

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г. В. КАРПЕНКА

На правах рукопису

О П О Т Я К

Юрій Володимирович

**СПЕЦІАЛІЗОВАНІ ВИСОКОПРОДУКТИВНІ СИСТЕМИ ПОТОКОВОЇ
ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ**

Спеціальність: 05.13.04 - автоматизовані системи
управління та системи обробки інформації

А в т о р з ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

ЛЬВІВ - 1997

738.3
Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Фізико-

ім. Г. В. Карпенка Наці

ЛННБ України ім. В. Стефаніка



00751913 (Q)

Науковий керівник: Член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор
Грицик Володимир Володимирович

Офіційні опоненти: доктор фіз.-мат. наук, професор
Вальковський Володимир Олександрович
кандидат техн. наук, ст. наук. співр.
Деркач Богдан Теодорович

Провідна установа: Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова
НАН України, м. Київ

Захист відбудеться "27" травня 1997 р. о 16 год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.01.02 при Фізико-механічному інституті НАН України (290601, Львів, вул. Наукова, 5).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту
(Львів, вул. Наукова, 5)

Автореферат розісланий "22" квітня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
докт. техн. наук

Р. А. Бунь

Загальна характеристика роботи

Актуальність роботи. Сучасний стан техніки, що характеризується стрімким ростом обсягів поступаючої інформації, вимагає розвитку нових високопродуктивних систем для її обробки. Прикладом можуть служити галузі, пов'язані з цифровою обробкою зображень. Реальні зображення задаються у вигляді масиву даних, що має значні розміри, і для їх обробки потрібні високопродуктивні обчислювальні засоби. Проводиться інтенсивна розробка нових методів та засобів обробки, наприклад мікропроцесорів з RISC архітектурою та конвейеризацією обробки команд. Але сучасні універсальні ЕОМ мають принципові обмеження, що пов'язані з їх архітектурою, і не дозволяють ефективно застосовувати їх у системах потокової обробки зображень.

З іншої сторони відомо, що ефективну обробку інформації в реальному часі можуть забезпечити спеціалізовані пристрої та системи. Практика показує, що продуктивність таких систем на декілька порядків вища ніж в універсальних. Але використання спеціалізованих систем має бути економічно доцільним, оскільки вони вимагають значних затрат на розробку.

Поєднати переваги спеціалізованих систем, в яких застосовується структурна реалізація закладеного алгоритму на апаратному рівні, з перевагами універсальних, що дозволяють переналаштування на різноманітні алгоритми, можуть системи, побудовані з використанням однорідних обчислювальних середовищ (ООС). Разом з тим, необхідна розробка нових архітектур систем обробки зображень, які могли би реалізовувати закладені в ООС потенційні можливості.

Не менш важливим є питання розробки ефективних алгорит-

М. С. Стефанюк
АН УкрАІН

мів налаштування із врахуванням специфіки ООС. Найефективнішим, стосовно ООС, засобом підвищення швидкодії обробки інформації (зображень) є розпаралелювання обчислень, зокрема конвейеризація послідовних етапів обчислень - основний метод досягнення високої продуктивності для спецпроцесорів обробки зображень. При побудові проблемно-орієнтованих систем обробки зображень на базі ООС крім конвейеризації окремих етапів обробки також доцільно використовувати розпаралелювання незалежних гілок алгоритму. Для отримання максимальної продуктивності системи обробки зображень важливою задачею є максимальне узгодження структури розпаралеленого алгоритму з архітектурою спеціалізованого процесора чи проблемно-орієнтованої системи. Поєднання всіх цих підходів є актуальним при розробці високопродуктивних спецпроцесорів і систем потокової обробки зображень.

В розробці теорії та ефективних алгоритмів обробки зображень суттєвий внесок зробили такі українські вчені як Івахненко О.Г., Васильєв В.І., Василенко Ю.А., Сіроджа І.Б., Гімельфарб Г.Л., Шлезінгер М.І. та інші, а також зарубіжні спеціалісти: Фейн А., Претт В., Розенфельд А., Павлідіс Т., Журавльов Ю.І., Начао М., Хуанг Т. та інші.

В теорії розпаралелювання алгоритмів та створення систем паралельної обробки даних відомі результати досліджень таких вчених як Єврейнов Е.В., Каляев А.В., Самофалов К.Г., Малиновський Б.М., Грицик В.В., Вальковський В.О., Луцький Г.М., Божу В.П. та інші.

Мета роботи та задачі дослідження. Метою роботи є створення спеціалізованих високопродуктивних систем і паралельних алгоритмів попередньої потокової обробки зображень т. їх

реалізація на базі однорідних обчислювальних середовищ.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються наступні задачі:

- формулювання основних вимог до побудови високопродуктивних систем обробки зображень на однорідних середовищах;

- створення архітектури системи потокової обробки зображень з обчислювачем, побудованим на базі однорідних обчислювальних середовищ;

- дослідження можливості розпаралелювання алгоритмів, що можуть застосовуватися у системах обробки зображень;

- адаптація та розробка ефективних за обчислювальними затратами паралельних алгоритмів попередньої потокової обробки зображень, які дозволяють зменшувати рівень шуму та імпульсних завад вхідного зображення, проводити інші перетворення;

- розробка модулів операцій та функцій для реалізації алгоритмів попередньої обробки зображень на базі однорідних обчислювальних середовищ;

- реалізація на базі запропонованої архітектури проблемно-орієнтованої системи обробки зображень, яка дозволяє проводити дослідження, перевірку і реалізацію нових паралельних алгоритмів попередньої обробки зображень.

Методи досліджень. Для вирішення поставлених задач були використані методи теорії обробки зображень, математичної статистики, алгебри логіки та імітаційного моделювання. При розробці систем та спецпроцесорів обробки зображень використані методи розпаралелювання алгоритмів обробки інформації та методи системного аналізу.

Наукова новизна полягає

- Формулюванні основних вимог до побудови високопродуктивних систем обробки зображень, що полягають у застосуванні принципу глибокого розпаралелювання алгоритмів та використанні однорідних середовищ як обчислювача в таких системах:

- створенні архітектури та реалізації високопродуктивної системи потокової обробки зображень на базі однорідних обчислювальних середовищ;

- розробці та дослідженні алгоритмів попередньої потокової обробки зображень, які допускають ефективне розпаралелювання і реалізацію на однорідних обчислювальних середовищах та дозволяють суттєво покращити співвідношення сигнал/завада вхідного зображення та проводити інші перетворення.

Достовірність одержаних результатів ґрунтується на теоретичних засадах функціонування багатопроесорних систем та практичній реалізації системи обробки зображень на базі розглянутих принципів та запропонованої архітектури. Розроблені модулі операцій та алгоритми перевірялися с. темою імітації, відлагодження та моделювання на ряді прикладних задач попередньої обробки зображень.

На запис вносяться:

- архітектура високопродуктивної системи попередньої потокової обробки зображень на базі однорідних обчислювальних середовищ;

- алгоритми попередньої високоефективної обробки зображень, реалізовані на базі однорідних обчислювальних середовищ;

- модулі арифметичних та логічних операцій, призначені

для реалізації паралельних алгоритмів попередньої обробки зображень на однорідних обчислювальних середовищах;

- проблемно-орієнтована система потокової обробки зображень на базі однорідних обчислювальних середовищ.

Практична цінність. Отримані результати є основою для ефективної (стосовно часових та схемотехнічних затрат) реалізації систем та алгоритмів попередньої потокової обробки зображень, що є передумовою їх широкого практичного впровадження у сучасних інформаційних технологіях.

Реалізація результатів роботи. Дослідження, які виконувалися в дисертаційній роботі, проводилися у відповідності з плановою тематикою ФМІ НАН України (Постанови Президії АН УРСР N 474 від 27.12.1985 р., НАН України N 3 від 22.02.1994 р.); науково-технічним проектом 6.02.02/033-92 Державної науково-технічної Програми 6.02.02 з пріоритетного напрямку "Перспективні інформаційні технології і системи", затверджені ДКНТ України; державних контрактів та господарських договорів. В результаті проведених досліджень були розроблені паралельні алгоритми попередньої обробки зображень, реалізація яких у вигляді спеціалізованих процесорів і проблемно-орієнтованих систем дає можливість при порівняно невеликих апаратурних затратах отримати високоефективні засоби потокової обробки інформації. Розроблено проблемно-орієнтовану систему "СІГМА" для реалізації паралельно-конвейєрних алгоритмів потокової обробки зображень на однорідних обчислювальних середовищах, яка дозволила вперше дослідити достатньо широко клас відповідних алгоритмів в системах класифікації та управління складними процесами.

Апробація роботи. Основні результати були викладені і обговорені:

- на VII Всесоюзній школі-семінарі "Розпаралелювання обробки інформації", Львів, 1989 р.;

- на Всесоюзній конференції "Методи і мікроелектронні засоби цифрової обробки і перетворення сигналів" Рига, 1989 р.;

- на Першій міжнародній конференції з інформаційних технологій і систем ("ІТІС-93"), Львів, 1993 р.;

- на Другій українській конференції з автоматичного керування ("Автоматика - 95"): - Львів, 1995 р.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 12 наукових робіт, в тому числі 3 винаходи.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та висновків і викладена на 136 сторінках, включаючи перелік літератури із 115 найменувань і додатки.

Зміст роботи

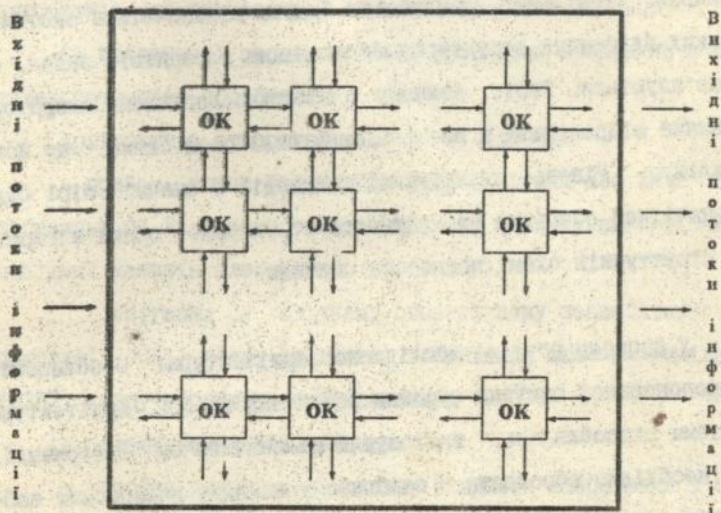
У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, характеризується стан проблеми, сформульовані мета роботи і постановка задачі та виділені напрямки досліджень для досягнення поставленої мети.

Перший розділ присвячений розробці моделі системи потокової обробки інформації та організації обчислювального процесу в однорідному обчислювальному середовищі (ООС).

Найбільш ефективним для застосування у багатопроекторних системах є структурний спосіб організації обчислювального процесу, що полягає в апаратній реалізації всіх гілок л-

горитму і зв'язків між ними. При цьому розв'язується проблема керування, пам'яті і комутації потоків даних.

Однорідні середовища є одним із засобів, що поєднують переваги спеціалізованих систем, в яких здійснюється структурна реалізація алгоритму, з перевагами універсальних ЕОМ, які допускають переналаштуваність. Однорідне обчислювальне середовище (ООС) - це решітка каналів передачі інформації, у вузлах якої розташовані елементарні процесори, що виконують на кожному такті деяку операцію над даними, які поступають по цих каналах або здійснюють передачу даних без зміни іншому процесорному елементу (мал. 1). Обчислювальний процес в ООС полягає в неперервній і регулярній передачі даних від одного процесорного елемента, де здійснюється відповідна



Мал. 1. Загальний вигляд однорідного обчислювального середовища.

операція, до іншого без запамятовування проміжних результатів обчислень, тобто, обробка інформації проводиться в конвейерному режимі, а затримки, пов'язані з операціями звертання до пам'яті відсутні. Можливість переналаштування однорідного середовища дозволяє реалізувати в кожному конкретному випадку спеціалізовану обчислювальну систему з оптимальним для даної задачі відношенням продуктивності та об'єму обладнання.

Отже, в якості алгоритмічного підходу до вирішення питання побудови систем потокової обробки зображень повинні бути використані принципи глибокого розпаралелювання реалізованих алгоритмів та динамічної конвейерної обробки інформації. Необхідно, щоб структура обчислювальних ресурсів забезпечила можливість паралельної організації множини конвейерів. Найбільшою швидкістю будуть відзначатися системи, в яких здійснено структурне моделювання алгоритмів задач, що розв'язуються. Тобто, кожному арифметико-логічному оператору повинна відповідати в процесорному полі своя схема, що його реалізує. Рівень структурної швидкодії в значній мірі буде визначатися ступінню адекватності структурної схеми алгоритму структурній схемі процесора системи.

У другому розділі досліджено архітектурні особливості запропонованої системи обробки зображень на ООС. Архітектура системи розроблялась, враховуючи великий об'єм інформації, яку необхідно обробляти, особливо у випадку кольорових зображень, що висуває вимоги до продуктивності обчислювача.

У розділі описано розроблену проблемно-орієнтовану сис-

тему "СІГМА" (мал. 2), орієнтовану в основному на попередню потокову обробку зображень і призначену для вирішення наступних задач:

1) налаштування модулів арифметичних і логічних операцій;

2) налаштування алгоритмів обробки одновимірних і двовимірних масивів інформації для обчислювача на однорідному середовищі;

3) дослідження ефективності алгоритмів при потоковій обробці одновимірних і двовимірних масивів інформації;

4) створення бібліотек модулів і алгоритмів обробки інформації на базі ООС;

5) видачі рекомендацій по застосуванню різноманітних алгоритмів для попередньої обробки зображень на ООС;

6) практичної реалізації задач обробки зображень в системах потокової обробки.

Архітектура створеної системи забезпечує:

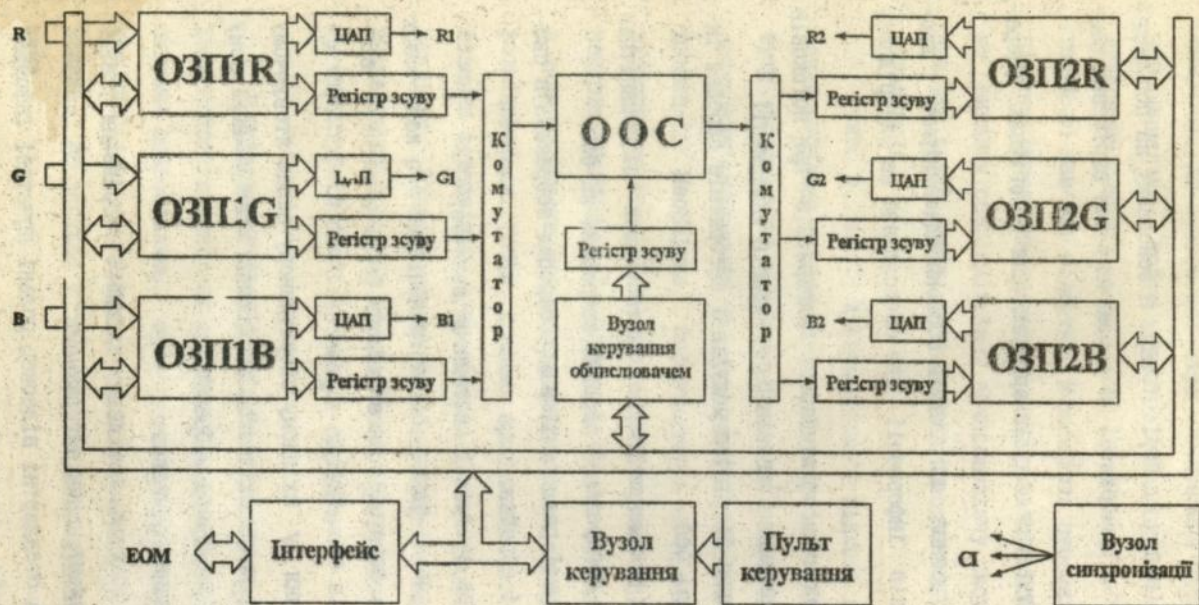
- прийом чорно-білих багаторадаційних або кольорових зображень та їх перетворення в цифрову форму у вигляді відповідних масивів елементів;

- зберігання у вхідному оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗП1) кадру вхідного зображення та у вихідному (ОЗП2) кадру обробленого зображення;

- налаштування обчислювача;

- обробка обчислювачем кадру вхідного зображення у відповідності з налаштованим алгоритмом;

- вивід на стандартні відеоканальні пристрої інформації із ОЗП1 і ОЗП2 для візуального спостереження результатів обробки.



Мал. 2. Структурна схема проблемно-орієнтованої системи потокової обробки зображень "СІГМА"

Створена система є проблемно-орієнтованою системою обробки даних і може працювати в автономному режимі або в інтерактивному режимі під керуванням ЕОМ, де передбачені наступні режими роботи:

1) оперативний тестовий контроль функціонування пристроїв системи;

2) пересилка програм налаштування мультипроцесорного обчислювача з керуючої ЕОМ в регістри команд обчислювальних і запам'ятовуваних комірок;

3) пересилка масиву інформації, яка підлягає обробці або візуальному контролю, із керуючої ЕОМ в ОЗП1 або ОЗП2;

4) пересилка програм налаштування із мультипроцесорного обчислювача в керуючу ЕОМ;

5) пересилка масивів інформації із ОЗП1 або ОЗП2 в керуючу ЕОМ;

6) обробка в мультипроцесорному обчислювачі масиву інформації, що зберігається в ОЗП1, і запам'ятовування результатів обробки в ОЗП2;

7) пересилка масиву інформації із ОЗП2 в ОЗП1.

Запропоновано алгоритми налаштування ООС та однорідного запам'ятовуючого середовища (ОЗС). Налаштування ООС і ОЗС та процес обробки середовищем даних розділені в часі. Перед початком рішення конкретної задачі потік команд налаштування однорідного середовища завантажується в регістри програм обчислювальних комірок (ОК) та запам'ятовуваних комірок (ЗК). Ввід програм відбувається по колах вводу програм (ВП) за допомогою керуючого сигналу управління вводом програми (УВП). Керування обчислювальним процесом зводиться до глобальної синхронізації всіх комірок. Входами і виходами ООС та ОЗС є

входи і виходи ОК та ЗК, що розташовані по периметру матриці. Обчислювальна система працює за принципом конвейєра, який на одному кінці з кожним тактом завантажується даними, а на другому кінці відбувається розвантаження отриманого результату. Переналаштування обчислювача на однорідному середовищі дозволяє в кожному конкретному випадку отримувати різноманітні спеціалізовані обчислювальні системи. Показано, що описаний підхід до організації обчислюваного процесу дає можливість мінімізувати об'єм обладнання і витрати при побудові проблемно-орієнтованих систем обробки інформації, високоефективних спецпроцесорів та систем, що реалізують різні алгоритми цифрової обробки зображень.

В третьому розділі запропоновано та досліджено алгоритми попередньої обробки зображень, що допускають розпаралелювання та можливість їх реалізації у системах на базі ООС.

В роботі розглянуто два основні шляхи розпаралелювання алгоритмів попередньої обробки зображень: просторове і конвейєрне. При просторовому розпаралелюванні виконується паралельне (од часне) обчислення значень елементів зображення. При конвейєрному розпаралелюванні елементи зображень обчислюються в процесі їх послідовного надходження, а конвейєрно розпаралелюються обчислення заданої локальної функції елементів зображення в межах вікна. Досліджено різні рівні конвейєрної обробки зображень. Зокрема для макроконвейєрної обробки зображення на кожному етапі конвейєру обробки інформації можуть обчислюватися локальні функції від результату обробки на попередньому етапі. Конвейєрне розпаралелювання може бути також використане при обчисленні однієї локальної

функції багатьох змінних з метою прискорення обробки зображень.

В роботі показано, що в системах обробки даних, які реалізовані на однорідних середовищах, перш за все найкраще використовувати алгоритми, які потребують проведення значних об'ємів обчислень і допускають глибоке розпаралелювання обчислень, причому ці алгоритми в той же час повинні бути достатньо ефективними і універсальними.

В процесі формування і реєстрації зображення піддаються різноманітним спотворенням, що в багатьох випадках приводить до втрат візуальної чіткості зображень. Крім тих спотворень, які переважно розглядають як детерміновані, оскільки однозначно визначаються технічними параметрами систем, існує інший поширений вид спотворень, які виникають в результаті випадкових впливів на зображення і які ведуть до нахватування на зображення завад. Прикладом може бути спотворення зображень, які обумовлені шумом фотоелектричних перетворювачів, шумом дифузності когерентно-оптичних систем, шумом каналу передачі і т.п.

Для цифрової обробки зображень найчастіше використовуються методи лінійної та рангової (медіанної) фільтрації. Тому задача побудови паралельних алгоритмів реалізації цих методів є дуже актуальною.

Досліджено і запропоновано модифікований паралельний алгоритм рангової фільтрації, що є одним з ефективних методів попередньої обробки зображень з метою компенсації дії спотворень різного виду. Розглянуто частковий випадок паралельного алгоритму рангової фільтрації зображень - медіанну фільтрацію, яка звичайно використовується для згладження за-

шумлених зображень. Перевагами такої фільтрації при обробці зображень є збереження різких перепадів яскравості, і ефективна компенсація імпульсних завад.

Відомо, що задавши вікно локальної обробки розмірами $L \times L$, двовимірну рангову фільтрацію можна скорочено записати в наступному вигляді:

$$f(m, n) = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L \alpha_k R_k \{ g(i, j) \}, \quad (1)$$

де α_k - двійковий ваговий коефіцієнт, який визначає ранг фільтра, тобто:

$$\alpha_k = \{0; 1\} \quad 1 \quad \sum_{k=1}^{L^2} \alpha_k = 1; \quad k = (i-1)L + j; \quad R_k \{g(i, j)\} -$$

k -та порядкова (рангова) статистика послідовності елементів зображення. При $\alpha_{(L^2+1)/2} = 1$ отримуємо звичайну медіанну фільтрацію зображення. Коли $\alpha_1 = 1$ або $\alpha_{L^2} = 1$, то виконується екстремальна фільтрація зображення.

Для проведення медіанної фільтрації зображення потрібно спочатку знайти область визначення медіани відліків початкового зображення. Найкраще брати непарне число відліків області. За визначенням медіани непарного числа відліків M - це той відлік, для якого існує $(N-1)/2$ відліків, більших або рівних йому за величиною, та $(N-1)/2$ відліків, менших або рівних йому за величиною. Тоді медіанна фільтрація зображення $g(i, j)$ виконується за наступною формулою:

$$f(m, n) = \text{med}_{(i, j) \in W(m, n)} \{g(i, j)\}, \quad (2)$$

де $W(m, n)$ - область з центром у точці (m, n) , по відліках якої обчислюється медіана в точці (m, n) .

Оскільки медіанна фільтрація (2) є нерекурсивною, то

можна провести просторове розпаралелювання фільтрації для забезпечення потокової обробки зображень. Обчислювати медіану можна конвейєрно. Для кожного відліку виконується паралельно-послідовне обчислення медіани методом паралельного сортування послідовності відліків.

Запропонована модифікація визначається наступним співвідношенням:

$$f'(m, n) = \begin{cases} f(m, n), & \text{abs}(f(m, n) - g(m, n)) > \beta; \\ g(m, n), & \text{abs}(f(m, n) - g(m, n)) < \beta. \end{cases} \quad (3)$$

де β - величина порогу. Така модифікація дозволяє усунути певні спотворення зображень, що притаманні медіанній фільтрації. Суть її у тому, що на кінцевому етапі алгоритму обчислюється абсолютне значення різниці між отриманою медіаною $f(m, n)$ та реальним значенням елементу зображення $g(m, n)$. У випадку відхилення від медіани, що не перевищує β , елемент зображення $g(m, n)$ не модифікується. Показана ефективність даного підходу.

У четвертому розділі запропоновані алгоритми реалізації модулів обчислення функцій та математичних операцій, запропоновано реалізацію алгоритмів попередньої обробки зображень для систем, побудованих з використанням ООС.

Запропонована реалізація модифікованого алгоритму медіанної фільтрації. Інформація, яка підлягає обробці, представлена матрицею розмірності 512×512 елементів, кожний з яких має 16 розрядів і представлений в модифікованому додатковому коді. Обробка елементів матриці здійснюється за допомогою виділення областей ("вікон") розмірністю 3×3 . Елементи зображення послідовно в процесі лінійного сканування посту-

пають основним потоком з буферної пам'яті на однорідне за-пам'ятовуюче середовище, де здійснюється його розпаралелювання на дев'ять потоків, зсунутих один відносно другого на число елементів рядка матриці. Наведено реалізацію паралельного обчислення медіани послідовності відліків зображення, схеми вибору, модулів арифметичних та логічних операцій.

Основні результати роботи

1. Сформульовано основні вимоги до побудови високопродуктивних систем потокової обробки зображень, що ґрунтуються на принципі розпаралелювання обчислень та використанні однорідних обчислювальних середовищ як обчислювача в таких системах.

2. Запропоновано архітектуру проблемно-орієнтованої системи, побудованої на базі однорідних обчислювальних середовищ, що забезпечує високоефективну обробку інформації і призначена для дослідження, апробації, синтезу та реалізації нових паралельних алгоритмів попередньої обробки зображень.

3. Досліджено можливості розпаралелювання обчислень та способи організації обчислювального процесу в системах на базі однорідних обчислювальних середовищ з метою реалізації високоефективних алгоритмів потокової обробки зображень.

4. Розроблено та досліджено ефективні по обчислюваних затратах алгоритми попередньої обробки зображень, які дозволяють істотно зменшувати рівень завад без спотворення початкового зображення та проводити перетворення зображень.

5. Розроблено модулі арифметичних та логічних операцій, що призначені для реалізації різноманітних алгоритмів обробки зображень на однорідних обчислювальних середовищах.

6. Реалізовано проблемно-орієнтовану систему, що ґрунтується на запропонованих принципах та архітектурі і призначена для високоефективної потокової обробки бінарних, багаторградацийних та кольорових зображень.

7. Проведено тестування реалізованої системи та оцінку ефективності запропонованих алгоритмів високопродуктивної попередньої обробки зображень.

Основні результати дисертаційної роботи викладені в наступних публікаціях:

1. Batyuk A.E., Optyak Y.V. The Computation Process and It's Implementation in a Homogeneous Computational Medium //Pattern Recognition and Image Analysis. - 1994. - Vol.4. - No.3. - P.238-240.

2. Опотяк Ю.В. Система обробки сигналів на базі однорідних обчислювальних середовищ / Інформаційні технології та розпізнавання образів : Збірник наукових праць. - Львів-Харків-Тернопіль, 1993. - Т. III. - Ч 1. - С.5-8.

3. Опотяк Ю.В. Програмно-апаратний комплекс потокової обробки інформації на базі однорідних обчислювальних середовищ // Проблемы управления и информатики. - 1997, - N 2. - С. 31-35.

4. Grytsyk V.V., Lutsyk A.Yu., Batyuk A.Ye., Optyak Yu.V., Tchopko O.B. Problem-oriented System for Images Processing Based on Homogeneous Computational Mediums / First International Conference on Information Technologies for Image Analysis and Pattern Recognition: Proceedings. - Lviv: IPM USSR AS, 1990. - V.2. - P.156-161.

5. Батюк А.Е., Луцьк А.Ю., Опотяк Ю.В., Чопко О.Б. Сис-

тема обработки изображений на однородной вычислительной среде / Всес. конф. "Методы и микроэлектронные средства цифровой обработки и преобразования сигналов": Тез. докл. - Рига: Ин-т электрон. и вычислит. техн., 1989. - Т.1. - С.297-298.

6. Батюк А.Е., Луцкы А.Ю., Опотяк Ю.В., Чопко О.Б. Проблемно-ориентированная система обработки изображений на основе ОВС / Седьмая всес. школа-семинар "Распараллеливание обработки информации": Тез. докл. - Львов: ФМИ АН УССР, 1989. - Т.2. - С.23-24.

7. Батюк А.Е., Опотяк Ю.В., Пастух А.А., Чопко О.Б., Ясинский В.Е. Стенд для моделирования арифметико-логических операций и задач на базе ОВС / Седьмая всес. школа-семинар "Распараллеливание обработки информации": Тез. докл. - Львов: ФМИ АН УССР, 1989. - Т.1. - С.69-70.

8. Батюк А.Е., Опотяк Ю.В., Чопко О.Б. Проблемно-орієнтована система для обробки зображень та реалізації обчислювальних процесів на базі однорідних обчислювальних середовищ / Перша міжнародна конференція з інформаційних технологій і систем ("ІТІС - 93"). - Львів: НВЦ "ІТІС", 1994. - Т.1. - С.7-10.

9. Батюк А.Е., Опотяк Ю.В. Перепрограмуваний спец-процесор для систем автоматичного управління і контролю / Друга українська конференція з автоматичного керування ("Автоматика-95"). - Львів: НВЦ "ІТІС", 1995. - Т.2. - С.71-72.

10. А.с. 1695319 СССР, МКИ⁴ G 06 F 15/16, 15/347, 15/80. Матричное вычислительное устройство / А.Е.Батюк, В.В.Грицк, А.Ю.Луцкы, Ю.В.Опотяк, Р.М.Паленичка, О.Б.Чопко. - Оpubл. 30.11.91. Бюл. N44.

11. А.с. 1383348 СССР, МКИ⁴ G 06 F 7/68. Устройство для

цифрочастотного умножения / В. Б. Дудкевич, Ю. В. Опотяк, В. И. Отенко, Л. Т. Пархуць (SU), Олива Вильяр Пастор (CU). - Оpubл. 23.03.88. Бюл. N11.

12. А. с. 1236614 СССР, МКИ⁴ Н 03 М 1/86. Цифрочастотный интегратор / В. Б. Дудкевич, Ю. В. Опотяк, В. И. Отенко. - Ог'бл. 07.06.86. Бюл. N21.

Особистий вклад. Всі результати, що складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. В публікаціях, які написані у співавторстві, дисертантові належать: в роботі [1,4,5] - розробка структури та способу організації обчислювального процесу у високопродуктивній системі обробки зображень на ООС; в [6-8] - розробка структури обчислювача на базі системних середовищ; в [9] - розробка алгоритмів попередньої фільтрації сигналів; в [10] - розробка архітектури обчислювача; [11,12] - розробка алгоритмів функціонування пристроїв.

Опотяк Ю. В. Специализированные высокопроизводительные системы потоковой обработки изображений.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 5.13.04 - автоматизированные системы управления и системы обработки информации, Физ.-мех. ин-т НАН Украины, Львов, 1997.

Проведены теоретические исследования по созданию высокопроизводительных систем потоковой обработки изображений с использованием в качестве вычислителя однородных вычислительных сред. Рассмотрены вопросы разработки параллельных алгоритмов предварительной обработки изображений и их реали-

зації в однородних вычислительних средах. Розроблена проблемно-орієнтована система на базі однородних, вычислительних сред для дослідження, перевірки і реалізації нових паралельних алгоритмів попередньої обробки зображень.

Opotyak Yu. V. Specialized High-Productive Systems of the Images Stream Processing.

Dissertation for obtaining of a scientific degree of Candidate of Sciences (Engineering) on the speciality 05.13.04 - automated control systems and information processing systems, Physical and Mechanical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, 1997.

Theoretical researches on creation of high-productive systems of the images stream processing with use of homogeneous computational medium as calculator are conducted. Questions of development of parallel algorithms of the images preliminary processing and their realization in homogeneous computational medium are considered. Problem-oriented system on the basis of homogeneous computational medium for research, check and realization of new parallel algorithms of the images preliminary processing is developed.

Ключові слова: система обробки інформації, однорідне обчислювальне середовище, цифрова обробка зображень, розпаралелювання алгоритму, фільтрація, спеціалізований процесор, проблемно-орієнтована система, система керування.

Опотаке

Підл. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат *60x80/16*
Обл. вид. арк.

Папір *друк.*
Зам. № *490*

Друк офсетний
Тираж *100*

Віддруковано у виробничо-поліграфічному відділі Льв ЦНТЕІ

435840

AB 37.482
AB 37.482