

УДК 681.3 : 004.2

А. А. Яровий, к. т. н.

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ НЕЙРОННОГО ЕЛЕМЕНТА ЛОГІКО-ЧАСОВОГО ТИПУ ТА ЙОГО ПРИКЛАДНА РЕАЛІЗАЦІЯ

На основі методологічного аналізу паралельних нейроподібних систем, обґрунтовано необхідність методологічних інновацій та розробки і впровадження нових нейромережових структур логіко-часового типу в контексті функціонування новітніх інформаційно-образних систем. Запропоновано концептуальні підходи та розроблено новий вид нейронного елемента логіко-часового типу, також наведено попередні результати його імітаційного моделювання та програмної емуляції.

Вступ

Паралельні суперкомп'ютери належать до найновітніших розробок в галузі обчислювальної техніки. Паралелізм на різних рівнях характерний для всіх сучасних комп'ютерів від персональних до суперкомп'ютерів: одночасно функціонує велика кількість процесорів, передаються дані по комунікативній мережі, працюють пристрої введення/виведення, здійснюються інші дії. Будь-який паралелізм направлений на підвищення ефективності роботи комп'ютера. Це стимулює фахівців, що мають певний досвід у розробці паралельних алгоритмів, програм, структурних та системних рішень паралельної обчислювальної техніки до постановки нових задач в сфері застосування паралельних систем. Комп'ютери сучасного типу реалізують логіко-операційні дії з оперування лише цифровою інформацією. Однак, сучасний рівень інформації набуває поширення в інших символічних структурах (букви, знаки) та образних формах, які для сучасних комп'ютерів є недосяжними. У принциповому відношенні виявляються обмеженості сучасного типу цифрових комп'ютерів, які оперують лише деякими видами символічної інформації та зовсім неспроможні отримувати нову інформацію через образне сприйняття світу. Таким чином, актуальним є завдання створити новий тип комп'ютерних структур, які б могли працювати не лише на рівні символічної обробки інформації, але й оперувати образами [1–4].

Метою роботи є розробка концептуальних підходів та методик побудови нових нейромережових структур логіко-часового типу на основі оптико-електронної та оптичної елементної бази для задач розпізнавання образів.

Постановка проблеми. Концептуальні підходи до функціонування нейронного елемента логіко-часового типу

Аналіз різних родів паралелізму та його системних додатків [2, 5, 6, 10] засвідчив, що жоден з цих апаратів не прийнятний для досліджень і опису паралелізму обробки логіко-часової інформації. Оскільки всі інформаційні величини для неї можна подати у вигляді часових інтервалів, то потрібно обрати математичний апарат для опису операцій над ними. Усім величинам надають відрізки існування T_i , тотожні тривалостям інформаційних сигналів, які відтворюють інформаційні величини. Для аналізу логіко-часової обробки інформації найприйнятніший математичний апарат векторно-перемікаючих функцій (ВПФ) або логіко-часових функцій (ЛЧФ), що оперує з неперервно змінними в часі величинами [6]. Принциповою відмінністю ЛЧФ від ВПФ є те, що перша не тільки враховує фактор часу, але й значення її аргументів залежать від періоду існування аргументу T_i , тоді як у ВПФ відрізок існування аргументу — це тривалість інформаційного сигналу, до того ж на його тривалість не впливає значення аргументу [6].

Саме математичні моделі оптико-електронних логіко-часових інформаційно-обчислювальних сервовищ та операції логіко-часових функцій покладено в основі функціонування запропонованого авто-

ром нейронного елемента логіко-часового типу [7—9].

На основі нейронного елемента логіко-часового типу можна здійснювати обробку образної інформації за ознаками. Це досягається шляхом обробки інформаційних сигналів, заданих у вигляді логіко-часових функцій, що містять такі інформативні параметри як вхідні значення (амплітуди імпульсів), часові координати сигналів (моменти початку відрізків часу існування), відрізок часу існування кожного вхідного сигналу (тривалість), і паралельно надходять по вхідним шляхам (дендритам, по аналогії із природним нейроном) до блоку інтелектуального підсумовування за ознаками (ІСО), на якому на основі порівняння часових координат або тривалості вхідних сигналів із завчасно заданими еталонними проміжками часових координат (що формують так званий тунель ознак) відбуваються процедури: відсікання вхідних сигналів, що не потрапляють в тунель (гальмування, по аналогії із природним нейроном), та підсумовування вхідних сигналів, що потрапляють в тунель; з подальшими процедурами (для сигналів, що потрапляють в тунель): накладання додаткового параметра у вигляді стану енергетичного нуля; накладання функції активації у вигляді логіко-часової функції з операцією часового зсуву; та формуванням результуючого (вихідного) сигналу у вигляді отриманої логіко-часової функції (в аксоні, по аналогії із природним нейроном), який подається на входи наступних нейронних елементів логіко-часового типу (синаптичний зв'язок, по аналогії із природним нейроном), при чому з можливістю регулювання величин часових зсувів (накладання вагових коефіцієнтів) в залежності від природи виділених в еталонних тунелях ознак. Особливістю є те, що при обробці враховуються додаткові параметри логіко-часових функцій, такі як часові координати сигналів; відбувається порівняння часових координат вхідних сигналів, для чого завчасно задаються еталонні проміжки часових координат, тобто процедура формування тунелю ознак; відсікання неінформативних для конкретної задачі сигналів, які не потрапляють у сформований тунель, що по суті є інтелектуальною процедурою обробки логіко-часової інформації за ознаками, та накладанням у процесі обробки додаткового логічно-інформативного параметра — стану енергетичного нуля, який вносить багатовимірність у процес нелінійної нейроподібної обробки.

Імітаційне моделювання та програмна емуляція нейронного елемента логіко-часового типу.

Нижче наведено спрощену структурну схему нейронного елемента (НЕ) логіко-часового типу (рис. 1), де f_1, f_2, \dots, f_n — вхідні логіко-часові функції (ЛЧФ), ІСО — інтелектуальний суматор за ознаками, Y — вихідна ЛЧФ нейронного елемента логіко-часового типу.

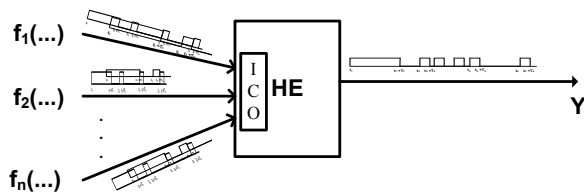


Рис. 1. Структурна схема нейронного елемента логіко-часового типу

У схемі запропонованого нейронного елемента інтелектуальний суматор за ознаками необхідний для відсіювання вхідної логіко-часової інформації, яка має ступінь відхилення більший заданого ОПР (де ступінь відхилення — коефіцієнт невідповідності сформованої логіко-часової функції активації до логіко-часової функції еталонної ознаки).

Розроблений програмний продукт на об'єктно-орієнтованій мові програмування Java (J2SE, Sun Microsystems) є середовищем для експериментальних досліджень та імітаційного моделювання нейронного елемента логіко-часового типу (рис. 2).

Внаслідок використання розробленого програмного середовища користувач додатково отримує:

1. Можливість конструювання нейронної мережі логіко-часового типу. Оскільки в якості основного компоненту системи використовується нейронний елемент логіко-часового типу, введено можливості створення структур нейромереж для експериментальних досліджень розробленої математичної моделі, що в перспективі допоможе у створенні математичної моделі процедури навчання нейронної мережі логіко-часового типу.

2. Можливість графічного відображення поведінки як окремого нейронного елемента на кож-

ному кроці обробки, так і нейронної мережі логіко-часового типу як в цілому, так і на кожній ітерації обчислювального процесу. Користувач може дізнатись результат виходу окремого нейронного елемента та результат всієї мережі логіко-часового типу, додатково існує можливість введення ЛЧФ активації, та ЛЧФ еталонної ознаки для окремого нейронного елемента логіко-часового типу.

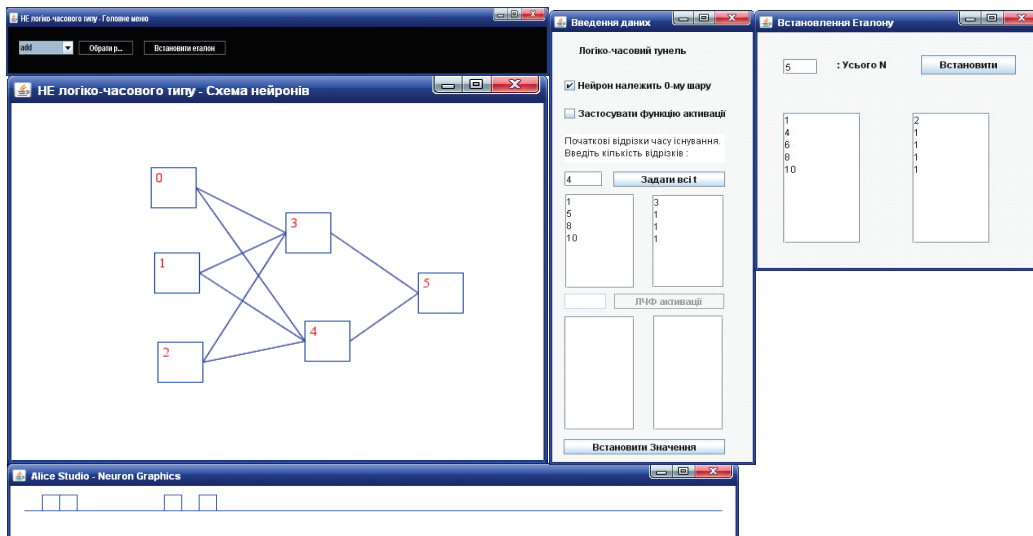


Рис. 2. Загальний вигляд екранних форм програмної емуляції для імітаційного моделювання нейронного елемента логіко-часового типу

Для представлення зображень (зокрема бінарних — в експериментальних дослідженнях) обрана логіко-часова функція [6]

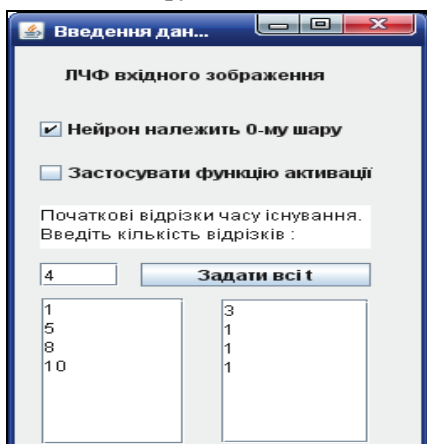


Рис. 3. Форма «Введення даних»

$$x(t, t_1, T_1, t_2, T_2, \dots, t_n, T_n) = \begin{cases} (t - t_i), & \text{коли } t_i < t \leq t_i + T_i; \\ 0, & \text{коли } t_i \geq t > t_i + T_i, \end{cases}$$

де $t...t_i$ — моменти початку відрізків часу існування (часові координати), при чому $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n$, $T_i \geq 0$, $T_i + t_i \leq t_{i+1}$; T_1, \dots, T_i — множина відрізків часу існування відповідних змінних; що надає такі переваги [6, 7, 9, 10]:

- можливість представлення та обробки великих масивів динамічної інформації;
- значна компактність при кодуванні вхідної інформації візуальної природи;
- паралельність та підвищена швидкодія обробки інформації.

Нижче наведено тестовий приклад роботи програмної емуляції. Введемо дані ЛЧФ вхідного зображення (рис. 3). Введенні дані відповідають ЛЧФ, що зображена на рис. 4.

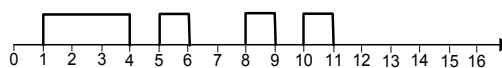


Рис. 4. Тестова вхідна ЛЧФ вхідного зображення

Введемо дані вхідної ЛЧФ еталонного зображення (рис. 5). Введенні дані відповідають ЛЧФ, зображеної на рис. 6.

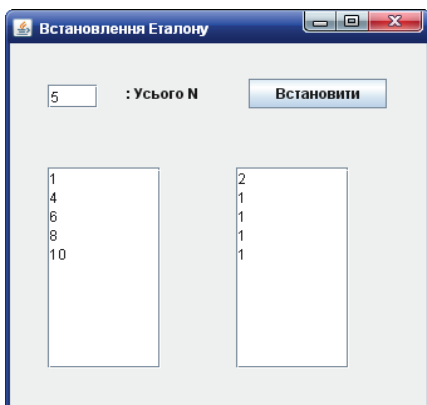


Рис. 5. Форма «Встановлення еталону»



Рис. 6. Тестова вхідна ЛЧФ еталонного зображення

Результатом роботи програми є вихідна ЛЧФ нейронного елемента логіко-часового типу, яка

зображена на рис. 7.



Рис. 7. Форма «Вихідна ЛЧФ НЕ логіко-часового типу»

Проаналізувавши отриману результуючу ЛЧФ можна зазначити відповідність отриманих значень логіко-часових змінних очікуванім, згідно з математичною моделлю. За допомогою операції тунелювання, що використовується в інтелектуальному суматорі за ознаками, були визначені характеристики, що дійсно несуть інформаційну ознаку вхідного зображення, тобто інтелектуальний суматор за ознаками дійсно відкидає інші характеристики, що не відповідають заданій ЛЧФ ознаці. Отримані експериментальні результати свідчать про коректність роботи та доцільність використання нейромережних систем логіко-часового типу для вирішення задач розпізнавання образів.

Висновки

На основі методологічного аналізу паралельних нейроподібних систем, обґрунтовано необхідність методологічних інновацій щодо розробки і впровадження нових структур з урахуванням як останніх досліджень нейромережних парадигм та паралельної обробки інформації, так і принципово відмінних за логікою функціонування логіко-часових середовищ в контексті функціонування новітніх інформаційно-образних систем. В роботі запропоновано концептуальні підходи до функціонування, а також розроблено новий вид нейронного елемента логіко-часового типу. Наведено попередні результати його імітаційного моделювання та програмної емуляції.

Результати роботи можуть знайти застосування у експериментальному дослідженні функціонування не лише нейронних елементів логіко-часового типу, але й для подальших досліджень з розробки логіко-часової нейронної мережі на основі оптико-електронної та оптичної елементної бази [10].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кожемяко В. П. Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис для побудови спеціалізованих моделей образного комп'ютера : [Монографія.] / В. П. Кожемяко, Л. І. Тимченко, А. А. Яровий. — Вінниця: Універсум-Вінниця, 2005. — 161 с. — ISBN 966-641-142-3.
2. Воеводин В. В. Параллельные вычисления : учебн. пособие [для студ. высш. учебн. зав.] / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин — СПб.: БХВ-Петербург, 2002. — 608 с. — ISBN 5-94157-160-7.
3. Кожемяко В. П. Методологічні аспекти принципів паралельності та ієрархічності в нейронній обробці інформації / В. П. Кожемяко, Л. І. Тимченко, А. А. Яровий, Р. М. Новицький // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2006. — № 2 (12). — С. 98—109. — Бібліогр.: 108—109.
4. Образный компьютер: концепция, методология, подходы // УкрОБРАЗ'2000: пр. п'ятої міжнародної конференції, Київ, 27 листопада — 1 грудня 2000 р. / ред.: Вінцюк Т. К. [та ін.] / МОНУ, МННЦ ІТІС. — К., 2000.
5. Кожемяко В. П. Оптоэлектронные параллельные вычислительные устройства: принципы построения и способы реализации / [В. П. Кожемяко, О. Г. Натрошвили, Л. И. Тимченко и др.] ; под ред. В. П. Кожемяко — Тбилиси: изд-во ТБГУ, 1985.
6. Кожемяко В. П. Функціональні елементи і пристрої оптоелектроніки / Кожемяко В. П., Тимченко Л. І., Лисенко Г. Л., Кутаєв Ю. Ф. — Київ: НМК ВО, 1990. — 256 с. — С. 248—254. — Бібліогр.: 106. — ISBN 5-7763-0039-8.
7. Кожемяко В. П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды / Кожемяко В. П. — Тбилиси, Мецциэреба, 1984. — 357 с. — С. 343—355. — Библиогр.: 146.
8. Кожемяко В. П. Моделі нейронних елементів логіко-часового типу / Кожемяко В. П., Мартинюк Т. Б., Яровий А. А., Мороз І. В. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2007. — № 2 (14). — С. 63—71.
9. Кожемяко В. П. Оптимізація обробки образної інформації через впровадження проблемно-орієнтованого логіко-часового кодування / В. П. Кожемяко, А. А. Яровий, Журбан Салех Мухамед // Вісник Сумського державного університету. — (Серія Технічні науки) — Суми, Видавництво СумДУ, 2002. — № 12(45). — С. 109—114. — Бібліогр.: 114.
10. Кожемяко В. П. Образный видео-компьютер око-процессорного типа : [монографія.] / Кожемяко В. П., Лисенко Г. Л., Яровий А. А., Кожемяко А. В. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. — 215 с. — ISBN 978-966-641-261-7.

Рекомендована кафедрою інтелектуальних систем

Надійшла до редакції 8.09.08
Рекомендована до друку 20.10.08

Яровий Андрій Анатолійович — доцент кафедри інтелектуальних систем, науковий співробітник кафедри лазерної та оптоелектронної техніки.

Вінницький національний технічний університет