [1]; перевірка слушності доведення теорем [2,3]; постановка задачі, введення основних означень та розробка алгоритмічної моделі лінійної згортки елементів векторів [4,5]; розробка методики моделювання паралельного сортування випадково розподілених величин [6]; огляд методів сортування [7]; розрахунок кількісних характеристик процесу нетрадиційного кодування даних при асоціативній обробці [8]; обґрунтування доцільності розпаралелювання процесу обробки інформації [9,10]; порівняльний аналіз алгоритмів багатооперандного додавання числових даних [11]; доведення аналітичних залежностей часових параметрів при багатооперандній обробці інформації [12,13]; огляд сучасного стану розробок по нейромережам [14,15]; огляд відомих методів розкладу довільних матриць на множники в процесі попередньої обробки інформації [16]; дослідження процесу перетворення даних із використанням методу різницевих зрізів [17,18]; аналіз векторних перетворень у сортувальній нейроподібній мережі [19]; аналіз функції обчислювальної енергії

нейроподібної мережі [20]; дослідження процесу прискорення мультипідсумовування методом різницевого зрізів [21]; огляд методів попередньої обробки інформації в процесі розпізнавання образів [22].

Апробація результатів роботи. Основні наукові і практичні результати роботи доповідались і обговорювались на: щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВДТУ (1997-2003 рр.); міжнародному симпозиуму “Наука і підприємство” (м. Мукачеве, 2001 р.); International Conference on Optoelectronic Information Technologies “Optoelectronic Information-Energy Technologies” (м. Вінниця, 2001р.); Second International Scientific Conference on Optoelectronic Information Technologies “PHOTONICS-ODS 2002” (м. Вінниця, 2002р.); VIII науково-технічній конференції “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах” (м. Хмельницький, 2001 р.); Міжнародній науково-технічній конференції “Приборостроение - 2001” (м. Черкаси, 2001 р.); IX-й Міжнародній науковій конференції ім. М. Кравчука (м. Київ, 2002 р.); Міжнародній технічній конференції “Современные методы кодирования в электронных системах”, СМКЭС – 2002 (Суми, 2002 р.); третій міжнародній конференції ІОН – 2002 (м. Вінниця, 2002 р.); IX-й всеукраїнській науковій конференції “Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики” (м. Львів, 2002); шостій міжнародній конференції “УкрОБРАЗ’2002” (м. Київ, 2002 р.)

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 23 друковані праці. З них 11 (7 статей у журналах та 4 у збірниках праць МНТК), що входять до переліку ВАК, 11 у матеріалах та тезах конференцій, 1 патент України на винахід.

Обсяг та структура дисертації. Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, основні висновки, список використаних джерел, 5 додатків. Загальний об’єм дисертації викладено на 187 сторінках печатного тексту, з яких основний зміст складає 135 сторінок печатного тексту, 31 рисунок, 18 таблиць. Список використаних джерел складається із 153 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** викладено актуальність проблеми досліджень, вказаний зв’язок роботи з науковими програмами, планами і темами наукового напрямку “Образний відео-комп’ютер око-процесорного типу”. Вказані мета і задачі досліджень. Приведена характеристика наукової новизни отриманих результатів, а також їх впровадження і апробації.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан питання застосування багатомісної обробки інформації в обчислювальних структурах, яка є основою скорочення проміжних результатів а, отже, спрощення і скорочення потокообміну в структурі. Обґрунтовано доцільність використання багатомісного

операційного елемента при обробці числової інформації, відміна якого від інших, призначених також для обробки більше двох операндів, полягає в тому, що за операційний цикл можна отримати цілком весь результат багатомісної команди, а не просто проміжні результати. У результаті досліджень концепції багатоеlementної обробки встановлено, що при її впровадженні можна розробляти обчислювальні засоби більшої продуктивності.

Також обґрунтовано, що вибір оператора групового підсумовування масиву чисел для дослідження обумовлений тим, що він є постійною складовою більшості алгоритмів обробки сигналів і зображень, зокрема задач класифікації та сегментації зображень. А отже, дослідження можливості розпаралелювання операції групового підсумовування масиву чисел залишається актуальним і на сьогоднішній день.

Показано, що оптимальність структури (або розв'язання проблеми узгодженості алгоритмічних структур даних з архітектурними структурами процесорів) складає основу для розробки програмного забезпечення, проектування і моделювання множини алгоритмів так, щоб вони могли бути виконані з високою ефективністю. Обґрунтовано, що для практичного розв'язання проблеми створення алгоритмічних моделей з паралельною обробкою інформації необхідний комплексний підхід, який повинен враховувати різні аспекти їх представлення, синтезу і реалізації. Цей підхід повинен створювати основу для проектування швидкодіючих технічних засобів обробки сигналів та зображень, орієнтованих на обробку великорозмірних масивів даних.

Проведено аналіз методів сортування числової інформації, внаслідок чого з'ясовано, що серед відомих методів сортування, які використовують послідовні порівняння, що не перетинаються і, таким чином дозволяють їх паралельне виконання, найбільш ефективним є метод попарного обміну. Для реалізації процесу сортування пропонується використання нейроподібних мереж, зокрема, модернізованої двонапрямленої асоціативної пам'яті, а отже, актуальною є розробка та вдосконалення методів сортування для таких мереж.

Показано, що серед методів оцінювання ефективності алгоритмів розпаралелювання послідовних задач перевагу слід віддавати методам, які враховують взаємозв'язок між паралелізмом задачі та запропонованої для реалізації цієї задачі структури. Проаналізовано, що на етапі відображення початкового алгоритму на структуру паралельного обчислювача головна задача полягає в тому, щоб визначити параметри паралелізму задачі та обрати оптимальні параметри паралелізму структури.

У **другому розділі** розглянуті математичні моделі та доведено ряд тверджень паралельних перетворень векторних масивів даних при реалізації процесу мультипідсумовування. При цьому *мультипідсумовуванням* назовемо процес

багатооперандного (багатомісного) додавання-віднімання необмеженої кількості елементів деякої числової множини, зокрема, векторного масиву.

Сформовані і доведені основні положення прямих і зворотних перетворень векторних масивів даних. В основу досліджень покладено процес обробки інформації на прикладі реалізації оператора групового підсумовування виду (1)

$$S = \sum_{i=1}^n a_i, \quad (1)$$

який можна представити у вигляді рекурентної задачі першого порядку із скалярним результатом, тобто

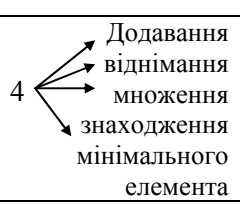
$$S_k = a_k + S_{k-1}, \quad (2)$$

де $1 \leq k \leq n$; $S_0 = 0$; S_n - кінцевий результат. Основні характеристики алгоритмів групового підсумовування подані у табл. 1

Як видно з даної таблиці алгоритм підсумовування із застосуванням методу різницьових зрізів має лінійну збіжність, що і доведено в даній роботі. Це гірше за алгоритми логарифмічного подвоєння та рекурсивного подвоєння, але останні мають фіксований час підсумовування, тоді як кількість кроків виконання алгоритму підсумовування з використанням різницьових зрізів може бути суттєво зменшена.

Таблиця 1

Основні характеристики алгоритмів групового підсумовування

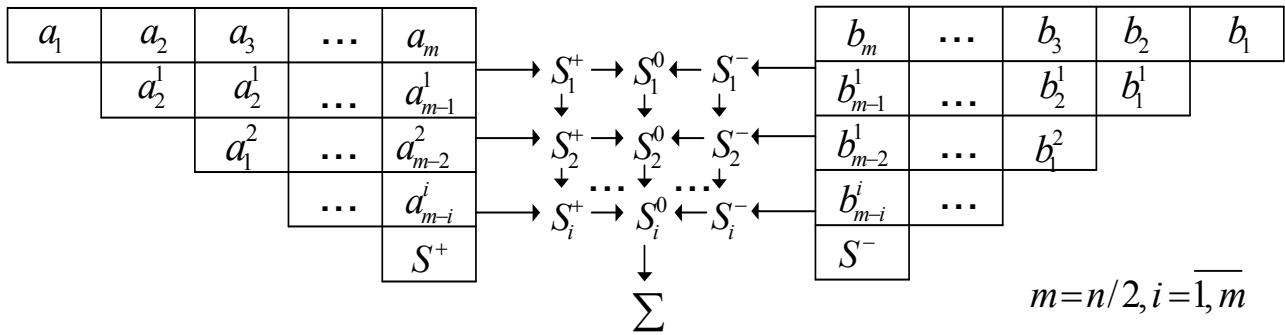
Параметри	Алгоритми реалізації оператора групового підсумовування			
	Послідовний алгоритм	Деревоподібний алгоритм	Алгоритм рекурсивного подвоєння	Алгоритм з використанням різницьового зрізу
Кількість кроків, t	$n - 1$	$\log_2 n$	$\log_2 n$	n
Кількість процесорів, p	1	$n/2 \leq p \leq n-1$	$n/2 \leq p \leq n-1$	n
Загальна кількість операцій алгоритму, ω	$L(n-1)$	$L(n-1)$	$L(n-1)$	Ln^2
Час виконання алгоритму, T_p^n	$\tau(n-1)$	$\tau \log_2 n$	$\tau \log_2 n$	τ_n
Кількість та тип операцій, L	1(додавання)	1(додавання)	1(додавання)	4 
τ - час виконання одного кроку алгоритму				

Зокрема, доведено наступне твердження.

Твердження 1. Нехай серед елементів векторного масиву $\mathbf{A} \in R$ груп з кількістю m_r чисел, що повторюються, причому m_r і R – випадкові величини. Тоді загальна кількість кроків алгоритму мультипідсумовування визначається за формулою

$$N = n - \sum_{r=1}^R (m_r - 1). \quad (3)$$

Також розглянуті особливості реалізації паралельних перетворень векторних масивів даних. Зокрема, показано, що в результаті представлення початкового векторного масиву даних конкатенацією двох масивів Ω^+ і Ω^- , один з яких містить додатні елементи, інший – від’ємні, процес мультипідсумовування елементів початкового масиву можна представити в такий спосіб:



де S_i^0 - поточні часткові різниці додатного та від’ємного масивів даних.

Серед областей перспективного застосування такого підходу слід відзначити як обробку і аналіз сигналів та зображень, так і розпізнавання образів, особливо в разі застосування методів порогової обробки з використанням методу різницевого зрізів, з орієнтацією на нейронні та нейроподібні мережі.

Наявність серед елементів векторного масиву $\mathbf{A}$ m однакових дає можливість дослідити процес прискорення алгоритму різницевого зрізів, зокрема, у виді:

$$S = \frac{n}{n - m + 1} \Rightarrow \begin{cases} \lim_{m \rightarrow n} S = \frac{n}{n - n + 1} = n, \\ \lim_{m \rightarrow 1} S = \frac{n}{n - 1 + 1} = 1. \end{cases} \quad (4)$$

Це означає, що збільшення однакових елементів у векторному масиві призводить до зростання ефективності застосування методу різницевого зрізів для процесу мультипідсумовування.

$$E = \frac{S}{n} = \begin{cases} \frac{1}{n} \lim_{m \rightarrow 1} S = \frac{1}{n} \lim_{m \rightarrow 1} \frac{n}{n-m+1} \rightarrow \frac{1}{n}, \\ \frac{1}{n} \lim_{m \rightarrow n} S = \frac{1}{n} \lim_{m \rightarrow n} \frac{n}{n-m+1} \rightarrow \frac{n}{n} = 1. \end{cases} \quad (5)$$

Таким чином, доведена доцільність використання методу різницевого зрізів для обробки векторних масивів даних, який, крім отримання суми елементів даних масивів, дозволяє в процесі мультипідсумовування отримувати проміжні (поточні) групи даних, які можуть використовуватись для прискорення процесу мультипідсумовування (розгляд даного аспекту представлено у наступних главах дисертаційного дослідження). Крім того, доведено, що в результаті такого підходу можливе також виконання операції віднімання елементів векторних масивів даних, що в подальшому дозволить, наприклад, реалізувати задачі асоціативного пошуку інформації, до яких відносяться задача визначення екстремальних (максимального і мінімального) чисел, задачі класифікації і сегментації зображень та впорядкована вибірка (сортування) елементів деякого векторного масиву даних.

У **третьому розділі** представлено математичну модель методу паралельного алгебраїчного мультипідсумовування елементів векторного масиву даних, а саме:

$$\tilde{S} = S^+ - S^- = \sum_{i=1}^{m_1} (+a_i) - \sum_{i=1}^{m_2} (-a_i). \quad (6)$$

Оскільки даний метод є результатом вдосконалення відомого методу, то по аналогії з ним математичну модель запропонованого методу паралельного алгебраїчного мультипідсумовування довільних величин можна представити також і наступним виразом:

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^{m_1} [m_1 - (n_j - 1)] \min \{a_i - a_{n_{j-1}}\}_{j-n_j}^{m_1} - \sum_{j=1}^{m_2} [m_2 - (n_j - 1)] \min \{a_i - a_{n_{j-1}}\}_{j-n_j}^{m_2}, \quad (7)$$

де $a_i, (i = \overline{1, n})$ — дані числа, впорядковані за величиною, $a_i \leq a_{i+1} (i = \overline{1, n-1})$; m_1, m_2 - відповідно кількість додатних та від'ємних елементів, n_j — номер, з якого починаються елементи в j -тій групі ($j = \overline{1, m_1}; j = \overline{1, m_2}$).

В алгоритмі мультипідсумовування елементів векторного масиву даних методом різницевого зрізів величина, яка визначає час виконання алгоритму, є випадковою і суттєво залежить від розподілу чисел (елементів масиву) у вхідному масиві (рис. 1). Аналіз характеру розподілу елементів векторних масивів даних говорить про те, що можливе більш, ніж двократне збільшення швидкодії при виконанні процесу мультипідсумовування великих масивів чисел методом різницевого зрізів.

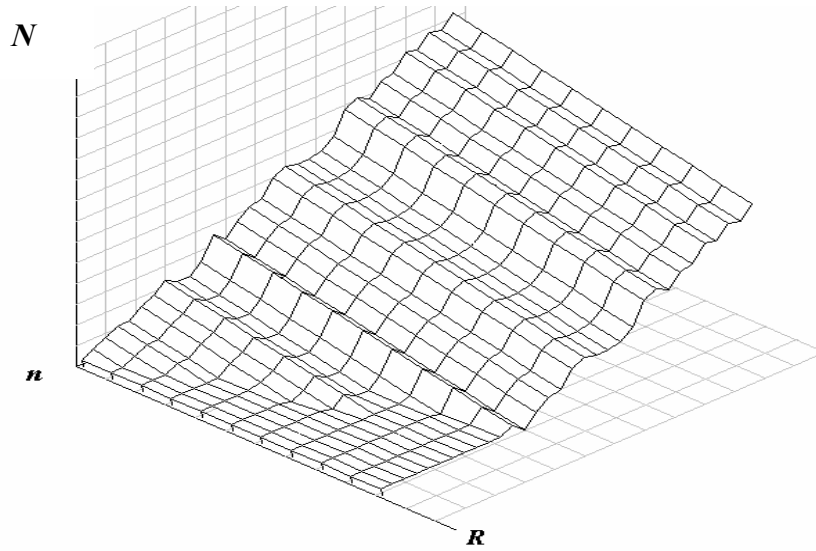


Рис. 1 Залежність кількості циклів N_{cp} від характеру розподілу елементів вхідного векторного масиву A_0

В процесі оброблення векторного масиву даних, зокрема, в процесі мультипідсумовування його елементів проводиться одночасно порівняння поточних часткових сум, результатом якого являються поточні часткові різниці. Крім цього, в процесі оброблення можна проводити порівняння з деяким заданим числом, який задається в якості порогового елемента. В результаті досліджень запропоновано математичну модель методу паралельного порогового алгебраїчного мультипідсумовування елементів векторного масиву даних:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{якщо } S = \sum_{i=1}^N (\pm a_i) \geq p, \\ 0, & \text{якщо } S = \sum_{i=1}^N (\pm a_i) < p, \end{cases} \quad (8)$$

де y - підсумковий результат процесу мультипідсумовування, p - поріг; $\pm a_i$ - відповідно додатні та від'ємні елементи векторного масиву даних. В процесі оброблення формується поточний поріг Λ_i виду:

$$\Lambda_i = \Lambda_{i-1} - |S_i|, \quad \Lambda_0 = p, \quad i = \overline{1, N} \quad (9)$$

де S_i - поточна часткова різниця, причому

$$|S_i| = \begin{cases} S_i, & \text{якщо } S_i^+ - S_i^- \geq 0, \\ -S_i, & \text{якщо } S_i^+ - S_i^- < 0, \end{cases} \quad (10)$$

де S_i^+, S_i^- - поточні часткові суми відповідно додатних та від'ємних елементів векторного масиву даних. Схематично даний процес представлено на рис. 2

$$p_i = p_{i-1} - S_i^0, p_0 = p$$

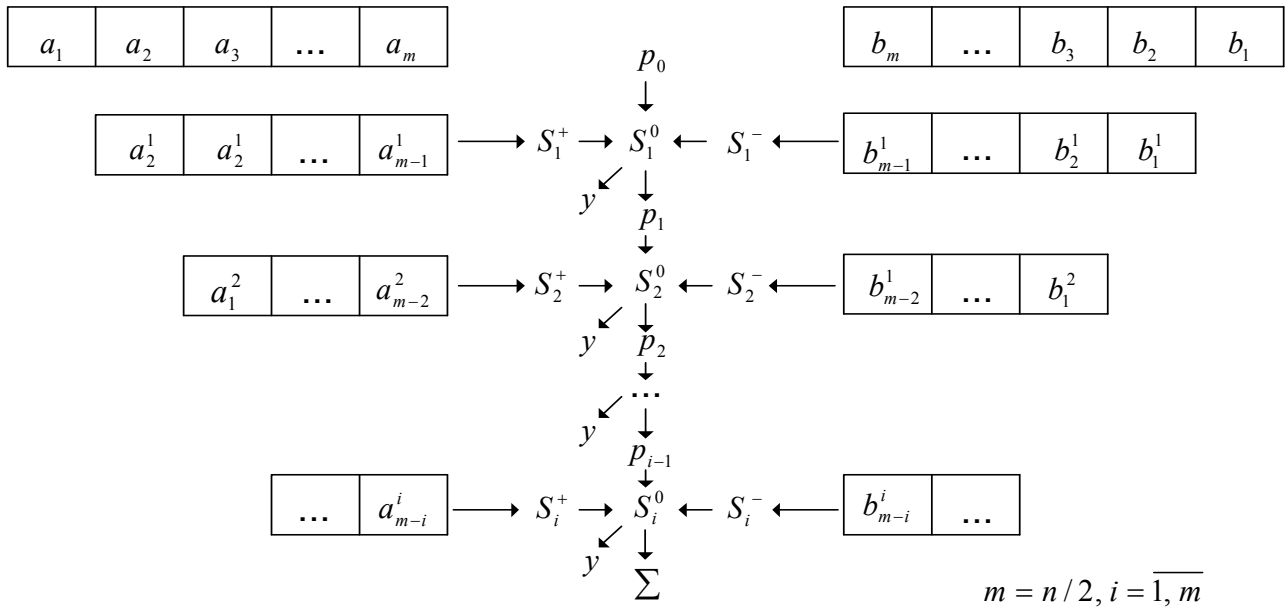


Рис. 2 Процес паралельного порогового алгебраїчного мультипідсумовування елементів деякої векторної множини

Таким чином, введення відповідного порогу в процесі мультипідсумовування елементів векторного масиву даних дозволяє зменшити тривалість цього процесу і, як наслідок, прискорити процес обробки числової інформації. Результатом досліджень при конструюванні порогового елемента є вдосконалена модель формального нейрона (рис. 3, де f є пороговою функцією), який реалізує накопичення інформації з одночасним порівнянням із порогом замість виконання послідовного підсумовування вхідних даних і порівняння результату із порогом.

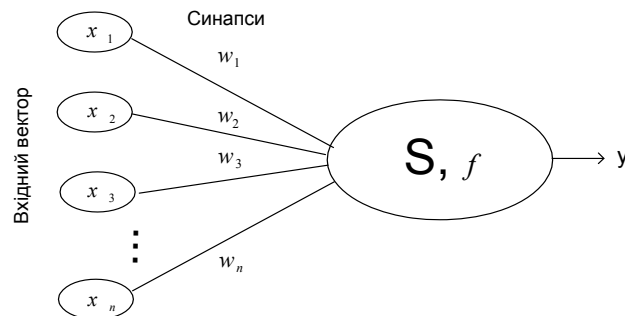


Рис. 3 Вдосконалена модель формального нейрона

Показано, що в якості порогового значення p (або Λ_i) можна обрати середню суму елементів векторного масиву даних $\mathbf{A}$, зокрема, доведено наступне твердження.

Твердження 2. Середня сума $\bar{S}$ елементів a_i векторного масиву даних дорівнює різниці між сумою $S_{\min}$ всіх мінімальних елементів q_j проміжних масивів A_j та величиною ΔS , тобто

$$\bar{S} = S_{\min} - \Delta S, \quad (11)$$

де $S_{\min} = \sum_{j=1}^m q_j$, $\Delta S = \frac{1}{m} \sum_{j=2}^m q_j(j-1)$, $q_j = \min A_{j-1} = \min \{a_{i,j-1}\}_{i=1}^n$. Дане твердження має такі наслідки

Наслідок 1. Для великорозмірних векторних масивів даних величину ΔS можна представити таким чином:

$$\Delta S = \sum_{k=0}^{m-2} q_{m-k}. \quad (12)$$

Наслідок 2. Величина $S_{\min}$ є верхньою межею при формуванні середньої суми векторного масиву даних, тобто

$$S_{\min} = \sum_{j=1}^m q_j = \sup_{MP3} \bar{S}. \quad (13)$$

Останнє свідчить про залежність “точної середньої суми” від структури ΔS , а саме від кількості мінімальних елементів проміжних масивів, які можна віднімати від $S_{\min}$. Комп’ютерне моделювання даного процесу показало можливість відкидання принаймні 25% мінімальних елементів, починаючи з мінімального елемента останнього проміжного масиву даних.

Досліджено процес сортування довільної векторної множини даних та показано можливість зменшення кроків даного процесу, зокрема, даний підхід дозволяє позбутись, як мінімум, одного контрольного перегляду, а у тому випадку, коли початковий векторний масив даних представлено у вигляді цілком відсортованої послідовності, значно скоротити час сортування, що підтверджується результатами імітаційного моделювання.

Досліджена нейроподібна мережа для процесу сортування елементів векторного масиву даних методом попарного обміну, яка є різновидом двонапрямленої асоціативної пам’яті і в результаті організації обчислювальної частини даної S – мережі у вигляді просторово-розподіленої пам’яті забезпечує можливість формування поточних матриць ваги самою мережею, що підтверджує адаптивність даної мережі.

У **четвертому розділі** проведено імітаційне моделювання досліджуваних процесів.

В результаті комп’ютерного моделювання було підтверджено, що використання процесу “замикання” початкового векторного масиву даних у кільце, дозволяє прискорити процес сортування елементів даного масиву (рис. 4).

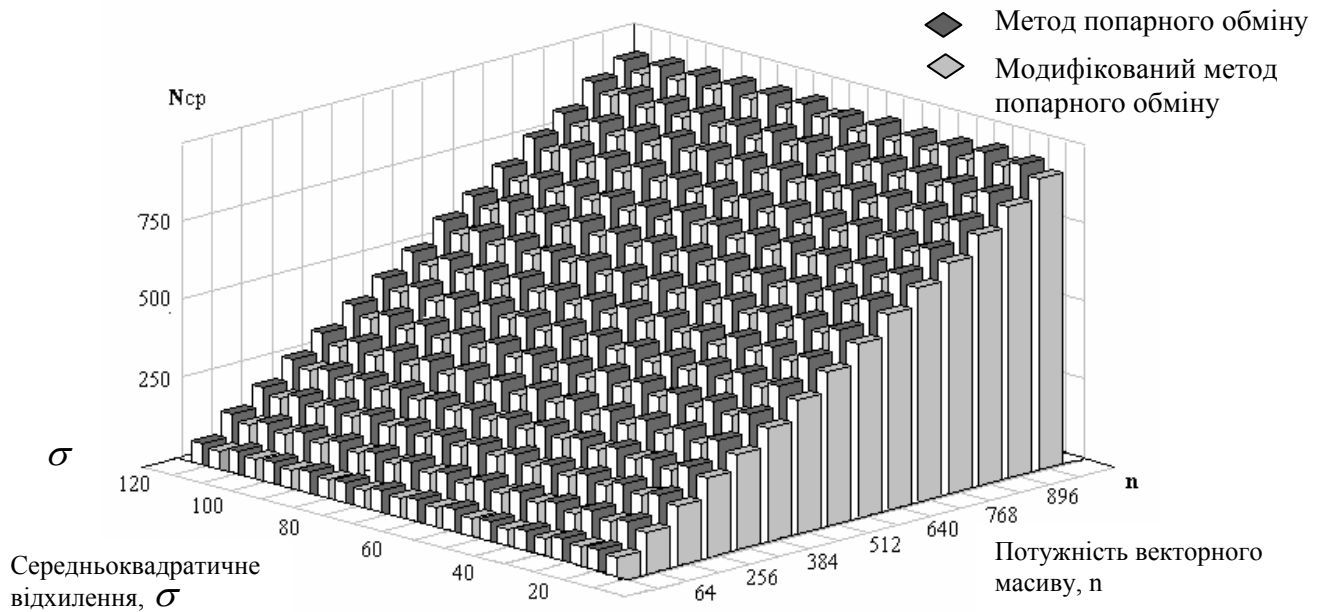


Рис. 4 Часові витрати в процесі сортування елементів векторного масиву даних розподілених за нормальним законом розподілу (метод попарного обміну та метод “замикання” векторного масиву даних у кільце).

Аналіз результатів моделювання паралельного мультипідсумовування елементів векторного масиву даних показує збільшення швидкодії процесу мультипідсумовування початкових елементів (рис. 5) за умови, що у вхідному масиві даних присутні групи однакових елементів. Таким чином, перспективними областями застосування багатомісного додавання елементів векторного масиву даних на основі методу різницевого зрізів є ті, де обробляються великі масиви даних із групами однакових елементів, що часто зустрічаються, наприклад, при обробці і аналізі зображень у реальному часі.

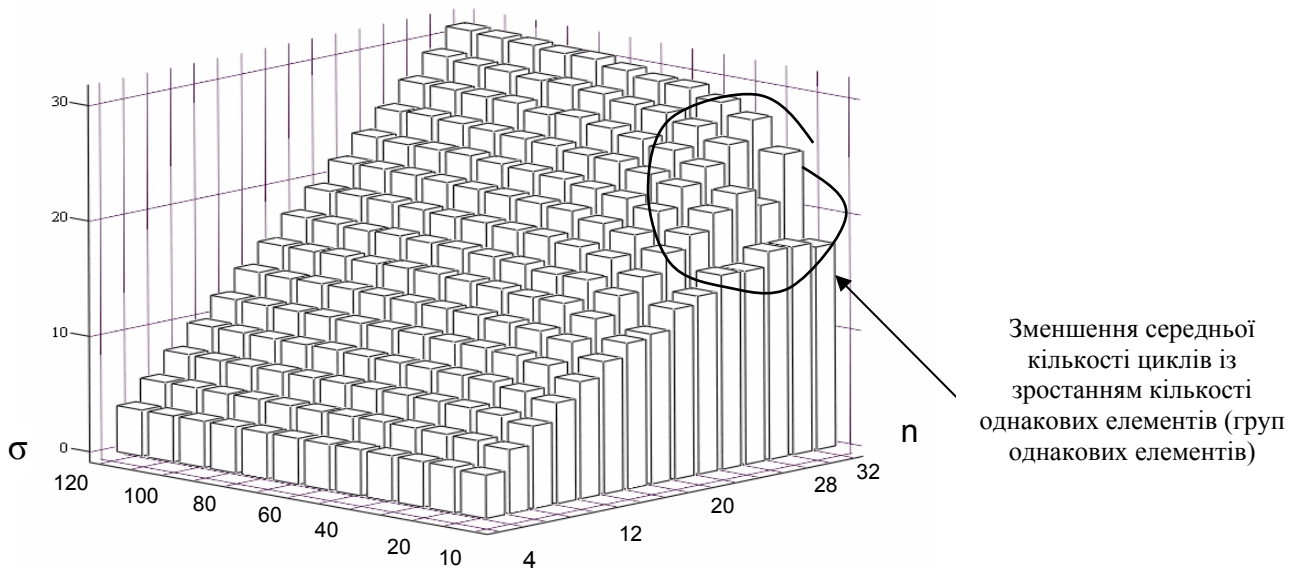


Рис. 5 Часова залежність процесу мультипідсумовування елементів векторного масиву даних від структури масиву.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано і теоретично проаналізовано принципи реалізації процесів мультипідсумовування та сортування елементів векторного масиву даних задач сегментації зображень та пошуку інформації з використанням швидкісного методу сортування.

У результаті виконання дисертаційної роботи отримано такі основні та практичні результати.

1. Вдосконалено метод паралельного додавання числових величин, в результаті чого запропоновано метод паралельного алгебраїчного додавання для обробки векторних масивів даних з довільними елементами. При цьому інформація, що оброблюється, може бути представлена як в аналоговому, так і в цифровому вигляді.
2. Досліджено та доведено часові залежності процесу мультипідсумовування елементів векторного масиву даних, моделювання якого підтвердило, що із зростанням у векторному масиві даних кількості однакових елементів (або груп однакових елементів) значно (майже у два рази) прискорюється процес мультипідсумовування. Таким чином, перспективними областями використання даного процесу є ті, де обробляються великі масиви даних з часто зустрічаються групами однакових чисел, наприклад, обробка й аналіз зображень у реальному масштабі часу.
3. В процесі досліджень доведена можливість формування зовнішнього порогового значення при сегментації багатоградаційних зображень як середнього значення сум елементів векторного масиву даних із урахуванням можливої похибки. Експериментальні дослідження дають підставу стверджувати, що при використанні методу різницевого зрізів для обробки векторного масиву даних можливе відкидання в середньому 25% мінімальних елементів проміжних векторних масивів даних для визначення середнього значення сум елементів даного масиву, починаючи з мінімального елемента останнього масиву.
4. Запропоновано та досліджено спосіб паралельного порогового алгебраїчного додавання елементів векторного масиву даних, який дозволяє зменшити час (в залежності від вибору та застосування порогового значення, різні форми представлення якого також досліджені в роботі) мультипідсумовування за рахунок порівняння отриманих поточних часткових сум із заданим порогом (або “плаваючим”) в процесі оброблення векторних масивів даних. При цьому особливо суттєвий результат запропонований підхід дає при обробці і аналізі зображень у реальному масштабі часу, особливо в разі застосування методів порогової обробки з орієнтацією на нейроподібні мережі, та при моделюванні останніх, де в процесі нейрообчислень проводиться постійна перевірка поточних результатів обчислень із заданим порогом. Результатом досліджень є вдосконалена модель формального нейрона, який одночасно виконує функції накопичення суми і активації, для моделювання прошарків нейронів з латеральним гальмуванням.
5. Сформульовано вимоги та досліджено спосіб сортування із “замиканням” векторного масиву даних у кільце в процесі оброблення, в результаті чого

можна позбутись, як мінімум, одного контрольного перегляду. В результаті імітаційного моделювання даного способу експериментально підтверджено зменшення на 10-20 % (в залежності від кількості елементів векторного масиву даних) часу сортування. З практичної точки зору даний метод доцільно використовувати при реалізації процесу сортування в разі застосування оптоелектронного асоціативного процесора з логіко-часовим кодуванням інформації. Досліджено адаптивну нейроподібну S - мережу, призначену для процесу сортування.

6. Сформульовано вимоги і приведено приклади практичної реалізації запропонованих методів для паралельної обробки інформації в задачах аналізу зображень. Приведена програмна реалізація досліджуваних методів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В., Кухарчук Г.В. Можливості розпаралелювання алгоритму багатооперандного додавання//Вісник Вінницького політехнічного інституту.-1997. - №4 – С.89-94.
2. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В., Савалюк І.М., Охрущак Д.В. Використання зрізів різниць для багатооперандного додавання числових величин//Вісник Вінницького політехнічного інституту.-1998. - №2 – С.63-68.
3. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В., Мельничук О.В. Дослідження особливостей багатооперандної обробки числової інформації//Вісник Вінницького політехнічного інституту.-1999. - №2 – С.66-71.
4. Хом'юк В. В., Козлова В. І., Яровий А. А.. Алгоритмічна модель лінійної згортки векторів з використанням векторно-матричних перетворень//Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. - № 3. – С. 124 – 126.
5. Хом'юк В. В.. Використання одновимірної згортки при перетвореннях множини числових даних// Матеріали ІХ – ої Міжнародної наукової конференції ім. М. Кравчука. - К.: НТТУ “КПІ”. – 2002. – С. 390.
6. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В., Расенко Р.А., Емін С.А. Аналіз часових характеристик при сортуванні випадково розподілених даних // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. - № 1. – С. 48-53.
7. Мартинюк Т.Б., Буда А.Г, Козлова В.І., Хом'юк В.В., Мартинюк О.Б.. Часові аспекти сортування великих масивів інформації//Теорія і практика перебудови економіки: збірник наукових праць. - Мукачево - Черкаси, 2001. - С.240-245.
8. Мартинюк Т.Б., Лысенко Г.Л., Буда А.Г., Козлова В.И., Хом'юк В.В., Мартинюк О.Б. Особенности нетрадиционного кодирования данных при ассоциативной обработке//Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту – 2001. - С. 390-391.

9. Хом'юк В. В. Розпаралелювання обробки інформації при розпізнаванні зображень// Збірник тез доповідей International Conference on Optoelectronic Information Technologies "Optoelectronic Information-Energy Technologies". - Вінниця, 2001. – С. 36.
10. Хом'юк В. В., Козлова В. І. Моделювання паралельних обчислювальних процесів в Mathcad//Збірник тез доповідей International Conference on Optoelectronic Information Technologies "Optoelectronic Information-Energy Technologies". - Вінниця, 2001. – С. 37.
11. Хом'юк В. В., Козлова В. І., Яровий А. А., Баранов Р. А. Рекурсивна взаємодія алгоритмів для задач паралельної обробки інформації// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП, 2001. - №8. - С. 40-44.
12. Мартинюк Т. Б., Хом'юк В. В., Козлова В. І. Особливості моделювання скалярної операції при багатооперандній обробці інформації//Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. - №4. – С.105-108.
13. Мартинюк Т.Б., Хом'юк В.В., Куперштейн Л.М., Матвеев Є.М.Аналіз моделей паралельного підсумовування елементів числового масиву//Вісник Вінницького політехнічного інституту.-2002. - №6 – С.65-70.
14. Кожемяко В. П., Хом'юк В. В., Яровой А. А. Перспективы создания оптоэлектронных нейрокомпьютеров в контексте развития современных нейротехнологий// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП, 2002. - № 9. - С. 108 - 114.
15. Хом'юк В. В., Пехан И. Л. Особенности нейросетевого подхода к решению задач обработки информации в системах управления// Збірник тез доповідей Second International Scientific Conference of Students, Post-Graduate Students and Young Scientists. - Вінниця, 2002. – С. 43.
16. Хом'юк В. В. Розклад довільних матриць на множники в процесі попередньої обробки інформації// Збірник тез доповідей Second International Scientific Conference of Students, Post-Graduate Students and Young Scientists. - Вінниця, 2002. – С. 15.
17. Хом'юк В. В. Дослідження процесу перетворення даних з використанням принципу різницевого зрізів// Збірник тез доповідей Second International Scientific Conference on Optoelectronic Information Technologies "PHOTONICS-ODS 2002". - Вінниця, 2002. – С. 18.
18. Хом'юк В. В., Козлова В. И. Обработка массивов чисел с использованием метода разностных срезов//Тезисы докладов международной научной конференция "Современные методы кодирования в электронных системах" СМКЭС – 2002. – Сумы, 2002. – С. 61.

19. Мартинюк Т. Б., Кожем'яко А. В., Пехан І. Л., Хом'юк В. В., Мартинюк О. Б. Нейроструктури та нейрообчислення: Застосування INTERNET//”ІНТЕРНЕТ – ОСВІТА – НАУКА – 2002”, третя міжнародна конференція ІОН – 2002. Збірник матеріалів конференції. Том 2. - Вінниця, 2002. – С. 338 – 341.
20. Мартинюк Т. Б., Хом'юк В. В., Кожем'яко А. В., Фофанова Н. В., Мартинюк О. Б. Сортувальна нейроподібна мережа //Шоста всеукраїнська міжнародна конференція “УкрОБРАЗ’2002”. – Київ, 2002. – С. 183 – 186.
21. Хом'юк В. В. Дослідження процесу прискорення мультипідсумовування методом різницевих зрізів//Тези доповідей ІХ-ої всеукраїнської наукової конференції “Сучасні проблеми прикладної математики та інформатики”. – м. Львів, 2002. – С. 129 – 130.
22. Хом'юк В. В. Методи попередньої обробки інформації в процесі розпізнавання образів// Вісник Сумського державного університету. – Суми, 2002. - № 12(45). – С. 177 – 183.
23. Патент України 55861 А, МПК 7 G06G7/14. Паралельний підсумовуючий пристрій/ Мартинюк Т.Б., Панасик О.В., Козлова В.І., Хом'юк В.В., Михайлова-Пехан О.М. - № 2002075727. – Заявлено 11.07.2002; Опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4. – 4 с.

АНОТАЦІЇ

Хом'юк Віктор Вікторович. Методи та засоби паралельних перетворень векторних масивів даних. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.13 – Обчислювальні машини, системи та мережі. – Вінницький державний технічний університет, Вінниця, 2003.

Дисертація присвячена вдосконаленню та розширенню функціональних можливостей методів векторного оброблення великих масивів даних при паралельній обробці інформації з орієнтацією на нейроструктури та нейрообчислення. Реалізовано процес мультипідсумовування елементів довільного векторного масиву даних, який містить як додатні так і від’ємні елементи, на основі відомого паралельного додавання числових даних методом різницевих зрізів. Сформульовано вимоги і приведено приклади практичної реалізації даного процесу. Досліджено та доведено часові залежності мультипідсумовування елементів векторних масивів даних. Запропоновано наступні методи паралельної обробки таких масивів: паралельне алгебраїчне мультипідсумовування, як результат вдосконалення відомого паралельного додавання числових даних; паралельне порогове алгебраїчне мультипідсумовування, в результаті дослідження якого вдосконалено модель формального нейрона. Досліджено метод замикання у

кільце елементів векторного масиву даних в процесі сортування за методом попарного обміну; запропоновано математичну модель даного методу і приведено приклади практичної реалізації.

Ключові слова: векторний масив даних, мультипідсумовування, обробка і аналіз зображень, векторно-матричні перетворення, паралельна обробка.

Хомюк Виктор Викторович. Методы и средства параллельных преобразований векторных массивов данных. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.13 – Вычислительные машины, системы и сети. – Винницкий государственный технический университет, Винница, 2003.

Диссертация посвящена усовершенствованию и расширению функциональных возможностей методов векторной обработки больших массивов данных при параллельной обработке информации с ориентацией на нейроструктуры и нейровычисления. В работе усовершенствован метод параллельного сложения числовых данных, использующий принцип разностных срезов, при этом повышаются функциональные возможности данного метода.

Теоретические и практические исследования, изложенные в диссертации, позволили: доказать временные зависимости процесса мультисуммирования от структуры векторных массивов данных при использовании метода разностных срезов; разработать метод параллельного порогового алгебраического мультисуммирования, использование которого сокращает время обработки векторных массивов данных за счёт формирования поточного порога и его сравнения с текущим результатом; усовершенствовать модель формального нейрона за счет параллельного выполнения процесса суммирования и функции активации; сформулировать требования и привести примеры практической реализации предложенных процессов мультисуммирования; разработать математическую модель синхронной сортировки методом парного обмена с замыканием векторного массива данных в кольцо и исследовать нейроподобную сеть для реализации процесса сортировки методом парного обмена, использование которого позволяет сократить время сортировки, как минимум, на один контрольный просмотр.

Отдельные разработки диссертационной работы внедрены на базе ОАО «Инфракон».

Также теоретические результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре лазерной и оптоэлектронной техники ВГТУ таких дисциплин, как “Оптоэлектронные интеллектуальные системы”, “Новые информационные технологии обработки, анализа и распознавания изображений”.

Ключевые слова: векторный массив данных, мультисуммирование, обработка и анализ изображений, векторно-матричные преобразования, параллельная обработка.

Khomyuk Victor V. Methods and facility of the parallel transformations vector array data. – Manuscript.

Thesis for the candidate's degree in technical sciences by speciality 05.13.13 – Computing machines, systems and network. – Vinnytsia State Technical University, Vinnytsia, 2003.

The thesis is devoted to performance capabilities improvement and expansion of vector processing methods of the large data array under simultaneous processing with neurostructures and neurocalculations orientation. In the work the method of parallel addition of the numerical data using differential shearing principle is improved, thus the functionalities of the given method raise. The requirements are formulated and the practical realization examples of the given process are quoted. The time law of elements multisummation of vector data array are investigated and proved. The following simultaneous processing of such array methods are offered: parallel algebraic multisummation as a result of improvement the known parallel addition of the numerical data; parallel threshold algebraic multisummation as a result of which research the formal neuron model is improved. The closure method elements of vector data array into circuit is investigated during sorting by the pair swap method; the mathematical model of the given method is offered and the examples of practical implementation are quoted.

Key words: vector of data, multisummation, treatment and analysis of images, vector-matrix processing, parallel processing.

Підписано до друку . 2003 р. Формат 60х90/16

Наклад 100 прим. Зам. № 2003–

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького державного технічного університету

м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 44-01-59