

Сортувальна нейроподібна мережа

Т. Б. Мартинюк, В. В. Хом'юк, А. В. Кожем'яко, Н. В. Фофанова, О. Б. Мартинюк¹
Вінницький державний технічний університет, 21021 Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
тел. (0432) 325718, факс (0432) 465772, e-mail:psv@vstu.vinnica.ua

¹Кримський 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 двонапрявленої 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 $x = \{x_1, \dots, x_n\}$ подається на входи блока навчальної частини (НЧ), на виходах якого формується вектор зв'язків $q = \{q_1, \dots, q_n\}$. Крім того, на входи блока НЧ також подається початкова матриця ваги $G^0 = \{g_{11}^0, \dots, g_{nn}^0\}$, а блок НЧ складається з двох

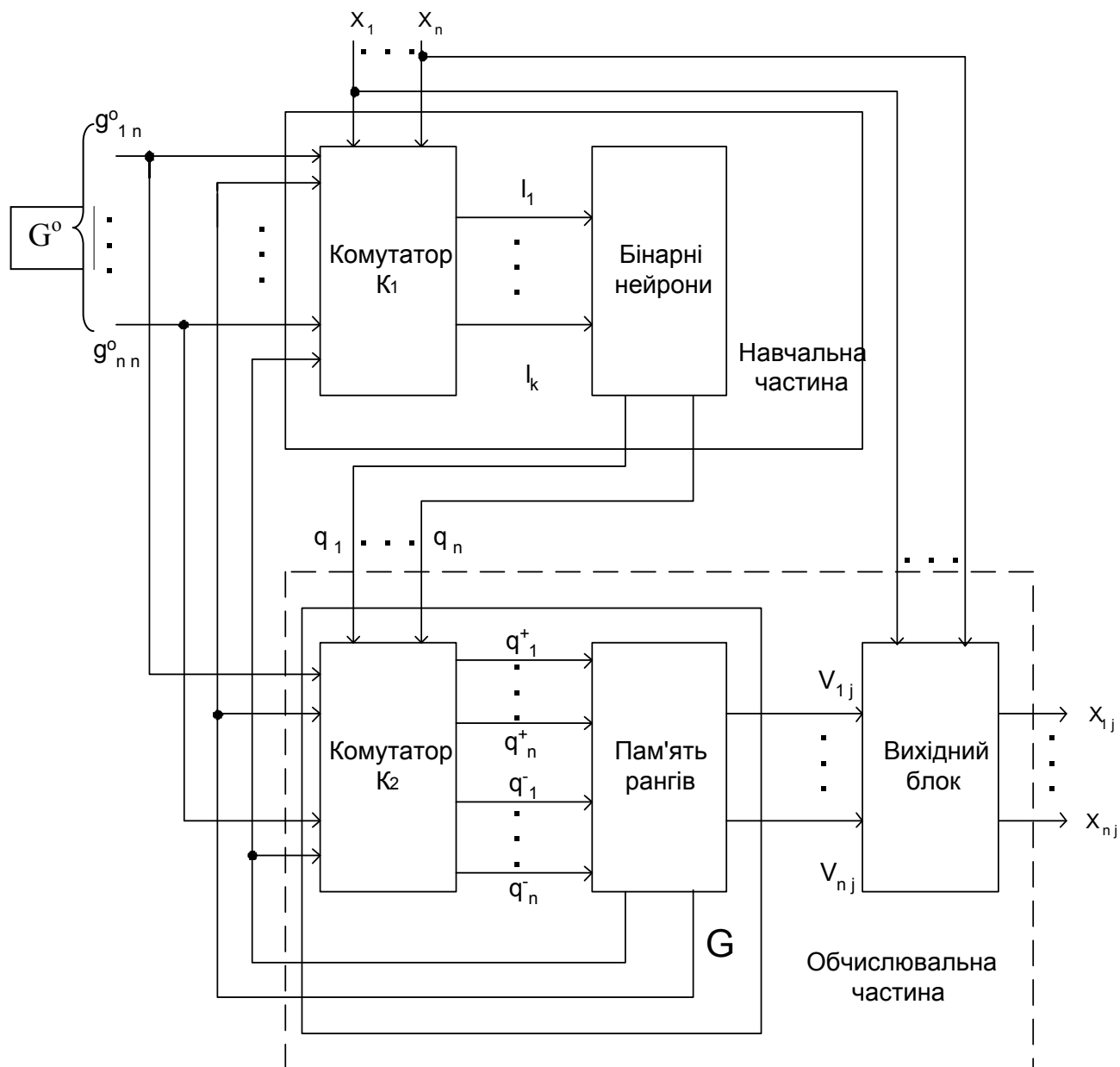


Рис. 1 Структура адаптивної мережі:

x_1, \dots, x_n - вхідний вектор даних; G^0, G - початкова і поточна матриці ваги відповідно; l_1, \dots, l_n - вихідний вектор комутатора K_1 ; q_1, \dots, q_n - вектор зв'язків; v_{1j}, \dots, v_{nj} - вектор підстановки; $q^+_1, \dots, q^+_n, q^-_1, \dots, q^-_n$ - вихідні вектори комутатора K_2 ; x_{1j}, \dots, x_{nj} - поточний вихідний вектор даних.

вузлів: комутатора K_1 і групи k бінарних нейронів з пороговою функцією вигляду:

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

де $k = [n/2]$ - більше найближче число. Комутатор K_1 реалізує векторне-матричне множення з формуванням вихідного вектора l вигляду [12]:

$$l = x \cdot G.$$

Обчислювальна частина (ОЧ) містить два блоки. На вхід першого блока подаються вектор зв'язків \mathbf{q} і початкова матриця ваги \mathbf{G}^0 . В результаті ітеративного процесу на виходах цього блока формується матриця ваги \mathbf{G} , а кінцевим результатом є вектор підстановки $\mathbf{v} = \{v_{1j}, \dots, v_{nj}\}$, $j = \overline{1, n}$, який відповідає адресі j – го компонента в отсортованому масиві. Матриця ваги \mathbf{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 \mathbf{G}^0 . На входи другого блока ОЧ, який є вихідним блоком, подаються вектори \mathbf{x} і \mathbf{v} , а на виходах формується послідовність векторів $\mathbf{x}_j = \{x_{1j}, \dots, x_{nj}\}$, де на кожному j – му кроці певне числове значення приймає лише один x_i елемент з вхідного вектора $\mathbf{x} = \{x_1, \dots, x_n\}$, $i = \overline{1, n}$, а всі інші мають нульове значення. Таким чином виконується послідовне зчитування елементів отсортованого 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 векторно-матричне перемноження і формує два вектори: $\mathbf{q}^+ = \{q_1^+, \dots, q_n^+\}$ і $\mathbf{q}^- = \{q_1^-, \dots, q_n^-\}$ вигляду [12]:

$$\begin{aligned} \mathbf{q}_p^+ &= \mathbf{q} \cdot \mathbf{G}_p^T, \\ \mathbf{q}_p^- &= \mathbf{q} \cdot \mathbf{G}_{p+1}^T, \end{aligned}$$

де \mathbf{G}_p , \mathbf{G}_{p+1} – матриці ваги \mathbf{G} , які формуються відповідно з непарних ($p=1$) і парних ($p=2$) стовпців матриці ваги \mathbf{G} ; $p=1,2$; \mathbf{q}_p^+ , \mathbf{q}_p^- – вихідні вектори, які призводять відповідно до збільшення та зменшення на одиницю рангів у парному або непарному p – му циклі сортування; T – символ транспонування. 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 [13] можна виділити дві частини: першу – обчислювальну і другу – навчальну. Відмінність полягає в тому, що лише НЧ містить шар нейронів і формує вектор зв'язків \mathbf{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 \mathbf{v} , але й матрицю ваги \mathbf{G} для шару нейронів НЧ.

2. Саме специфічність структури ОЧ призводить до того, що запропонована модель сортувальної мережі відрізняється від класичної структури ДАП [7], хоча й доведено, що складна процедура сортування апаратно реалізується на асоціативному процесорі, основним компонентом якого є асоціативна пам'ять [9,10]. 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 [15]. Таким чином, тільки використання швидкодіючої оптоелектронної елементної бази може забезпечити опрацювання великих масивів чисел у реальному часі.

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., Кукуль М. Э. Оптоэлектронный нейрокомпьютер// УсиМ. – 1993. - № 5. – с. 6 – 12.
5. Кисиль Б. В., Стрямец С. П., Опотак Ю. В. Моделирование нейронных элементов на однорядном 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. Мартынюк Т., Кожем'яко В. Реалізація алгоритму сортування на асоціативному процесорі// Праці 2-ої Всеукраїнської міжнародної конференції УкрОБРАЗ'94. –Київ, 1994. – с. 235-236.
13. Григорьев В. Р., Наумов С. П. Нейросетевая реализация алгоритма сортировки на трехмерном оптическом нейрочипе// Автометрия. – 1993. - № 3. – с. 28 – 37.
14. Мартынюк Т. Б., Буда А. Г., Козлова В. І., Хом'юк В. В., Мартынюк О. Б. Часові аспекти сортування великих масивів інформації// Теорія і практика перебудови економіки: Збірник наукових праць. – Черкаси: ЧІПІ, 2001. – с. 240 – 244.
15. А. с. 1793438, МКН G06F7/06. Устройство для сортировки чисел/ В. П. Кожем'яко, Т. Б. Мартынюк и др. - № 4735756/24: Заявлено 05. 09. 93; Опубл. 07. 02. 93, Бюл. № 5.