

Вінницький політехнічний інститут

На правах рукопису

Фурдіяк Наталія Олександрівна

Дослідження пірамідально-сітьової обробки  
інформації для паралельних обчислювальних  
структур нейрорподібного типу

Спеціальність 05.13.16 - застосування  
обчислювальної техніки,  
математичного моделювання  
і математичних методів  
у наукових дослідженнях

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Вінниця 1993



Робота виконана у Вінницькому політехнічному інституті на кафедрі вищої математики.

Науковий керівник : доктор технічних наук, професор  
Кожем'яко В.П.

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор  
Волков О.А.,  
кандидат технічних наук Яремчук В.Ф.

Провідна установа : НВО "Астрофізика", м. Москва .

Захист відбудеться " 29 " травня 1993 р. о 13 годині  
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 068.34.01 у Вінницькому  
політехнічному інституті за адресою: 286021, м. Вінниця, Умеляницьке  
 шосе, 95, ВПІ.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ВПІ.

Автореферат розісланий " 28 " квітня 1993 р.

Відгуки на автореферат в одному екземплярі, скріплені  
печатком організації, просимо надсилати на адресу інституту  
вченому секретареві спеціалізованої вченої ради.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради Д068.34.01 кандидат  
технічних наук, доцент

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

  
В.В. Колодій

## Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Сучасний рівень розвитку засобів та методів, що використовуються в обчислювальній техніці, може бути охарактеризований швидким розвитком надпотужних комп'ютерних систем. Поряд з розробкою і застосуванням традиційних обчислювальних засобів, орієнтованих на програмні принципи управління, в останній час набули розвитку нетрадиційні принципи організації обчислень. Показником цього може бути японська програма розвитку комп'ютерних засобів з нежорсткою та гнучкою обробкою інформації - *Real Computing Program*, що складається з трьох пріоритетних напрямків: розвиток паралельних обчислювальних систем, нейронних сітей з можливістю гнучкого управління зв'язками комп'ютерів-нейронів та розвиток оптичних обчислювальних машин.

Поряд з визначними успіхами обчислювальної техніки можна побачити серйозні протиріччя, що виникають у методології розробки її засобів. Вони полягають у невідповідності, з одного боку - функціонування мозку людини та машини, а з іншого - мислення та лічби машиною. Найскладніший образ по шести сенсорним каналам, якщо не всі фактори відомі, людина пізнає вміть, але в той же час найпростіші арифметичні операції становлять для неї труднощі.

Для розв'язання цього протиріччя важлива розробка таких проблемно-орієнтованих обчислювальних середовищ, структура яких, з одного боку, забезпечить легко перетворювані прості обчислювальні операції, а з іншого - універсальну однорідну структуру сіті.

З метов розробки та дослідження нових засобів обчислень для паралельних обчислювальних структур нейроподібного типу в дисертаційній роботі запропоновано нові методи, математичні та структурно-функціональні моделі пірамідально-сітрової обробки інформації.

ції, які в поєднанні з оптичними методами спроможні дати новий поштовх у розвитку нейроподібних засобів обчислювальної техніки.

Загальна методологія та концепція пірамідально-сітьового перетворення і побудови на його основі нейроподібних середовищ запропоновано канд.техн.наук Тимченком Л.І.

Метов роботи в розробка математичних моделей та дослідження принципів структурної організації пірамідально-сітьової обробки інформації для паралельних обчислювальних структур. Для досягнення цієї мети поставлені та розв'язані такі задачі :

1. Сформульовані вимоги, що ставляться до паралельно-ієрархічних структур;
2. Розроблено формальний апарат логіко-часових функцій, що описують часові процеси, які відбуваються в обчислювальних приладах логіко-часового типу;
3. Розроблено математичну і структурно-функціональну моделі пірамідальної обробки інформації (ПОІ);
4. Розроблено структурно-функціональну модель пірамідально-сітьової обробки інформації (ПСОІ);
5. За допомогою програмної реалізації алгоритму ПОІ проведено аналіз швидкості здійсності цього процесу.

Методи дослідження базуються на використанні апарату математичного аналізу, теорії множин, математичної логіки, теорії ймовірностей, програмування та теорії математичного моделювання.

Наукова новизна . У дисертаційній роботі

- розроблено новий метод пірамідально-сітьової обробки інформації;
- розроблено нові обчислювальні алгоритми пірамідальної та пірамідально-сітьової обробки інформації для обчислювальних приладів, що функціонують у реальному часі;
- розроблено нові обчислювальні структури пірамідальної обробки інформації та досліджено принципи їх побудови;

- досліджено ефективність пірамідальної обробки інформації;
- з метою реалізації паралельних обчислювальних структур розроблено математичну модель пірамідальної обробки інформації.

Практична цінність. Дослідження виконувалися згідно з планом Мінвузу УРСР (додаток до повідомлення Мінвузу УРСР від 19.07.89 № ІІО-2/Б4-100). Результати досліджень включені у комплексну програму секції "Оптоелектроніка" АН України та "Оптичні процесори" Держкомітету СРСР по народній освіті (наказ №13-39 від 15.05.90).

У дисертаційній роботі

- розроблено спосіб пірамідального перетворення для пірамідальної обробки інформації;
- розроблено паралельні обчислювальні структури для пірамідальної обробки інформації;
- розроблено пірамідально-сітєвий метод обробки інформації, який є базовим для реалізації операцій кодування, перетворення та стиску інформаційних полів даних;
- розроблено алгоритмічні засоби для реалізації пірамідально-сітєвого методу обробки інформації.

Результати роботи, а саме, алгоритми паралельної обробки інформації, упроваджені у таких науково-дослідних роботах:

1. Разработка регулятора амплитудно-частотной характеристики с цифровым управлением для высококачественной бытовой радиоволновой аппаратуры / Отчет. Винницкий политехнический институт - Рук. темы: Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., исп. Фурдияк Н.Е. - № гос. рег. 01860124709, инв. № 02870020871, Винница - 1986 г.

2. Исследование и разработка схемотехнических решений цифрового управления индикаторных устройств бытовой РЭА на базе элементов оптоэлектроники / Отчет. Винницкий политехнический институт - Рук. темы: Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., исп. Фурдияк Н.Е. № гос. рег. 01870093198, инв. № 02880013442 - Винница - 1987 г.

3. Розробка волоконно-оптичної системи передачі і обробки відеоінформації / Отчет. Вінницький політехнічний інститут - Рук.темы: Кожемяко В.П.,Тимченко Л.И., исп. Фурдик Н.Е.  
 № гос.рег. 0193U018766, Вінниця - 1990

Результати теоретичних та практичних досліджень упроваджені на НВО "Інфракон", м.Вінниця, в річний ефектом 495.949 карбованців .

Результати дисертаційної роботи можуть бути застосовані на НВО "Астрофізика" ( м.Москва ), ВО "Електронмаш" ( м.Хмельницький ), ВО "Термінал" ( м.Вінниця ) та інших підприємствах, які займаються обробкою, перетворенням та передаванням цифрової інформації. Також результати роботи можуть бути застосовані при розробці автоматизованої технічної лабораторії комплексу біохімічних вимірвальних засобів, що виконується у ВПІ по Державній науково-технічній програмі України І.9.5. "Здоров'я людини".

Публікації. За темою дисертації надруковано 7 праць, серед них 2 авторських свідоцтва на винахід.

Апробація роботи. Головні результати роботи доповідалися на Всесоюзній конференції "Оптоелектроніка в приборостроєнні і інформатикі" ( Тбілісі, 1985 ) та на XII-му Всесоюзному семінарі по однорідним обчислювальним середовищам та сістемним структурам ( Львів, 1990 ).

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох глав, закінчення, списку літератури та додатків.

#### Головний зміст роботи

У вступі відзначено і аргументовано актуальність теми дисертації, сформульовано цілі та задачі дослідження, визначені науко-

ва новизна та практична цінність роботи, приведені відомості про практичне застосування результатів досліджень, про апробацію роботи, стисло викладено зміст дисертаційної роботи.

Перша глава присвячена аналізу сучасних тенденцій розвитку паралельної обробки інформації. Відмічено, що характерною рисою сучасного науково-технічного прогресу є безперервне збільшення потоку інформації, яка перетворюється. Одночасно із збільшенням об'єму інформації ускладнюються системи та прилади для її обробки, проте, сучасні ЕОМ залишаються елементарними обчислювачами. Якщо обмежитися сучасними методами і засобами обробки великих масивів інформації, то для забезпечення безперервної роботи складних та надскладних обчислювальних систем тривалість 1000 годин потрібна інтеграція на рівні  $10^6$  і більше елементів, що поки є практично недосяжним.

Задачі паралельної обробки інформації, які потребують великих швидкостей виконання, з'являються під час управління швидкими динамічними об'єктами та моделювання суцільного середовища. Також існує ряд важливих задач, які неможливо вирішити за допомогою сучасних ЕОМ та машин близького майбутнього. До них належать задачі паралельної обробки зорових і тактильних образів, які пов'язані з утворенням спеціальних засобів обробки інтелектуальної інформації, з робототехнікою та створенням штучного інтелекту.

Існують два напрямки розв'язання задач, пов'язаних з інтелектуальною діяльністю людини. Перший пов'язаний зі створенням так званих експертних систем, які являють собою спеціалізовану обчислювальну машину, що відтворює хід розв'язання людиною певних практичних задач на основі професійно орієнтованих знань. Другий напрямок пов'язаний зі створенням спеціалізованих цифрових обчислювальних систем для обробки зображень, в яких використо-

ується паралелізм алгоритмів обчислень.

Створення мікропроцесорних ЕОМ з глибоким розпаралелюванням задач, асоціативних паралельних процесорів, експертних систем для розв'язання інтелектуальних задач - суттєвий успіх в обчислювальній техніці, але це - не розв'язання проблеми. Необхідні нові принципи обробки та збереження інформації у реальному часі.

Можна виділити три головних типи відображення інформаційних полів :

- повне сприйняття характерне тим, що саме інформаційне поле використовується як внутрішній представник інформації або васіо його відображення такий, що дозволяє однозначно відновити початкове поле;
- проблемно-орієнтовне сприйняття використовує багатозначне відображення інформаційного поля у поле сприйняття, тобто інформація, яку аналізує система, являє собою ніби більшу копію реальної ситуації;
- рефлекторне сприйняття характерне тим, що ваздалегідь дана процедура перетворення інформаційного поля у кінцевий набір ознак.

Найбільш актуальним і трудомістким в пошук структур перетворених даних для проблемно-орієнтованих систем сприйняття. Існують чотири головні підходи до подання інформаційного поля для організації даних в системах цього типу: 1. пряме подання; 2. подання на основі ортогональних перетворень; 3. структурне подання; 4. подання на основі нейроподібних методів перетворення. У роботі зроблено класифікаційний аналіз проблемно-орієнтованих методів подання інформаційного поля, причому увага в основному приділяється нетрадиційним нейроподібним методам.

Пріоритет розробки пірамідальних структур обробки даних

серед вітчизняних вчених належить автору цієї роботи, захищений авторським свідоцтвом на зваб і датується 24.12.1982р.

Запропонований метод пірамідальної обробки даних складається з того, що починаючи з вихідних елементів інформаційного поля  $x_0(t, j)$ , визначається елемент з мінімальним розміром  $x_1(t, j)$ . Далі операція ітеративно повторюється. Тобто із  $x_1(t, j)$  обирають елемент з мінімальним розміром  $x_2(t, j)$ . Після  $n$  ітерацій виходить послідовність інформаційних полів, яка визначається виразом  $x_{n-1}(t, j) - x_n(t, j)$ . Якщо ці інформаційні поля розглядати як такі, що одне на друге поставлені, то приходимо до пірамідальної структури даних.

У роботі досліджено принципово новий засіб пірамідально-сітьового подання та обробки інформації, для якого алгоритм є універсальним, не залежить від структури даних і визначений на етапі проектування. Запропоновано розв'язок задачі-як проводити операції над даними, які подані у вигляді пірамідально-сітьової структури.

Цей підхід пов'язаний з виконанням операцій над множиною даних або сукупністю множин. Власне кажучи, відсутні структурно-функціональна та алгоритмічна теорії проектування обчислювальних приладів, які дозволяють виконувати пірамідально-сітьове подання і перетворення над структурними областями даних; замість цього область перетворюється по окремих точках. Це є найбільш важлива відмінність підходів людини і машини. Точка, яку перетворює машина, має лише координати, положення у просторі, але не має форми. Людина сприймає на зображенні об'єкти, які мають положення, розмір та форму. Пірамідально-сітьові структури дозволяють подати в стислому і кодованому вигляді такі елементарні частини інформаційного поля, які одночасно мають кількісну, якісну та

просторово-часові оцінки-це блоки різних ієрархічних рівнів.

З метою розв'язання задач пірамідально-сітьової обробки інформації до обчислювальних структур необхідно поставити такі вимоги:

- за аналогією з нейроподібними структурами пірамідально-сітьові обчислювальні структури повинні бути універсальними, тобто алгоритм подання даних не залежить від їх змісту і визначені на етапі проектування;

- пірамідально-сітьові обчислювальні структури повинні подавати у максимально стислому і кодованому вигляді такі елементарні частини даних, які одночасно мають кількісну, якісну та просторово-часові оцінки;

- з метою побудови пірамідально-сітьової обчислювальної структури на логіко-часовому алгоритмічному та структурному рівнях повинно даватись правило перетворення групи множин елементів початкових даних;

- організація обчислень під час реалізації пірамідально-сітьової обробки інформації повинна забезпечити функціональну та схемотехнічну однорідність та простоту;

- пірамідально-сітьова обробка інформації повинна реалізувати принцип розподілу вихідних даних.

Друга глава присвячена розробці математичної та структурно-функціональної моделей пірамідальної обробки інформації.

В основу запропонованого методу пірамідальної обробки інформації покладено засіб паралельної обробки даних. Паралельна обробка  $n$  будь-яких величин утворюється за  $m$  дій, які повторяться, де  $m$  - кількість груп однакових початкових величин. Кожна дія включає в себе відділення значущої загальної частини, яка виконується за допомогою операції порівняння. Далі утворюється кратне ціле загальної частини, причому кратність

визначається кількістю величин даної дії. Кожна наступна дія починається з відділення значущих різниць усіх величин відносно до загальної частини, що виконується за допомогою операції порівняння. Отримані різниці є початкові величини цієї дії. Кінцевий результат утворюється за допомогою складання кратних усіх  $m$  дій.

Нехай початкова інформація дана у вигляді числової множини  $M = \{a_i, i = \overline{1; n}\}$ , причому числу  $a_i$  відповідає логіко-часова функція  $f(t, t_i, T_i)$ .

$$f(t, t_i, T_i) = \begin{cases} t - t_i, & \text{якщо } t_i \leq t \leq t_i + T_i, \\ 0, & \text{якщо } t < t_i; t > t_i + T_i, \end{cases} \quad (1)$$

де  $t, t_i$  - відповідно поточне та початкове значення часового аргументу;  $T_i$  - час існування;  $T_i = a_i$ .

Математична модель пірамідальної обробки різних чисел, які подані у вигляді відповідних ЛЧФ, має вигляд

$$\sum_{t=1}^n f_t(t_i + T_i) = \sum_{t=1}^n [n - (t-1)] \min_{k=\overline{1; n}} (f_k - f_{t-1}), \quad (2)$$

де  $f_0 = 0$ , функція  $f(t, t_i, T_i) = T_i$ , якщо  $t = t_i + T_i$ ,  $T_1 < \dots < T_n$ ,

$$\min_{k=\overline{1; n}} (f_k - f_{t-1}) = T_t - T_{t-1} \quad (3)$$

Із (3) одержано

$$\sum_{t=1}^n [n - (t-1)] \min_{k=\overline{1; n}} (f_k - f_{t-1}) = \sum_{t=1}^n T_t \quad (4)$$

Перший доданок правої частини (2) відповідає першому кроку алгоритму. Дійсно, нехай  $Z_1$  - множина елементів  $T_i$ ,  $T_i \neq 0$ , які беруть участь у першому кроці алгоритму,  $Z_1 = (T_{k_1}) = (T_k - T_0)$ , де  $T_0 = 0$ ,  $T_k$  - дані числа,  $T_k \neq 0$ ,  $k = \overline{1; n}$ . Мінімум обирається із  $n$  елементів, тобто на першому кроці алгоритму одержано добуток

$$n \cdot \min_{k=\overline{1; n}} Z_1 = n \cdot \min_{k=\overline{1; n}} (T_k - T_0) = n \cdot \min_{k=\overline{1; n}} (f_k - f_0)$$

Для того, щоб розглянути наступні кроки алгоритму, впроваджено множини  $Z_2, \dots, Z_t, \dots, Z_n$ , які утворюються за правилом: елементи множини  $Z_{t+1}$  - це числа, які розглядаються на  $(t+1)$ -ому кроці. Це є різниця кожного елемента з найменшим елементом даної множини. А саме

$$Z_2 = \{T_{k_2}\} = \{T_{k_1} - \min Z_1\} = \{(T_k - T_0) - (T_1 - T_0)\} = \{T_k - T_1\}, \quad k = \overline{2; n}.$$

На другому кроці алгоритму мінімум обирається із  $(n-1)$  елементів, тобто одержуємо добуток

$$(n-1) \cdot \min Z_2 = (n-1) \cdot \min_{k=\overline{2; n}} (T_k - T_1) = (n-1) \cdot \min_{k=\overline{2; n}} (f_k - f_1)$$

Отже, другому кроку алгоритму відповідає другий доданок (2).

І так далі. По індукції доведено, що  $t$ -ому кроку алгоритму відповідає  $t$ -ий доданок (2). За  $n$  кроків алгоритму нагромаджується сума результатів виду (4).

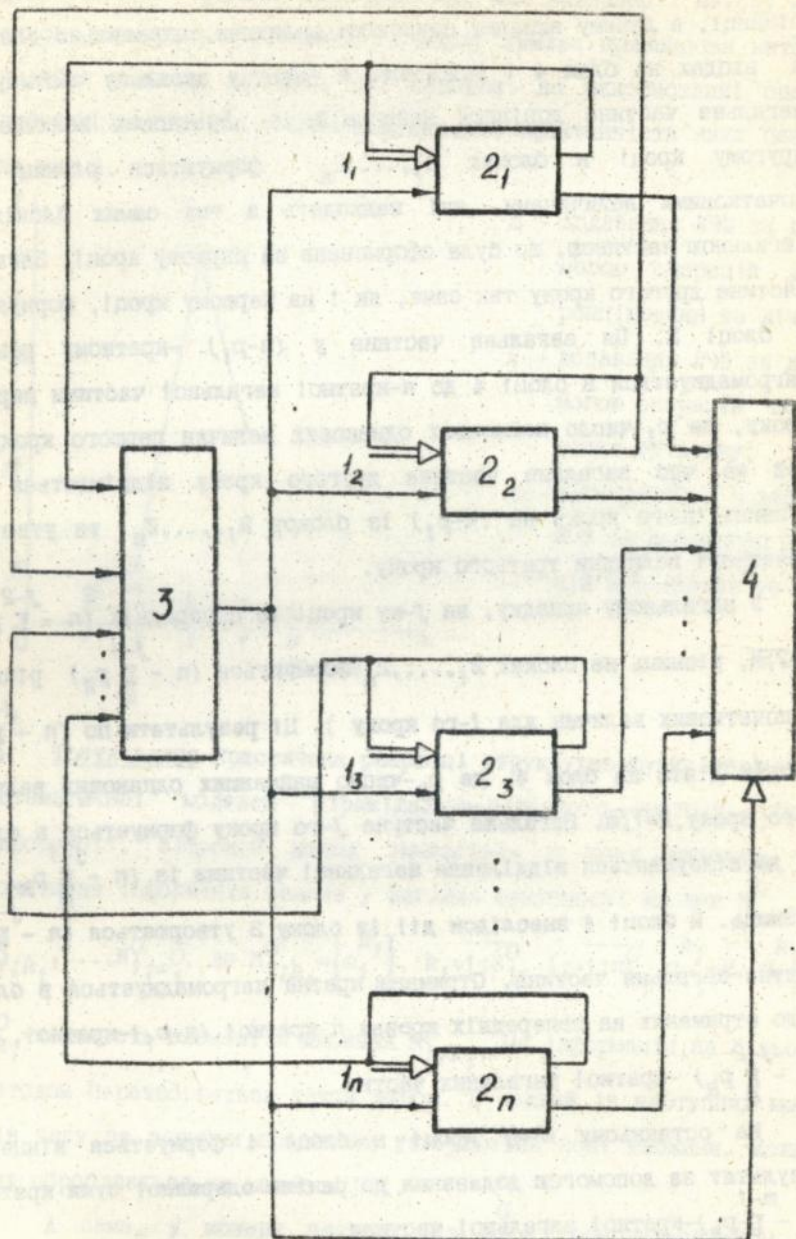
Математична модель пірамідальної обробки будь-яких (що повторюється) даних, які задані у вигляді відповідних ЛЧФ, має вигляд

$$\sum_{t=1}^n \alpha_t = \sum_{t=1}^n f_t(t_t + T_t) = \sum_{j=1}^m [n - (n_j - 1)] \min_{t=\overline{n_j; n}} (f_t - f_{n_j - 1}), \quad (5)$$

де  $m$  - кількість груп різних чисел;  $n_j$  - номер, з якого починається числа у  $j$ -ій групі;  $j = \overline{1; m}$ ;  $T_t \leq T_{t-1}$ . Аналогічно попередньому,  $j$ -ому кроку алгоритму паралельного додавання відповідає  $j$ -ий доданок правої частини (5).

Запропонований засіб пірамідальної обробки інформації, що відповідає математичній моделі (5), застосовується для паралельного додавання  $n$  будь-яких величин таким чином.

На виході  $1, \dots, 1_n$  (мал.1) подається  $n$  будь-яких величин, які задають початкові значення для додавання. Додавання здійснюється за  $m$  кроків. На першому кроці додавання в блоках  $2_1, \dots, 2_n$  від кожної із початкових величин віднімається нуль, який



Мал. 1. Структурна схема способу паралельного додавання

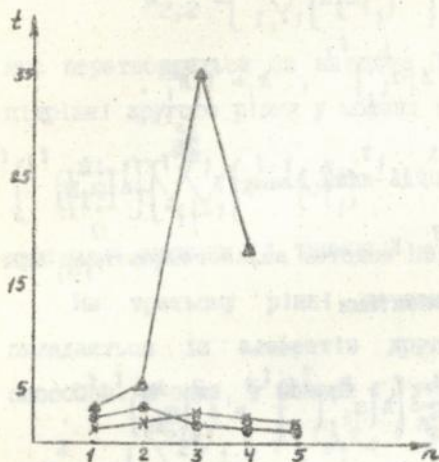
подається в блок 3 відділення загальної частини. Отримані різниці, в даному випадку початкові величини, паралельно діють по  $n$  входах на блок 4 і утворюють  $n$ -кратну загальну частину. Ця загальна частина дорівнює найменшій із початкових величин. На другому кроці в блоках  $2_1, \dots, 2_n$  формуються різниці між початковими величинами, які надходять з тих самих блоків, і загальною частиною, що була сформована на першому кроці. Загальна частина другого кроку так саме, як і на першому кроці, формується в блоці 3. Ця загальна частина у  $(n-p_1)$ -кратному розмірі нагромаджується в блоці 4 до  $n$ -кратної загальної частини першого кроку, де  $p_1$ -число найменших однакових величин першого кроку. У той же час загальна частина другого кроку віднімається від різниць цього кроку на  $(n-p_1)$  із блоків  $2_1, \dots, 2_n$  та утворює початкові величини третього кроку.

У загальному випадку, на  $j$ -му кроці із попередніх  $(n - \sum_0^{j-2} p_k)$ ,  $j=2; \overline{m}$ , різниць на блоках  $2_1, \dots, 2_n$  формуються  $(n - \sum_0^{j-1} p_k)$  різниць (початкових величин для  $j$ -го кроку). Ці результати по  $(n - \sum_0^{j-1} p_k)$  входах діють на блок 4, де  $p_k$ -число найменших однакових величин  $k$ -го кроку,  $k=1; \overline{m}$ . Загальна частина  $j$ -го кроку формується в блоці 3, де відбувається відділення загальної частини із  $(n - \sum_0^{j-1} p_k)$  різниць. В блоці 4 внаслідок дії із блоку 3 утворюється  $(n - \sum_0^{j-1} p_k)$  кратна загальна частина. Отримане кратне нагромаджується в блоці 4 до отриманих на попередніх кроках  $n$ -кратної,  $(n-p_1)$ -кратної, ...,  $(n - \sum_0^{j-2} p_k)$ -кратної загальних частин.

На останньому  $m$ -му кроці - в блоці 4 формується кінцевий результат за допомогою додавання до раніше одержаної суми кратних  $(n - \sum_0^{m-1} p_k)$ -кратної загальної частини.

Таким чином, кінцевий результат виходить за допомогою

нагромадження кратних усіх дій. Під час реалізації методу ПОІ на основі операцій порівняння та зсуву зникає принципова методична похибка відомих засобів, які основані на використанні операцій диференціювання та лічби, порівняльна ефективність яких показана на мал.2.



- Δ - додавання ЛЧФ за допомогою операцій диференціювання та лічби;
- x - додавання ЛЧФ за допомогою операцій порівняння та зсуву;
- o - алгебраїчне додавання ЛЧФ за допомогою операцій порівняння та зсуву

Мал. 2.

Третя глава присвячена розробці структурно-функціональної та математичної моделей пірамідально-сітьового методу обробки інформації. Сітьовий метод вживається в тому випадку, коли початкова інформація задана у вигляді сукупності множин  $M_{1;1}^O, \dots,$

$M_{1;k_1}^O, \dots, M_{1;n_1}^O$ , де  $M_{1;k_1}^O = \{a_{t_1}^{k_1}\}$ ,  $k_1 = \overline{1;N_1}$ ,  $t_1 = \overline{1;n_{k_1}^O}$ ,  $a_{t_1}^{k_1} \in R$ ,  $a_{t_1}^{k_1} \neq 0$ ,

$n_{k_1}^O$  - кількість елементів множини  $M_{1;k_1}^O$ . Ця інформація за сітьовим методом перетворюється таким чином. В кожний із наступних моментів часу за певними правилами утворюються нові множини. Кожна з них обробляється за методом ПОІ.

А саме, у момент часу  $t_1$  із  $M_{1;k_1}^O$  обирається будь-який

елемент  $\bigvee_{l_1=1}^{n_{k_1}^0} [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1}$ . Його кратність дорівнює  $[r_{k_1}]^{t_1}$ . У момент

$t_2$  множина  $M_{1;k_1}^0$  перетворюється у множину  $M_{1;k_1}^2 = \left\{ \Delta [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1} \right\}$  за правилом

$$a_{l_1}^{k_1} - \bigvee_{l_1=1}^{n_{k_1}^1} [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1} = \Delta [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1}, \quad k_1 = \overline{1; N_1^2}.$$

У момент  $t_3$  із  $M_{1;k_1}^2$  обирається будь-який елемент  $\bigvee_{l_1=1}^{n_{k_1}^2} [\Delta [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1}]^{t_3}$ , його кратність дорівнює  $[r_{k_1}]^{t_3}$ . У момент  $t_4$  множина  $M_{1;k_1}^0$  перетворюється у множину  $M_{1;k_1}^4$  з елементами

$$\Delta [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1} - \bigvee_{l_1=1}^{n_{k_1}^1} [\Delta [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1}]^{t_3} = \Delta^2 [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1, t_3}.$$

У момент  $t_{2m}$  утворюється множина

$$M_{1;k_1}^{1m} = \left\{ \Delta^m [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1, t_2, \dots, t_{2m}} \right\}, \quad k_1 = \overline{1; N_1^{2m}}, \quad l_1 = \overline{1; n_{k_1}^{2m}}, \quad n_{k_1}^{2m} = n_{k_1}^0 - \sum_{j=1}^m [r_{k_1}]^{t_{2j-1}}$$

Цей процес являє собою перший етап сітьової обробки інформації, який називається першим рівнем.

На другому рівні у момент  $t_1$  утворюється множина

$$M_{1;2}^1 = \left\{ \bigvee_{l_1=1}^{n_{k_1}^1} [a_{l_1}^{k_1}]^{t_1} \right\}, \quad t_2 = \overline{1; N_1^0}.$$

У момент  $t_2$  із  $M_{2;1}^1$  обирається будь-який елемент  $\bigvee_{l_1=1}^{n_{k_2=1}^1} [a_{l_2}^1]^{t_2}$ .

Добуток цього елемента на його кратність  $[r_{k_2=1}]^{t_2} \cdot \bigvee_{l_1=1}^{n_{k_2=1}^1} [a_{l_2}^1]^{t_2}$

запам'ятовується. Далі  $M_{2;1}^1$  перетворюється за методом ПОІ до

пустої множини.

Перетворення множини  $M_{2;1}^1$  має назву першого підрівня другого рівня. На другому підрівні у момент  $t_3$  утворюється множина

$$M_{2;2}^3 = \left\{ \bigvee_{t_1=1}^{n_{k_1}^2} \left[ \Delta \left( a_{t_1}^{k_1} \right)^{t_1} \right]^{t_3} \right\} = \left[ a_{t_2}^2 \right], t_{2=1}^2; N_1^2,$$

яка перетворюється за методом ПОІ до пустої множини. На  $l$ -ому підрівні другого рівня у момент  $t_{2l-1}$  утворюється множина

$$M_{2;l}^{2l-1} = \left\{ \bigvee_{t_1=1}^{n_{k_1}^l} \left[ \Delta^{l-1} \left( a_{t_1}^{k_1} \right)^{t_1 \dots t_{2l-3}} \right]^{t_{2l-1}} \right\} = \left[ a_{t_2}^l \right], t_{2=1}^{l-1}; N_1^l,$$

яка перетворюється за методом ПОІ до пустої множини.

На третьому рівні початкова множина першого підрівня складається із елементів другого рівня, які обрані певним способом. А саме, у момент  $t_4$  утворюється множина

$$M_{3;1}^4 = \left\{ \bigvee_{t_2=1}^{n_{k_2}^2} \left[ \Delta \left( a_{t_2}^1 \right)^{t_2} \right]^{t_4}, \bigvee_{t_2=1}^{n_{k_2}^2} \left[ a_{t_2}^2 \right]^{t_4} \right\} = \left[ a_{t_3}^1 \right], t_{3=1}^2; 2,$$

яка перетворюється за методом ПОІ, причому у момент  $t_5$  вапам"ято-

вується добуток,  $(r_{k_3-1})^{t_5} \cdot \bigvee_{t_3=1}^2 \left[ a_{t_3}^1 \right]^{t_5}$ .

На  $l$ -ому підрівні третього рівня у момент  $t_{2l+2}$  утворюється множина

$$M_{3;l}^{2l+2} = \left\{ \bigvee_{t_2=1}^{n_{k_2}^{l+1}} \left[ \Delta^l \left( a_{t_2}^1 \right)^{t_2 \dots t_{2l}} \right]^{t_{2l+2}}, \bigvee_{t_2=1}^{n_{k_2}^{l+1}} \left[ \Delta^{l-1} \left( a_{t_2}^2 \right)^{t_4 \dots t_{2l}} \right]^{t_{2l+2}} \right\},$$

$$\dots, \bigvee_{t_2=1}^{n_{k_2}^{l+1}} \left[ a_{t_2}^{l+1} \right]^{t_{2l+2}} \right\} = \left[ a_{t_3}^l \right], t_{3=1}^{l+1}; l+1,$$

яка перетворюється за методом ПОІ до пустої множини.

Четвертий рівень починається у момент  $t_7$  :

$$M_{4;1}^7 = \left\{ \bigvee_{t_3=1}^{n_{k_3}^2-1} \left[ \Delta \left[ a_{t_3}^1 \right]^{t_3} \right]^{t_7} \cdot \bigvee_{t_3=1}^{n_{k_3}^1-2} \left[ a_{t_3}^2 \right]^{t_7} \right\} = \left[ a_{t_4}^1 \right] \cdot t_4^{-1;2}.$$

Ця множина перетворюється за методом ПОІ, причому у момент  $t_8$  запам'ятовується добуток  $\left[ r_{k_4}^1 \right]^{t_8} \cdot \bigvee_{t_4=1}^2 \left[ a_{t_4}^1 \right]^{t_8}$ .

Підрівні  $(2l-1)$ -ий та  $2l$ -ий четвертого рівня починаються у моменти  $t_{4l+3}$  та  $t_{4l+5}$  відповідно формуванням множини  $M_{4;2l-1}^{4l+3}$  та  $M_{4;2l}^{4l+5}$ .

$$M_{4;2l-1}^{4l+3} = \left\{ \bigvee_{t_3=1}^{n_{k_3}^{l+1}-2} \left[ \Delta \left[ a_{t_3}^l \right]^{t_{2l+3} \dots t_{4l+1}} \right]^{t_{4l+3}} \dots \bigvee_{t_3=1}^{n_{k_3}^1-2l} \left[ a_{t_3}^{2l} \right]^{t_{4l+3}} \right\}.$$

$$M_{4;2l}^{4l+5} = \left\{ \bigvee_{t_3=1}^{n_{k_3}^{l+1}-1} \left[ \Delta \left[ a_{t_3}^{l+1} \right]^{t_{2l+5} \dots t_{4l+3}} \right]^{t_{4l+5}} \dots \bigvee_{t_3=1}^{n_{k_3}^1-2l+1} \left[ a_{t_3}^{2l+1} \right]^{t_{4l+5}} \right\} \\ (t_4 = \overline{1, l}).$$

Множина з цих множин перетворюється за методом ПОІ до пустої множини. Процес закінчується, коли всі початкові множини перетворюються на пусті.

Сітвовий процес дозволяє початкову інформацію, задану у вигляді  $N_l$  множин обробити таким чином. На першому підрівні кожного рівня, починаючи з другого, запам'ятовується добуток

$$\left[ r_{k_{l+1}}^1 \right]^{t_{3l-1}} \cdot \bigvee_{t_{l+1}=1}^{n_{k_{l+1}}^1-1} \left[ a_{t_{l+1}}^1 \right]^{t_{3l-1}}, \text{ для } (l+1)\text{-ого рівня } l = \overline{1; k-1}.$$

Тим самим отримана структурно-функціональна модель пірамідально-сітвового методу :

$$\left\{ a_{t_l}^{k_l} \right\} \rightarrow \left\{ \left[ r_{k_{l+1}}^1 \right]^{t_{3l-1}} \cdot \bigvee_{t_{l+1}=1}^{n_{k_{l+1}}^1-1} \left[ a_{t_{l+1}}^1 \right]^{t_{3l-1}} \right\}.$$

$l_1 = \overline{1; n_{k_1}^1}$ ;  $k_1 = 1; N_1^0$ ;  $l = \overline{1; k}$ , де  $k$  - кількість рівней.

Математична модель пірамідально-сітьового методу базується на математичній моделі пірамідального методу. На першому рівні за методом ПОІ початкові дані перетворюються таким чином:

$M = \{a_{il}\}$ ,  $l = \overline{1; N}$ ,  $i = \overline{1; n_l}$ , кожний рядок матриці  $M$  перетворюється

за методом ПОІ:  $\{a_{il}\} \rightarrow \left\{ \left[ n_l - \sum_{k=0}^{t-1} n_{l,k} \right] \left[ a_l^t - a_l^{t-1} \right] \right\}$ ,  $t = \text{const}$ ,  
 $l = \overline{1; N}$ ,  $t = \overline{1; R_l^1}$ .

За допомогою сітьового функціонального оператора отримано математичну модель ПСОІ:

$$P^{k-1} \left\{ T \left[ G \left[ N \right] \right] \right\} = \{a_{il}^1\}, \quad l = \overline{1; k}, \quad \text{де } k - \text{число рівней.}$$

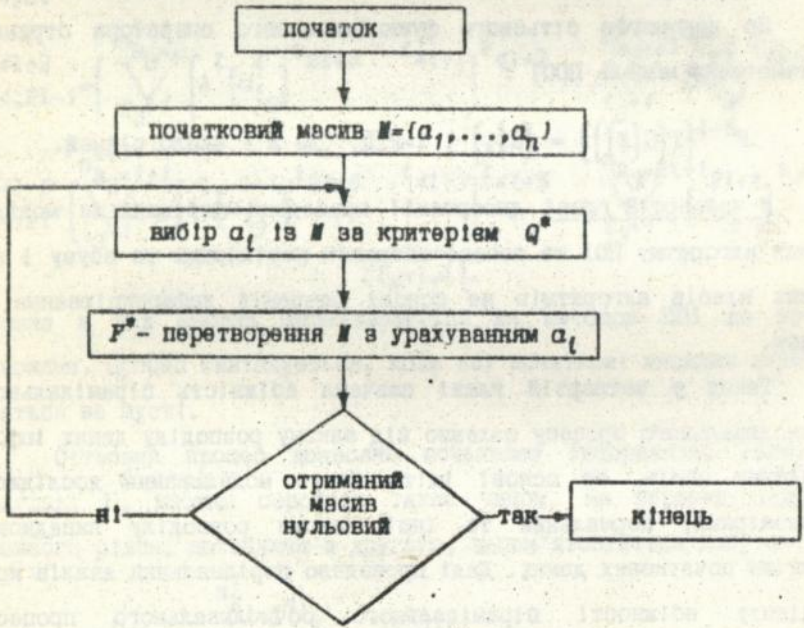
У четвертій главі дисертації проведено порівняльне моделювання алгоритму ПОІ на основі операцій порівняння та зсуву і відомих класів алгоритмів на основі операцій диференціювання та лічби.

Також у четвертій главі вивчена збіжність пірамідального обчислювального процесу залежно від закону розподілу даних інформаційних полів. На основі імітаційного моделювання досліджено рівномірний, нормальний та інші закони розподілу випадкових величин початкових даних. Далі проведено порівняльний аналіз коефіцієнту збіжності пірамідального обчислювального процесу. Вивчено вплив на швидкість збіжності обчислювальних процесів параметрів закону розподілу. Аналіз швидкості збіжності показав, що для застосування обчислювальних процесів у конкретній реалізації необхідно дослідити діапазон зміни коефіцієнту збіжності. Такий підхід дозволяє конкретизувати можливість обробки початкових даних з різними законами розподілу для певних типів

звотосовних задач.

У роботі зроблено ймовірносний аналіз двох типів початкових інформаційних полів, з плаваючим та з фіксованим форматами.

На основі узагальненого алгоритму логіко-часової обробки гілки (мал.3) проведено дослідження збіжності пірамідального обчислювального процесу для інформаційних полів з плаваючим та з фіксованим форматами. У цьому плані досліджено вплив вибору початкових даних з рівними законами розподілу під час реалізації пірамідального обчислювального процесу на збіжність останнього.



Мал.3.

Показано, що під час реалізації пірамідального обчислювального процесу для всіх вивчених у роботі законів розподілу вхідних даних найбільш ефективно за часом на кожному етапі процесу обирати мінімальний елемент.

Хочу скористатися нагодою і висловити подяку мовму науковому керівникові д.т.н. професору Кожем'яці В.П. та науковому консультантові провідному науковому співробітникові к.т.н. Тимченку Л.І. за допомогу у роботі.

### ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Головні результати, які одержані в дисертаційній роботі, такі:

1. Проведено класифікаційний аналіз проблемно-орієнтованих методів обробки інформації, що дозволяє віднести запропонований спосіб пірамідально-сітьової обробки до нейроподібних методів.

2. Сформульовано вимоги, які ставляться до пірамідально-сітьових структур. На цій основі визначені можливості застосування способу пірамідально-сітьової обробки інформації.

3. Запропоновано універсальний спосіб і на його основі обчислювальні засоби пірамідальної обробки інформації.

4. Розроблено математичну модель пірамідальної обробки інформації.

5. Запропоновано головні поняття і сформульовано означення пірамідально-сітьової обробки інформації, що дозволяє вперше подати цей процес у вигляді пірамідально-сітьової структури, в якій поєднується, з одного боку, синхронність та детермінованість, а з іншого боку, - паралелізм, ієрархія.

6. Запропоновано та досліджено структурно-функціональну модель пірамідально-сітьової обробки інформації.

7. Експериментально доведено доцільність використання методу пірамідальної обробки інформації, заснованого на застосуванні операцій порівняння та зсуву, які за витратами часу вдвічі економічніші порівняно з операціями диференціювання та лічби.

8. Проведено експериментальний аналіз пірамідальної обробки інформації, проаналізовано коефіцієнт збіжності для інформаційних полів з рівними законами розподілу.

Головні результати досліджень за темою дисертації відображені у роботах :

1. Фурдияк Н.Е. (Кролевец Н.Е.) О локально-совершенных отображениях /ДАН СССР, № 5, вып.175,1967, с.1008-1011.

2. А.С. № 1101817 от 7Ю03Д1984. Устройство для сложения/ Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., Фурдияк Н.Е. /СССР/.

3. А.С. № 1119035 от 15.06.1984. Способ параллельного сложения длительностей группы временных интервалов/Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., Фурдияк Н.Е. /СССР/.

4. Кожемяко В.П., Натрошвили О.Г., Тимченко Л.И., Фурдияк Н.Е. Математическая модель параллельного сложения произвольных величин /Сообщения АН ГССР, № 2, 1985г., с.365-368.

5. Фурдияк Н.Е. Особенности проведения выятий в дисплейном классе с использованием оптоэлектронных терминалов/ Всесоюз. семинар "Оптоэлектронные устройства в приборостроении и информатике" .- Тбилиси - 1985 г.- с.286-288.

6. Разработка регулятора амплитудно-частотной характеристики с цифровым управлением для высококачественной бытовой радиоэлектронной аппаратуры / Отчёт. Винницкий политехнический институт.- Рук.темы: Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., исп. Фурдияк Н.Е.- № гос. рег. 01860124709, инв. № 02870020871, Винница - 1986 г.

7. Исследование и разработка схемы технических решений цифрового управления индикаторных устройств бытовой РЭА на базе элементов оптоэлектроники / Отчёт. Винницкий политехнический институт.- Рук.темы: Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., исп. Фурдияк Н.Е. - № гос.рег. 01870093198, инв. № 02880013442 - Винница - 1987 г.

Подписано в печать 13.04.93 г.

Печать офсетная.

Бумага типографская № 1.

Вак. № 1. Тир. 100 экз.

СКТБ "Модуль" ВПИ

Хмельницкое шоссе, 97

465203

AB 27.231

**AB 27.231**