

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНА ЕМУЛЯЦІЯ НЕЙРОННОГО ЕЛЕМЕНТА ЛОГІКО-ЧАСОВОГО ТИПУ

Андрій Яровий

Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна

Анотація

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

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. Ставиться завдання створити новий тип комп'ютерних структур, які б могли працювати не лише на рівні символічної обробки інформації, але й оперувати образами [1-4].

Аналіз різних родів паралелізму та його системних додатків [2,5,6] 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 , тожоні 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, а 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 середовищ та операції логіко-часових функцій покладено в основі функціонування запропонованого автором 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 (ICO), 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.

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

У схемі нейрона інтелектуальний суматор за ознаками необхідний для відсіювання вхідної логіко-часової інформації, яка має ступінь відхилення більший заданого ОНР (ступінь відхилення – коефіцієнт невідповідності сформованої логіко-часової функції активації від логіко-часової функції еталонної ознаки).

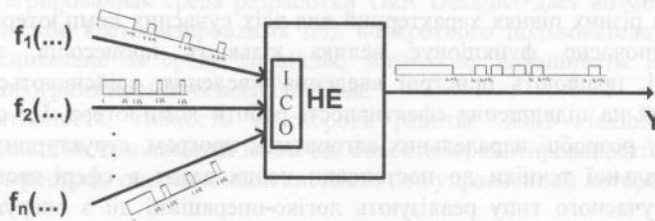


Рис.1. Структурна схема нейронного елемента логіко-часового типу

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

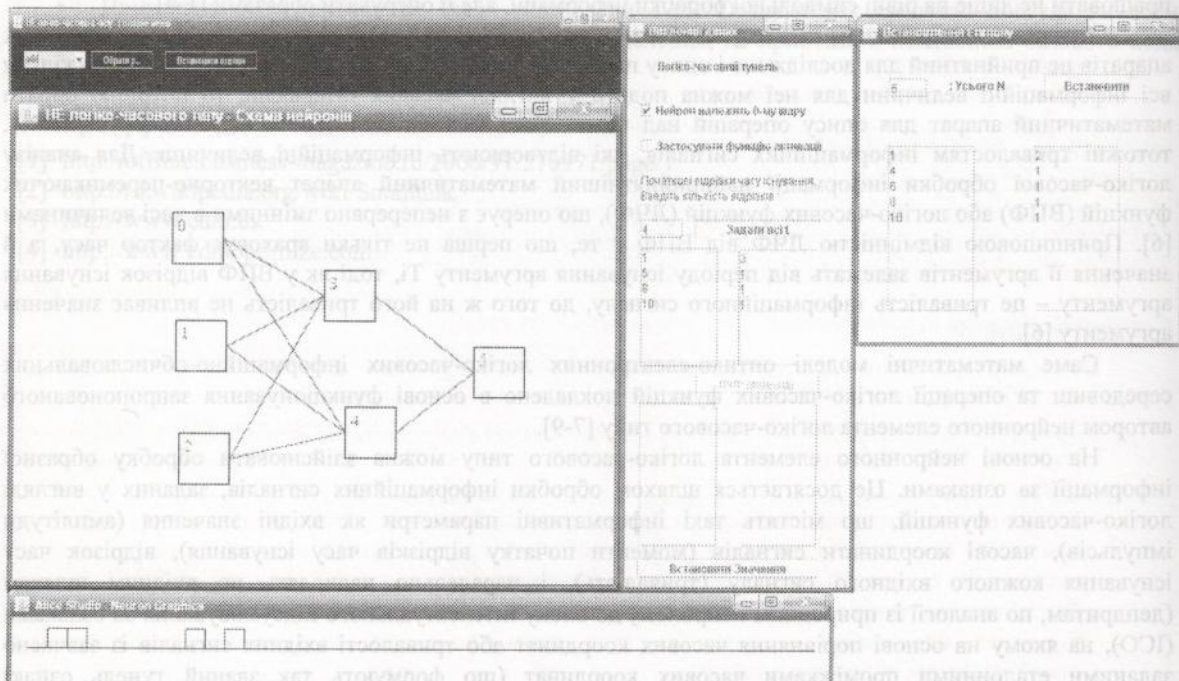


Рис.2. Загальний вигляд екранних форм програмної емуляції для імітаційного моделювання нейронного елемента логіко-часового типу

Внаслідок використання розробленого програмного середовища користувач додатково отримує:

- 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.

- Можливість графічного відображення поведінки як окремого нейронного елемента, так і нейронної мережі логіко-часового типу в цілому. 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.

Для представлення зображень (зокрема бінарних – в експериментальних дослідженнях) обрана логіко-часова функція такого виду [6]:

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

де $t \dots t_i$ – 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]:

- 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):

Рис.3. Форма “Введення даних”

Введенні дані відповідають ЛЧФ, що зображена на рис.4:

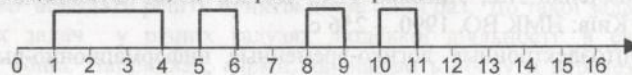


Рис.4. Тестова вхідна ЛЧФ вхідного зображення

Введемо дані вхідної ЛЧФ еталонного зображення (рис. 5):

Рис.5. Форма “Встановлення еталону”

Введенні дані відповідають ЛЧФ, зображеної на рис. 6:

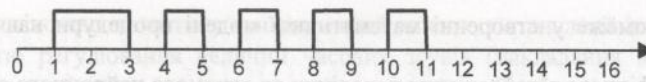


Рис. 6. Тестова вхідна ЛЧФ еталонного зображення

Результатом роботи програми є вихідна ЛЧФ нейронного елемента логіко-часового типу, яка зображена на рис. 7:

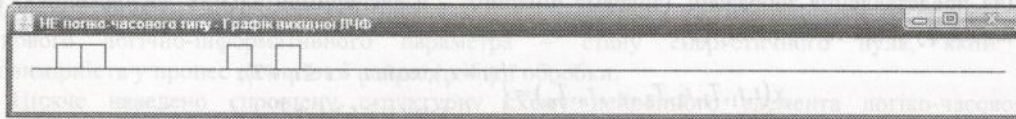


Рис. 7. Вихідна ЛЧФ нейронного елемента логіко-часового типу

Проаналізувавши отриману результуючу ЛЧФ можна зазначити про відповідність отриманих значень логіко-часових змінних очікуваним, згідно до математичної моделі. 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.

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.

Література:

- [1] В.П. Кожем'яко, Л.І. Тимченко, А.А. Яровий Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис для побудови спеціалізованих моделей образного комп'ютера. Монографія. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2005. – 161 с.
- [2] В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
- [3] В.П. Кожем'яко, Л.І. Тимченко, А.А. Яровий, Р.М. Новицький Методологічні аспекти принципів паралельності та ієрархічності в нейронній обробці інформації // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – №2 (12). – С. 98-109.
- [4] Вінцюк Т.К. Образний комп'ютер: концепція, методологія, підходи. – Праці п'ятої міжнародної конференції "УкрОБРАЗ'2000", – К., 2000.
- [5] Кожемяко В.П., Натрошвили О.Г., Тимченко Л.И. и др. Оптоэлектронные параллельные вычислительные устройства: Принципы построения и способы реализации. – Тбилиси: Издательство ТБГУ, 1985.
- [6] Кожемяко В.П., Тимченко Л.И., Лисенко Г.Л., Кутаев Ю.Ф. Функціональні елементи і пристрої оптоелектроніки. – Київ: НМК ВО, 1990. – 256 с.
- [7] Кожемяко В.П. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды. – Тбилиси, Мецнизрба, 1984.
- [8] Кожем'яко В.П., Мартинюк Т.Б., Яровий А.А., Мороз І.В. Моделі нейронних елементів логіко-часового типу // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – №2 (14). – С. 63-72.
- [9] В.П. Кожем'яко, А.А. Яровий, Журбан Салех Мухамед Оптимізація обробки образної інформації через впровадження проблемно-орієнтованого логіко-часового кодування // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки – Суми, Видавництво СумДУ, 2002. – №12(45). – С. 109-114.