Сортувальна нейроподібна мережа

Т. Б. Мартинюк, В. В. Хом'юк, А. В. Кожем'яко, Н. В. Фофанова, О. Б. Мартинюк[1]

Вінницький державний технічний університет, 21021 Вінниця, Хмельницьке шосе, 95

тел. (0432) 325718, факс (0432) 465772, e-mail:psv@vstu.vinnica.ua

[1]*Кримський державний гуманітарний інститут, 98635 Ялта, вул. Севастопольська, 2*

тел/факс (0654) 322114, e-mail:office@cshi.ftrace.net

The mathematical model of the adaptive network for number array sorting using the pair exchange method was proposed. The structure of the sorting neural-like network was considered. The peculiarities of abstract structure of neural-like S-network model were shown.

Вступ

Лавиноподібне зростання кількості публікацій з нейроструктур та нейрообчислень свідчить про перспективність напрямку обчислювальної техніки, що пов'язане з моделюванням нейронних та нейроподібних мереж [1,2]. В багатьох випадках нові розробки стосуються нових сфер використання вже відомих нейроструктур або вдосконалення організації нейронних мереж (НМ) з орієнтацією на новітні елементні базиси, зокрема, на оптоелектроніку [3,4]. Але в деяких випадках необхідність реалізації на НМ нових алгоритмів приводить до змінення або перетворення структури відомих НМ [5,6].

В роботі наводиться приклад подальшого розвитку структури двонапрямленої асоціативної пам'яті (ДАП), яка є результатом вдосконалення відомої мережі Хопфілда [7]. Оскільки запропонована нейроподібна мережа має специфічну організацію і призначена для виконання паралельного сортування масиву чисел, її можна в подальшому розглядати як S – мережу.

Структура адаптивної нейроподібної мережі для алгоритму сортування

В роботі розглянуто реалізацію алгоритму сортування масиву чисел методом парного обміну з підрахунком, який вважається одним зі швидкісних апаратних методів сортування [8]. Особливістю цього методу є необхідність застосування рангів, які призначаються кожному елементу числового масиву, в процесі сортування набувають належного значення в залежності від позиції кожного елемента у відсортованому масиві, і в подальшому використовуються як адреса при послідовному зчитуванні елементів масиву [9]. В процесі досліджень з'ясувалось, що нетрадиційне кодування рангів, а саме, використання одиничного позиційного коду, дозволяє реалізувати просторово-розподілену особливість представлення числової інформації в цьому коді [10] при асоціативному обробленні інформації, до якого можна віднести процедуру сортування [11].

На рис. 1 представлено адаптивну нейроподібну мережу, що реалізує алгоритм сортування масиву чисел методом парного обміну з підрахунком. Вона містить навчальну і обчислювальну частини. Вхідний вектор даних $\mathbf{x} = \{x_1, \ldots, x_n\}$ подається на входи блока навчальної частини (НЧ), на виходах якого формується вектор зв'язків $\mathbf{q} = \{q_1, \ldots, q_n\}$. Крім того, на входи блока НЧ також подається початкова матриця ваги $G^0 = \{g_{11}^0, \ldots, g_{mn}^0\}$, а блок НЧ складається з двох

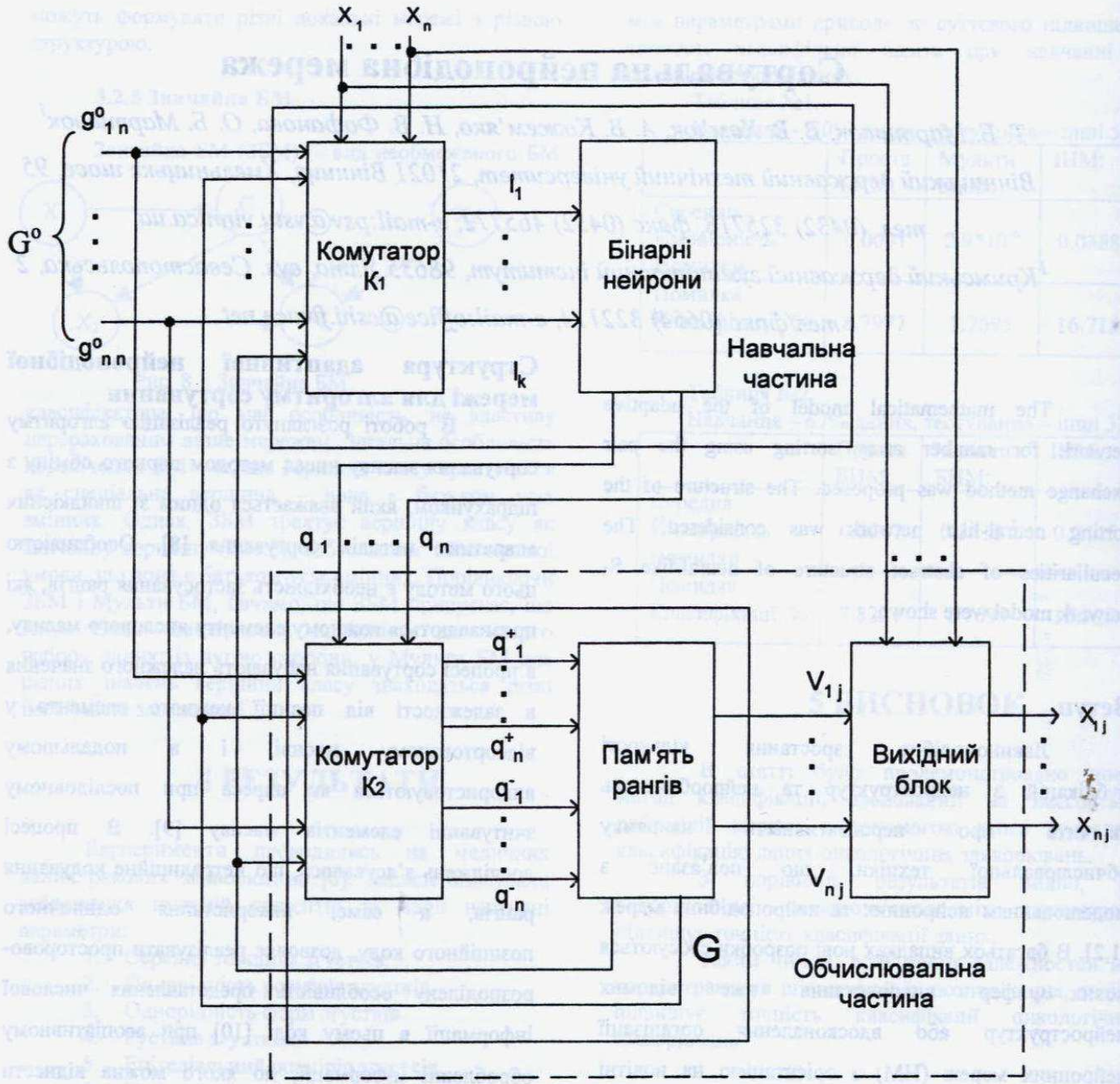

Рис. 1 Структура адаптивної мережі:

$x_1,...,x_n$ - вхідний вектор даних; $\mathbf{G}^0$, $\mathbf{G}$ - початкова і поточна матриці ваги відповідно; $l_1,...,l_k$ - вихідний вектор комутатора К1; $q_1,...,q_n$ - вектор зв'язків; $v_{1j},...,v_{nj}$ - вектор підстановки; $q_1^+,...,q_n^+, q_1^-,...,q_n^-$ - вихідні вектори комутатора К2; $x_{1j},...,x_{nj}$ - поточний вихідний вектор даних.

вузлів: комутатора К1 і групи k бінарних нейронів з пороговою функцією вигляду:

$$q_i = f(x_i) = \begin{cases} 1, & якщо\ x_{2k-1} < x_{2k}, \\ 0, & якщо\ x_{2k-1} \geq x_{2k}, \end{cases}$$

де $k = [n/2]$ - найближче більше число.

Комутатор К1 реалізує векторне-матричне множення з формуванням вихідного вектора **l** вигляду [12]:

$$\mathbf{l} = \mathbf{x} \cdot \mathbf{G}.$$

Обчислювальна частина (ОЧ) містить два блоки. На вхід першого блока подаються вектор зв'язків q і початкова матриця ваги G^0. В результаті ітеративного процесу на виходах цього блока формується матриця ваги G, а кінцевим результатом є вектор підстановки $v_j = \{v_{1j},...,v_{nj}\}, j = \overline{1,n}$, який відповідає адресі j – го компонента у відсортованому масиві. Матриця ваги G подається на входи блока НЧ і першого блока ОЧ на всіх ітераціях оброблення, крім першої, оскільки тоді на цих входах фіксується початкова матриця ваги G^0. На входи другого блока ОЧ, який є вихідним блоком, подаються вектори x і v , а на виходах формується послідовність векторів $x_j = \{x_{1j},...,x_{nj}\}$, де на кожному j – му кроці певне числове значення приймає лише один елемент x_i, $i = \overline{1,n}$, з вхідного вектора $x = \{x_1,...,x_n\}$, а всі інші мають нульове значення. Таким чином виконується послідовне зчитування елементів відсортованого масиву (за зростанням або спаданням числових значень елементів).

Перший блок ОЧ складається з двох вузлів: комутатора K_2 і пам'яті рангів. Причому комутатор K_2 реалізує векторне-матричне перемноження і формує два вектори: $q^+ = \{q_1^+,..., q_n^+\}$ і $q^- = \{q_1^-,..., q_n^-\}$ вигляду [12]:

$$q^+_p = q \cdot G^T_p,$$
$$q^-_p = q \cdot G^T_{p+1},$$

де G_p , G_{p+1} – матриці ваги G, які формуються відповідно з непарних (p=1) і парних (p=2) стовпців матриці ваги G; $p \in \{1,2\}$; q^+_p, q^-_p - вихідні вектори, які призводять відповідно до збільшення та зменшення на одиницю рангів у парному або непарному p – му циклі сортування сортування; T – символ транспонування.

Пам'ять рангів має матричну структуру, в якій основною операцією є реверсивний зсув інформації вздовж рядків матриці, а також передбачено як паралельне зчитування поточної матриці ваги G, так і зчитування вектора підстановки v_j у вигляді однорозрядного зрізу всіх рядків (слайзу) [13].

У праці [14] доведена слушність математичної моделі наведеного алгоритму сортування масиву чисел.

Висновки

1. Таким чином, в абстрактній структурі узагальненої моделі сортувальної мережі за аналогією з відомою моделлю [15] можна виділити дві частини: першу – обчислювальну і другу – навчальну. Відмінність полягає в тому, що лише НЧ містить шар нейронів і формує вектор зв'язків q, нульове значення всіх елементів якого припиняє динамічний процес у сортувальній мережі, а в ОЧ замість шару нейронів використовується просторово-розподілена пам'ять рангів, що дозволяє формувати не тільки вектор підстановки v, але й матрицю ваги G для шару нейронів НЧ.

2. Саме специфічність структури ОЧ призводить до того, що запропонована модель сортувальної мережі відрізняється від класичної структури ДАП [7]. Це підтверджує, що складна процедура сортування може бути апаратно реалізована на асоціативному процесорі, основним компонентом якого є асоціативна пам'ять [9,11]. З цієї причини наведена сортувальна мережа може бути визначена як нейроподібна.

3. Розглянута S– мережа досягає стаціонарного стану максимум за (n+1) ітерацій (циклів). Моделювання часових характеристик сортування масиву чисел даним методом показало пряму залежність середнього часу сортування від кількості елементів числового масиву [16]. Таким чином, тільки використання швидкодіючої оптоелектронної

елементної бази може забезпечити опрацьовування великих масивів чисел у реальному часі [13].

Література

1. Галушкин А. И. *Нейрокомпьютеры восьмидесятых (начало очередной революции в области нейрокомпьютеров)*//Зарубежная радиоэлектроника. – 1999. - № 1. – С. 3-16.
2. Hrytsyk V. V., Aizenberg N. N. at el. *The neural and neural-like networks: synthesis, realization, application and future*// Інформаційні технології і системи. – 1998. – Т. 1. - № 1/2. – С. 15 – 55.
3. Егоров В. М. *Трехмерные нейроподобные оптические вычислительные структуры*// Автометрия. – 1993. - № 3. – С. – 38 - 43.
4. Резник А. М., Куссуль М. Э. *Оптоэлектронный нейрокомпьютер*// УСиМ. – 1993. - № 5. – С. 6 – 12.
5. Кисіль Б. В., Стрямець С. П., Опотяк Ю. В. *Моделювання нейронних елементів на однорідному обчислювальному середовищі* // Інформаційні технології і системи. – 1998. – Т. 1. - № 1/2. – С. 110 – 116.
6. Загоруйко Л. В., Тимченко Л. І. *Семантичний підхід до створення просторових нейронних мереж*// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. - № 1. – С. 23 – 29.
7. Уосермен Ф. *Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика.* Пер. с англ. – М.: Мир, 1992. – 240 с.
8. Лорин Г. *Сортировка и системы сортировки*: Пер. с англ. – М.: Наука, 1983. – 384 с.
9. Мартынюк Т. Б. *Организация ассоциативного процессора с поразрядно-последовательной обработкой информации*// Электронное моделирование. – 1996. – Т. 18. - № 3. – С. 28 - 31.
10. Мартынюк Т. Б., Аль-Хияри М. М., Мартынович Е. Н., Гринчук А. Н. *Организация ассоциативной обработки информации с нетрадиционным кодированием*// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. - № 3. – С. 114 – 118.
11. Кохонен Т. *Ассоциативные запоминающие устройства*: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 384 с.
12. Мартинюк Т., Кожем'яко В. *Реалізація алгоритму сортування на асоціативному процесорі*// Праці 2-ої Всеукраїнської міжнародної конференції УкрОБРАЗ'94. –Київ, 1994. – С. 235- 236.
13. Мартинюк Т. Б., Лисенко Г. Л., Суприган В. А., Аль-Хіярі М. М. *Процесор сортування чисел на базі оптоелектронних інтегральних схем*//Вісник Національного технічного університету України. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: "Век +", 2000. - № 34. – С. 18 – 25.
14. А. с. 1793438, МКИ G06F7/06. *Устройство для сортировки чисел*/ В. П. Кожемяко, Т. Б. Мартынюк и др. - № 4735756/24: Заявлено 05. 09. 93; Опубл. 07. 02. 93, Бюл. № 5. – 14 с.
15. Григорьев В. Р., Наумов С. П. *Нейросетевая реализация алгоритма сортировки на трехмерном оптическом нейрочипе*// Автометрия. – 1993. - № 3. – с. 28 – 37.
16. Мартинюк Т. Б., Буда А. Г., Козлова В. І., Хом'юк В. В., Мартинюк О. Б. *Часові аспекти сортування великих масивів інформації*// Теорія і практика перебудови економіки: Збірник наукових праць. – Черкаси: ЧІТІ, 2001. – с. 240 – 244.