

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

На правах рукопису

ПЕЛЕНСЬКИЙ Олександр Любомирович

**ВИСОКОЕФЕКТИВНІ АЛГОРИТМИ І ЗАСОБИ
ПАРАЛЕЛЬНОЇ ДІЇ ДЛЯ ОБРОБКИ
ШВИДКОПОСТУПАЮЧИХ СИГНАЛІВ**

Спеціальність 05.13.14 — системи обробки інформації
та управління

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

АВ 30.924

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України

Науковий керівник: член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор
ГРИЦИК Володимир Володимирович

Офіційні опоненти: доктор фіз.-мат. наук, професор
СЛОНЬОВСЬКИЙ Роман Володимирович
кандидат технічних наук, ст. н. с.
ВОРОБЕЛЬ Роман Антонович

Провідна установа: Ужгородський державний університет

Захист відбудеться 31.10.94 р. о 16 годині на засіданні спеціалізованої ради К 04.01.01 при Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України за адресою: 290601, м. Львів, вул. Наукова, 5.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розісланий « _____ » _____ 199__р.

*Вчений секретар
спеціалізованої ради*

БУНЬ Р. А.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00777748 (1)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Цифрова обробка, розпізнавання і аналіз зображень знаходять широке застосування в багатьох автоматизованих технічних системах управління, які використовують дані у вигляді зображень. Це системи технічного зору в робототехніці і складних технічних системах, дистанційне зондування, автоматичне розпізнавання друкованих знаків в читачих автоматах, неруйнівний контроль якості промислових виробів, розпізнавання рентгенівських знімків для потреб медичної діагностики та інш. Цифрова обробка зображень дозволяє автоматизувати виробничі процеси, підвищити продуктивність праці і ефективність наукових досліджень. Однак універсальні ЕОМ неекономічні при виконанні відносно простих локальних операцій, а цифрова обробка зображень, припускаючи подання зображень у вигляді двомірних матриць даних, призводить до необхідності створення для цих даних пам'яті великого обсягу. В цьому випадку затрачується багато машинного часу для передачі даних зображень між основною пам'яттю і допоміжним запам'ятовувачим пристроєм.

Апаратні засоби спеціального призначення, оптимізовані для обробки зображень, реалізують високі потенційні можливості сучасної мікроелектроніки, яка дозволяє створити запам'ятовувачий пристрій великого обсягу на кристалах, а паралельна архітектура спеціалізованих обчислювальних засобів дозволяє розв'язувати задачі обробки, розпізнавання і аналізу зображень в реальному масштабі часу. При розробці високоефективних засобів вимагається насамперед визначити ос-

новні властивості внутрішнього паралелізму алгоритмів та закономірності, яким підпорядковується структура паралельних процесів обробки інформації. Тому визначення класів алгоритмів обробки зображень, що допускають розпаралелювання на заданому рівні і дозволяють реалізувати їх в реальному часі, є актуальною задачею розробки спеціалізованих високопродуктивних обчислювальних засобів паралельної дії.

Мета роботи та задачі дослідження. Метою роботи є розробка і дослідження високоефективних алгоритмів і спеціалізованих засобів паралельної дії для обробки швидкопоступаючих зображень об'єктів в реальному масштабі часу. При цьому розв'язуються наступні задачі:

- розробка принципів розпаралелювання алгоритмів для високопродуктивної попередньої обробки зображень;
- розв'язок задачі відображення паралельних алгоритмів в обчислювальні системи паралельної дії;
- розробка узагальнених паралельних і магістральних алгоритмів відновлення і фільтрації зображень об'єкта;
- синтез однорідних обчислювальних середовищ (ООС), оптимізованих для створення спеціалізованих обчислювальних засобів обробки зображень;
- реалізація на ООС алгоритму фільтрації зображення із збереженням контура.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач застосовувались методи теорії розпізнавання образів, теорії ймовірності і математичної статистики, теорії інформації та кодування, методи імітаційного моделювання.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. Виходячи з теоретико-множинного підходу, досліджено моделі високопродуктивних систем паралельної обробки зображень в реальному часі.

2. Синтезовано проблемно-орієнтовані паралельні обчислювальні структури та високопродуктивні спецпроцесори паралельної дії для систем попередньої обробки і аналізу зображень.

3. Запропоновано та досліджено математичні моделі зображень об'єктів при умові дії завад з різними законами розподілу, інтенсивністю і функцією їх дії на зображення об'єкта. Визначено можливості розпаралелювання обробки інформації при реалізації запропонованих алгоритмів покращення якості при формуванні зображень об'єкта на основі ітераційних методів.

4. Реалізовано на ОС алгоритми фільтрації зображення із збереженням контура, які базуються на виділенні "вікон" (підматриць).

Автор захищає :

1. Запропоновані узагальнені паралельні і магістральні алгоритми відновлення та фільтрації зображень об'єкта в довільному напрямку поля спостереження, наведені схеми їх реалізації.

2. Результати дослідження алгоритмів відновлення та фільтрації зображень для ряду важливих часткових випадків просторового диференціювання, просторового та логічного згладжування, порівняння з еталоном і виділення неав'язаних зображень об'єктів.

3. Спосіб опису, розпізнавання і класифікації об'єктів, згідно якого складні зображення описуються за допомогою

слів, фраз і т.д. із застосуванням граматики і алфавіту, який складається із букв, що визначають прості об'єкти (або утворюючі об'єкти). Підхід дає можливість в ряді випадків розглядати складні об'єкти з врахуванням всіх афінних перетворень: паралельний перенос, обертання, подібність. Він базується на принципах рекурсивності та ієрархічної структури об'єкта, що дозволяє проводити глибоке розпаралелювання обробки інформації на заданому рівні при описі, розпізнаванні та класифікації складних зображень в реальному масштабі часу.

4. Спосіб синтезу та налаштування паралельних алгоритмів для ООС і реалізації функцій додавання, зміни знаку числа, віднімання, виділення модуля числа, множення восьмирирядних чисел в модифікованому додатковому коді (МДК) без розпаралелювання, виділення мінімальної із двох дисперсій і відповідного їй середнього.

5. Запропоновану обчислювальну систему на базі ООС, що працює за принципом конвейєра.

Практична цінність. Робота виконувалася в рамках планової тематики Фізико-механічного інституту ім.Г.В. Карпенка НАН України (Постанова Президії АН УРСР № 535 від 25.11.1983р. і № 474 від 27.12.1985р.), а також в рамках господарських угод.

Реалізація результатів роботи. На основі запропонованих узагальнених паралельних та магістральних алгоритмів відновлення і фільтрації зображень створено спеціалізовані процесори "Фільтр-3", "Фільтр-4" і "Фільтр-5", які виготовлені на Дослідному заводі СМІ НАН України. Вони мають швидкодію, достатню для обробки телевізійних зображень в реаль-

ному масштабі часу і використовуються в спеціалізованих системах реального часу.

Розроблено програмні засоби і структурні схеми елементів для реалізації ООС, в яких потоки інформації обробляються згідно програми, проходячи послідовно від комірки до комірки в матриці ООС. Вони можуть застосовуватися як для цифрової обробки реальних зображень, так і на етапі розробки і тестування нових методів на модельних зображеннях.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на Всесоюзних конференціях і семінарах: "Розпаралелювання обробки інформації" (м. Львів, 1985 р., 1986р.), "Автоматизовані системи обробки зображень (АСОЗ-86)" (м. Львів, 1986р.), "Математичні методи розпізнавання зображень" (м. Львів, 1987р.) і Міжнародній конференції з інформаційних технологій і систем (ITIC - 93) (м. Львів, 1993 р.).

Публікації. Основний зміст роботи відображений в дев'ятьох публікаціях.

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів та висновків, викладених на 114 сторінках із 17 рисунками, містить список літератури на 108 найменувань і три додатки. Загальний обсяг дисертації - 149 сторінок.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, відзначаються відомі результати та нерозв'язані проблеми, а також визначається мета роботи і напрямки досліджень для досягнення поставленої мети.

В першому розділі роботи викладено принципи відобра-

ження паралельних алгоритмів в паралельні системи обробки інформації. Вихідним є визначення обчислювальної системи паралельної обробки інформації для високопродуктивного аналізу і обробки, згідно якого системою S обробки інформації називається відношення на непустих множинах V_i , причому

$$S \subset \times \{V_i : i \in I_n\}.$$

З метою дослідження можливості налаштування проблемно-орієнтованих паралельних обчислювальних систем обробки і аналізу зображень на реалізацію конкретних алгоритмів, такий довільний алгоритм представляється у вигляді послідовності функціональних операторів $O_i, i = \overline{1, m}$. На цій послідовності будується функціональна граф-схема алгоритму, в якій кожному функціональному оператору ставиться у відповідність вершина графа, а вершини графів, що відповідають операторам $O_i, i = \overline{1, m}$ і $O_j, j = \overline{1, m}$ з'єднуються між собою тільки в тому випадку, якщо результат, отриманий від реалізації оператора O_i є одним із аргументів оператора O_j . Побудована таким чином граф-схема повністю відображає внутрішню структуру алгоритму і визначає множини його програмних розв'язків.

Однак, через відсутність правил формування функціональних операторів і труднощі машинної реалізації, більш прийнятливим є підхід, при якому умова для паралельного виконання операторів і у випадку лінійної програми формується :

- O_i і O_j інформаційно-незалежні, якщо :
- $In O_i \cap Out O_j = \emptyset \wedge Out O_i \cap In O_j = \emptyset \wedge Out O_i \cap Out O_j = \emptyset,$
- де $In O$ - вхідні набори оператора O ;
- $Out O$ - вихідні набори оператора O .

Ця умова відображає інформаційні зв'язки у функціональному

графі, а також зв'язки по пам'яті. У випадку програми із розпізнавачами між її операторами наявні зв'язки третього типу - управляючі (логічні), що в загальному випадку породжують різні ланцюжки у функціональній граф-схемі при різних даних. Тоді оператори O_i і O_j вважаються паралельними, якщо вони паралельні в будь-якому ланцюжку функціональної схеми.

На основі вищесказаного про представлення програми в ярусно-паралельній формі і застосовуючи теоретико-системний підхід розглядається одна із моделей розпаралелювання алгоритму A обробки інформації, який представляється у вигляді системи: $S = \{X, C_o, Y\}$, де X - вхідна множина, що визначає вхідні дані (слова); Y - вихідна множина, що визначає вихідні дані (слова); C_o - канал, в якому здійснюється перетворення (арифметичні і логічні операції).

Найбільший практичний інтерес викликає випадок, коли система S не містить управляючих підсистем, що визначають порядок роботи решти підсистем. Тоді, представляючи кожен раз систему S у вигляді послідовності інформаційно-взаємозалежних підсистем $S_{q_1}, S_{q_2}, S_{q_3}, \dots, S_{q_{\infty}}$ приходимо безпосередньо до перетворення структури послідовної обробки інформації в паралельно-послідовну структуру обробки, тобто в ярусно-паралельну форму (ЯПФ). В процесі паралельних поділів важливо, щоб характеристики перетворюючих каналів $C_{\infty k}^k$ виділеної множини інформаційно-взаємозалежних підсистем $S_{q_{\infty k}}$ системи S були однаковими. При цьому алгоритм A обробки інформації представляється у вигляді однорідної системи, яка має значні переваги у вартості технічної реалізації над неоднорідною, в компактності побудови і забезпеченні

високої надійності.

Розглядається синтез систем обробки інформації для проведення ярусно-паралельної реалізації алгоритма, а також магістральних методів реалізації процесу обробки інформації, якої дає можливість побудови однорідних структур і середовищ на реалізацію задачі в заданому режимі обробки поступачої інформації і здійснюється за допомогою операторів каскадного з'єднання, паралельного з'єднання і замикання зворотнього зв'язку, які практично вичерпують більшість можливих з'єднань.

Показано, що при магістральному розпаралелюванні обробки інформації, яка поступає у вигляді телевізійного зображення, дані зображення обробляються послідовно в процесі розгортки зображення, наприклад, стрічкової. Тут виконується паралельне обчислення значень заданої локальної функції від значень відліків зображення, розташованих в околицях обчислюваного відліку. Значення відліків зображення з буферної пам'яті поступає на конвеєр етапів обробки інформації. На кожному етапі обробки виконується одна і та ж сама операція послідовно для кожного елемента даних.

У другому розділі досліджено задачі розпаралелювання алгоритмів обробки інформації в системах попередньої обробки зображень. Зображення об'єкта $\tilde{v}(x, y)$ розглядається у вигляді функції $f(\xi, \eta)$ розподілу енергії, яка випромінюється об'єктом. Допускається, що система обробки зображень лінійно впливає на сигнали і вони нагромаджуються в площині зображення об'єкта також лінійно. В цьому випадку процес формування зображення об'єкта можна записати за допомогою співвідношення $\tilde{v}(x, y) = D[v(x, y)] + \eta_0(x, y)$, де $v(x, y)$ - оригі-

нал; D - спотворюючий оператор; $\eta_0(x, y)$ -завада.

Визначення $v(x, y)$ із даного співвідношення можна здійснити за допомогою ітераційного методу проєкції, який полягає в тому, що для k -ї ітерації наближений розв'язок $v^k(x, y)$ визначається через наближений розв'язок для попередньої ітерації $v^{k-1}(x, y)$ і різницю $\tilde{v}(x, y) = D[v^k(x, y)]$. Як початкове наближення можна вибрати $v^0(x, y) = v(x, y)$. Однак з точки зору реалізації такий алгоритм малоприятний в системах реального часу, оскільки вимагає великої кількості обчислень. Показано, що даного недоліку позбавлена модифікація цього алгоритму, яка ґрунтується на принципах магістральної обробки інформації із застосуванням операторів рекурсії і суперпозиції при реалізації двовірного цифрового рекурсивного фільтра, що допускає розпаралелювання обробки інформації на заданому рівні за допомогою однорідних обчислювальних середовищ.

Якщо на полі спостереження P розмірності $n \times n$ задано спотворене завадою $\eta(x, y)$ зображення $\tilde{v}(x, y) = v(x, y) + \eta(x, y)$, що відповідає зображенню $v(x, y)$ деякого об'єкта, то відновлення і корекцію такого спотвореного завадами зображення можна здійснити за допомогою запропонованого конструктивного алгоритму відновлення і корекції $A_{в.к.}$, який ґрунтується на структурному підході і є паралельним алгоритмом.

В цьому випадку зображення об'єкта представляється за допомогою слова v , довжиною n^2 : $v = (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{nn})$, де $a_{ij} \in E$, $i, j = 1, n$. Кожне слово v складається із підслів виду \tilde{v}_2 . Тоді слово \tilde{v} , що відповідає спотвореному зображенню $\tilde{v}(x, y)$, представлятиметься словом v , що відповідає оригінальному зображенню $v(x, y)$ і похибком v_η , внесеною в оригінал завадами $\eta(x, y)$ у вигляді $\tilde{v} = v + v_\eta$. Приймаючи за ϵ -кратну похибку в

слові таку, при якій в ньому виникло поспіль t похибок, похибку в слові \mathcal{U} назвемо $(z_1, z_2, \dots, z_k, t_1, t_2, \dots, t_k)$ -кратною, якщо в ньому виникли (z_s, t_s) -кратні похибки $(s=1, k)$, визначаються по чергово кон'юнкції $\tilde{v}_i \wedge v_{g_i}, g_i = \overline{1, n-t_k+2}$ по всім g_i, i , внаслідок чого в слові \mathcal{U} виправляються всі похибки кратності $\leq t_k$. Досліджено конструктивний алгоритм $A_{\alpha, k}$ для відновлення і корекції зображення об'єкта в умовах різних функцій дії завад, який при представленні процесів почергового визначення кон'юнкції за допомогою оператора суперпозиції S допускає розпаралелювання обробки інформації на заданому рівні корекції і час його реалізації дорівнює часу реалізації операцій корекції цього рівня, що забезпечує масштаб реального часу. При подиничному потоці елементів для формування зображення об'єкта (послідовному формуванні зображення об'єкта) і при застосуванні оператора рекурсії R алгоритм $A_{\alpha, k}$ допускає магістральну обробку інформації на заданому рівні корекції цього рівня, що забезпечує масштаб реального часу.

Третій розділ присвячений дослідженню узагальнених паралельних і магістральних алгоритмів відновлення та фільтрації зображень об'єкта. В ньому розглянуто принципи розпаралелювання і магістральної обробки інформації, а також запропоновано магістральний алгоритм виділення нез'язаних зображень об'єкта. З цією метою спотворене зображення об'єкта на полі спостереження \mathcal{P} розмірності $n \times n$ задається словом \tilde{v} у вигляді:

$$\tilde{v} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

$$a_{n1} \ a_{n2} \ a_{n3} \ \dots \ a_{nn})$$

із \tilde{v} наступним чином виділяється слово $\tilde{v}^{(s,k,l,q)}$

$$\tilde{v}^{(s,k,l,q)} = (a_{sk} \ a_{s,k+1} \ \dots \ a_{s,k+q-1} \\ a_{s+1,k} \ a_{s+1,k+1} \ \dots \ a_{s+1,k+q-1} \\ \dots \dots \dots \\ a_{s+l-k,k} \ a_{s+l-k,k+1} \ \dots \ a_{s+l-k,k+q-1}),$$

яке відповідає деякій частині зображення \tilde{v} і визначає "вікно" довільної форми, котре вписується в прямокутник розмірності $l \times q$ на полі спостереження \mathcal{P} . Таким чином, кожне слово складається із слів $\tilde{v}^{(s,k,l,q)}$, причому може проглядатися не в одному напрямку поля спостереження, а під довільним кутом α (якщо $\alpha = \frac{\pi}{2}$; то \tilde{v} називається транспонованим). Якщо деяка функція $f(\tilde{v}^{(s,k,l,q)}) = a_{ij}$, де $(i,j) \in (s,k,l,q)$,

$i = s, s+l-1$, $j = k, k+q-1$; визначає відновлення і фільтрації деякої частини $\tilde{v}_{A(i)}$ зображення об'єкта, яка відповідає слову $\tilde{v}^{(s,k,l,q)}$, то в результаті отримуємо початкове значення $\tilde{v}_{A(i)} = a_{ij}$. При цьому: $f(\tilde{v}^{(s+s_1,k,l,q)}) = a_{i+s_1,j}$;

$f(\tilde{v}^{(s,k,l,q)}) = a_{i,j+s_1}$ і взагалі $f(\tilde{v}^{(s+s_1,k+k_1,l,q)}) = a_{i+s_1,j+k_1}$. Таким чином, змінюючи $s+s_1$; $k+k_1$, можна отримати початкове зображення об'єкта, припускаючи, що отримання $a_{i+s_1,j+k_1}$ не залежить від a_{ij} . Тоді запропонований раніше конструктивний алгоритм $A_{a.k}$ відновлення і корекції зображення перетворюється в узагальнений паралельний алгоритм відновлення і фільтрації зображення об'єкта, що допускає розпаралелювання обробки інформації на заданому рівні корекції, причому час реалізації алгоритму $A_{a.p}$ рівний часу реалізації функції корекції і дозволяє забезпечити масштаб реального часу.

При формуванні зображення об'єкта на полі спостережен-

ня із окремих елементів пострічково алгоритми $A_{c.l.}$ допускає магістральну обробку інформації на заданому рівні корекції, а при застосуванні оператора рекурсії R він перетворюється в узагальнений магістральною алгоритми $A_{c.m.}$ відновлення і фільтрації зображення, що допускає магістральну обробку інформації на заданому рівні корекції, яка визначає час реалізації алгоритму $A_{c.m.}$ і забезпечує масштаб реального часу.

Досліджені часткові випадки узагальнених паралельних і магістральних алгоритмів відновлення і фільтрації зображень об'єкта, а саме: паралельні і магістральні алгоритми просторового диференціювання, просторового згладжування, порівняння з еталоном і кореляційні оператори. Ці алгоритми відрізняються від розглянутих раніше алгоритмів $A_{c.l.}$ і $A_{c.m.}$ функціями f , які використовуються і які визначають відновлення і фільтрації зображень об'єкта. Визначено клас $K_{l.m.}$ паралельних і магістральних алгоритмів для відновлення і фільтрації зображень об'єктів на полі спостереження, які допускають високопродуктивну обробку інформації за допомогою паралельних і магістральних систем.

Наведено магістральною алгоритми виділення незв'язаних зображень об'єкта, в якому відображена сучасна концепція обробки і розпізнавання складних зображень об'єктів, котра полягає в тому, що складне зображення поділяється на простіші, а після аналізується взаємне розташування окремих об'єктів. Аналіз взаєморозташувань дозволяє скласти тримірний опис ситуації, представлений двомірним складним зображенням. Цей опис складається з процесу знаходження спільних контурних ліній окремих об'єктів, розмітки вершин і ліній, об'єднання об'єктів за принципом спільних ознак пострічкової

градації яскравості $PR_{i5}(k)$ для кожної k -ої послідовності елементів S -ої градації яскравості на i -ій стрічці складного зображення об'єктів, представленого на полі спостереження \mathcal{S} розмірності $M \times N$ деяким алфавітом (рівнями яскравості). Кожна стрічка зображення розбивається на сегменти $P_{i5}(k)$ з послідовністю рівнів яскравості і кожному з цих сегментів ставиться у відповідність список ознак $PR_{i5}(k)$, утворюючи пари між елементами списків ознак і послідовності рівнів яскравості. Такі пари утворюють на кожній стрічці зображення класи градацій яскравості цієї стрічки, які в сукупності формують клас цієї стрічки. В свою чергу, класи стрічок утворюють спільний клас поля спостереження. Сукупності однакових ознак градації яскравості незалежно від сегмента і стрічки його знаходження формують списки узагальнених ознак. Здійснивши послідовне порівняння ознак між сегментами, стрічками за класами ознак і заміняючи на основі такого порівняння списки ознак узагальненими ознаками із алфавітів узагальнених ознак, отримуємо магістральний алгоритм виділення незв'язаних зображень об'єкта, в результаті обробки поля спостереження яким по кожному із об'єктів розповсюджується своя узагальнена ознака, причому це розповсюдження відбувається одночасно по всіх об'єктах. Такий підхід може ефективно застосовуватись для попередньої обробки зображень об'єктів в системах розпізнавання і класифікації.

В четвертому розділі представлено елементарне забезпечення ООС, які по суті представляють собою геометрично правильну решітку з не менш ніж двома вісями симетрії, у вузлах котрої розташовані однотипні комірки, що володіють функціональною і з'єднувальною повнотою.

Оптимальність застосування ООС для створення спеціалізованих обчислювальних засобів, в тому числі і для обробки зображень, обумовлена паралельністю виконання операцій, програмованістю структури і конструкційною однорідністю, що в сукупності забезпечує високу швидкість і економічність апаратурної реалізації цих засобів.

В процесі створення елементного забезпечення ООС враховувалися загальні відомості про структуру ООС та її основних блоків: блоку додавання, блоку зміни знаку числа, блоку віднімання, блоку виділення модуля числа, блоку множення восьмирозрядних чисел в МДК без розпаралелювання, блоку виділення мінімальної з двох дисперсій і відповідного їй середнього на ООС. Принциповий підхід до структури ООС полягає в тому, що потоки інформації, які подаються на інформаційні входи обчислювальної комірки, обробляються згідно з програмою, просуваючись послідовно від комірки до комірки в матриці ООС. Залам'ятовувачі комірки забезпечують аберігація проміжних результатів обчислень і погодження великих часових інтервалів при обробці великих потоків інформації.

Обчислювальна система працює за принципом конвеєра, який на одному кінці з кожним тактом завантажується інформацією, а на іншому - відбувається розвантажування отриманого результату обробки інформації.

В основу системи закладені два типи комірок:

- обчислювальна, яка складається з арифметико-логічного пристрою (АЛП) і каналу транзитних зв'язків для передачі інформації без змін;
- залам'ятовувач у вигляді регістра з регульованою довжиною, що містить канал транзитних зв'язків.

Обчислювальна комірка адатна приймати дані з двох із чотирьох вхідів $a_1 - a_4$, обробляти їх в АЛП і результат передавати на один із чотирьох виходів $b_1 - b_4$. При необхідності можлива додаткова затримка на один такт.

При розв'язку задач великої розмірності для істотного скорочення числа використовуваних комірок в програму включена операція "розширеної транзит", виконання якої являє обробку даних в АЛП і його входи використовуються в ролі додаткових вхідів транзита.

В п'ятому розділі досліджена реалізація на ООС алгоритму фільтрації зображення із абереженням контура. В цьому алгоритмі, як і в багатьох інших алгоритмах покращення якості зображень, необхідно виділяти "вікна" (підматриці) із деякої основної числової матриці зображення. Слід відмітити, що одночасна подача на плату ООС всіх стрічок матриці зображення призводить до суттєвих, а на даному етапі розвитку елементної бази ООС, і до неодоляних труднощів в реалізації деяких алгоритмів обробки зображень на ООС. Тому, в розглянутому випадку обробки (фільтрації) зображень із абереженням контура матриця зображення подається на входи плати ООС послідовно стрічка за стрічкою.

Алгоритм обробки зображення передбачає виділення з вхідної матриці A зображення розмірності 256×256 послідовності підматриць розмірності 5×5 згідно наступного принципу: для чергової сукупності п'яти стрічок "вікно" проглядає всі стовпці від першого по 256-й і на кожному черговому кроці обробки асувається на один стовпець вправо. Сукупність 5-ти стрічок, по закінченні обробки по стовпцях, асувається на одну стрічку вниз. В подальшому, для кожного "вікна" необ-

хідно виконати наступні дії:

- а) вибрати згідно відомого принципу 9 областей;
- б) для кожної області визначити середнє значення і дисперсію;
- в) вибрати найменшу дисперсію і відповідне для даної дисперсії середнє значення помістити на місце елемента, який стоїть на перетині діагоналей матриці.

Таким чином, ООС повинно бути налаштованим на виконання дій а) -- в) по обробці "вікна". "Вікна" по чергово входять в ООС і обробляються. Якщо елементи матриці A поступають на плату ООС одним основним потоком (ОП) послідовно по стрічках і представлені в 16-ти розрядному модифікованому коді (МДК), то для виділення "вікон" розмірності 5×5 від основного потоку при поступленні відгалужуються 4 потоки: ОП₂, ОП₃, ОП₄, ОП₅ і затримуються в однорідному запам'ятовуючому середовищі відповідно на $255 \times 16 \times (j-1)$ такти, де ($j=2,3,4,5$) - номер потоку.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Досліджена і визначена високопродуктивна обчислювальна система паралельної обробки інформації в реальному часі та досліджені класи алгоритмів, які ґрунтуються на ярусно-паралельному і магістральному принципах обробки інформації і допускають розпаралелювання на заданому рівні.

2. На базі ітераційних методів розроблено алгоритм економічного і достовірного опису та обробки в реальному часі зображень різної складності, що реалізується на ООС у вигляді двовірного рекурсивного фільтра.

3. Запропоновано та досліджено магістральний алгоритм виділення незв'язаних зображень, що базується на поділі складного зображення на простіші і аналізі взаєморозташувань окремих зображень в довільному напрямку; запропоновано узагальнений паралельний алгоритм і показана можливість його реалізації при обробці зображень в реальному часі.

4. Реалізовано на ООС алгоритм фільтрації зображення із збереженням контура.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в наступних роботах:

1. Батюк А. Е., Луцьк А. Ю., Пеленский А. Л. Конвейерная реализация псевдомедианной обработки изображений / Пятая Всесоюз. шк.-семинар "Распараллеливание обработки информации": Тез. докл. и сообщ. - Львов: Физ.-мех. ин-т им. Г. В. Карпенко АН УССР, 1985. - Ч. 3. - С. 17-18.

2. Луцьк А. Ю., Пеленский А. Л. Настройка алгоритмов обработки изображений на ОВС / Там же. - С. 15-16.

3. Луцьк А. Ю., Батюк А. Е., Пеленский А. Л. Обработка изображений на базе мультиконвейерных вычислительных структур / Вторая Всесоюз. конф. "Автоматизированные системы обработки изображений (АСОИ-86)": Тез. докл. - Москва: Наука, 1986. - С. 276-277.

4. Батюк А. Е., Луцьк А. Ю., Пеленский А. Л. Вычислительная система для обработки телевизионных изображений на базе однородных вычислительных сред / Шестая Всесоюз. шк.-семинар "Распараллеливание обработки информации": Тез. докл. и сообщ. - Львов: Физ.-мех. ин-т им. Г. В. Карпенко АН УССР, 1987. - Ч. 2. - С. 4.

Б. Луцки А.Ю., Луцки О.А., Пеленский А.Л. Параллельный подход к предварительной обработке изображений / Там же. - С. 380.

6. Пеленский А.Л., Луцки А.Ю., Луцки О.А. Выделение фрагмента матрицы изображения на базе однородных вычислительных сред / Третья Всесоюз. конф. " Математические методы распознавания образов (ММО-III) " : Тез. докл. - Львов: Физ.-мех. ин-т им. Г.В.Карпенко АН УССР, 1987. - С.136-137.

7. Пеленский А.Л. Быстрые алгоритмы выделения минимальной из двух дисперсий и соответствующего ей среднего / Там же. - С. 149 -150.

8. Пеленський О.Л. Магістральний алгоритм виділення неав'язаних зображень об'єкта / Перша міжнародна конференція з інформаційних технологій і систем (ITIS-93). - Т.1. - Львів: Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В.Карпенка АН України, 1993. - С.56-58.

9. Пеленський О.Л. Узагальнений паралельний алгоритм відновлення і фільтрації зображень об'єкта / Там же. - С.59-60.

Особистий внесок автора в отриманні основних результатів у працях, написаних у співавторстві :

- постановка задачі та розробка алгоритму конвейєрної реалізації псевдомедіанної обробки зображень [1];
- розробка алгоритмів обробки зображень на ООС [2];
- постановка задачі побудови обчислювальної системи для обробки телевізійних зображень і визначення різних підходів до розв'язку поставленої задачі [4];
- дослідження можливості розпаралелювання і високопродуктивної попередньої обробки сигналів на основі ітераційних

методів [5];

- в роботах [3,6] автори прийняли рівну творчу участь.

Пеленский А.Л. Высокоэффективные алгоритмы и средства параллельного действия для обработки быстропротекающих сигналов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.14 - системы обработки информации и управления, Физико-механический ин-т НАН Украины, Львов, 1994.

Разработаны и исследованы высокоэффективные алгоритмы и спецпроцессоры параллельного действия для обработки изображений в реальном масштабе времени. Исследована возможность реализации на однородной вычислительной среде алгоритмов фильтрации с сохранением контура. Созданы программные средства и структурные схемы для обработки сигналов на однородных вычислительных средах применительно к цифровой обработке изображений. На основе предложенных алгоритмов и структурных схем созданы спецпроцессоры параллельного действия для обработки телевизионных сигналов, используемые в системах реального времени.

Pelenskyj A.L. High-effective parallel algorithms and means for highspeed signal processing.

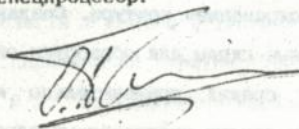
Thesis for receiving of scientific degree of candidate of engineering sciences at speciality 05.13.14- data processing and control systems, Physics-Mechanical Institute of National Ukrainian Academy of Sciences, Lviv, 1994.

The high-effective algorithms and parallel specialized processors for image processing in real time have been

designed and examined. The possibility of implementation of filtering algorithms with edge preserving on homogeneous computing structures have been investigated. The software and structural schemes for digital image processing on homogeneous computing structures have been developed. The parallel specialized processors for TV signal processing based on the suggested algorithms and structural schemes, which are used in real time systems, have been designed.

Ключові слова :

обробка сигналів, алгоритм, розпаралелювання обчислень, режим реального часу, спецпроцесор.



Підписано до друку 20.09.94. Формат паперу $60 \times 84^{1/16}$. Папір офсетний № 2. Друк. офсетний. Ум. друк. арк. 1,3. Ум. фарбо.-відб. 1,3. Тираж 100. Зам. 1290.

Навчально-виробничі майстерні Львівського поліграфічного технікуму
290004, м. Львів, вул. Винниченка, 12

AB 30.924