УДК 681.3

О.В. Осадчук, О.О. Семенова, О.О. Войцеховська, А.О. Семенов
Вінницький національний технічний університет

РЕАЛІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ ТРІЙКОВОЇ ЛОГІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ДВОПОРОГОВИХ НЕЙРОНІВ

Розроблено математичні моделі двопорогових нейронів для випадку трійкового подання інформації. Запропоновано три нейронні мережі на лінійних та двопорогових нейронах. Перша функціонує як трійковий елемент мінімуму, друга – як елемент трійкового мінімуму, а третя – трійкової інверсії.

In this work the mathematical models of two-threshold neurons for ternary information presentation are developed. Three neural networks on linear and two-threshold neurons are proposed. The first operates as a ternary maximum element, the second does as a ternary minimum element, the third does as a ternary inversion element.

Вступ

Обчислювальний інтелект у широкому розумінні шукає і пропонує методологічну схему, яка містить неповну, нечітку і неточну інформацію, але розв’язує інтелектуальні задачі. Методи обчислювального інтелекту об’єднують у гібридні системи різноманітні складові частини інтелектуальних технологій – нечітку логіку, нейронні мережі, генетичні алгоритми. Гібридні системи, такі як, наприклад, нечіткі нейроні мережі з генетичним налаштуванням параметрів, демонструють взаємне підсилення переваг та зниження недоліків окремих методів. Сьогодні існують переважно нейро-нечіткі гібридні системи. Однак збільшується кількість нечітко-генетичних, нейро-генетичних та нейро-нечітко-генетичних систем. Схеми деяких з них містять не лише класичні нейрони, але й І, АБО-нейрони [1].

Загалом основна задача об’єднання систем сприйняття та логічної обробки на рівні структури повинна проявляться у тому, що є схеми, які працюють з числами (сприйняття) та дискретними сигналами істинності (логіка). Однією із властивостей подібних логічно-орієнтованих гібридних нейронних мереж є їх здатність до виконання складних операцій за доволі простої структури. Це, своєю чергою, дає змогу зменшити кількість взаємозв’язків між елементами, що уможливлює підвищити швидкодію виконання логічних операцій [2].

Інтерес до трійкової логіки виник задовго до появи комп'ютерів у зв'язку з властивостями симетричного коду чисел. Останнім часом цей інтерес відроджується завдяки новим можливостям напівпровідникової технології. Наслідком цього буде поява дешевих інтегральних елементів із трьома станами. Крім того, проводяться теоретичні дослідження, що стосуються трирівневої техніки. Очікується, що їхні результати знайдуть своє оригінальне практичне застосування.

До основних характеристик, що визначають практичну цінність трійкового коду та тризначної логіки, належить таке [3]:

- існує природне подання чисел зі знаком, тобто не потрібно користуватися штучними прийомами типу прямого, зворотного або додаткового коду;
- знак числа визначається знаком старшої ненульової цифри, при цьому не потрібно використовувати спеціальний знаковий біт, як у двійковій системі;
- доволі просто здійснюється порівняння чисел по величині, при цьому не потрібно звертати увагу на знак числа;
- відповідно до цього команда розгалуження за знаком у трійковій машині займає у два рази менше часу, ніж у двійковій;

- зменшення довжини числа рівносильне правильному округленню, а способи округлення, використовувані у двійкових машинах, не забезпечують цього;
- трійковий суматор здійснює обчислення під час інвертування одного з доданків, звідки випливає, що трійковий лічильник автоматично є реверсивним;
- у тривходовому трійковому суматорі перенос у наступний розряд виникає у восьми ситуаціях з 27, а у двійковому суматорі – в 4 з 8. У чотиривходовому суматорі перенос також відбувається тільки в сусідній розряд;
- таблиці множення та ділення майже такі ж прості, як і у двійковій системі, множення на -1 інвертує множник.

Тобто доцільно розробити трійкові елементи мінімуму, максимуму та інверсії у вигляді нейронної мережі з лінійними і двопороговими нейронами.

Мета роботи – підвищити ефективність проектування нейронних мереж. Для досягнення мети поставлено такі завдання:

– визначити математичні моделі нейронів для трійкової логіки;
– скласти схему нейронної мережі;
– визначити математичні моделі для розроблених нейронних мереж.

Основна частина

Для лінійного нейрона маємо [1]:

$$net = \sum_i \omega_i x_i \,,$$

$$f(net) = net \,.$$

Для порогового нейрона маємо [1]:

$$f(net) = \begin{cases} 0 : net < 0 \\ 1 : net \geq 0 \end{cases}.$$

Реалізація двійкових операції І, АБО, НІ за допомогою порогових нейронів розглядається у [4].

Переваги використання двопорогових нейронів у нечітких та трійковій логіці описуються у [2].

Для двопорогових нейронів маємо [2]:

$$f(net) = \begin{cases} -1 : net < \theta \\ 0 : -\theta \leq net \leq \theta \\ 1 : net > \theta \end{cases} \cdot$$

Принципи, операції та функції трійкової логіки описані у [3]. Нехай ми маємо трійкову логіку типу [0,1,2].

Операція трійкового мінімуму виконується так:

$$y = x_a \wedge x_b = \min(x_a, x_b)\,.$$

Операція трійкового максимуму виконується так:

$$y = x_a \vee x_b = \max(x_a, x_b)\,.$$

Операція трійкової інверсії виконується так:

$$y = 2 - x\,.$$

У [5–7] наведено схеми трійкових логічних елементів мінімуму, максимуму та інверсії. Замінимо складові блоки вказаних елементів на двопорогові та лінійні нейрони.

Запишемо математичну модель функціонування двопорогового нейрона для трійкової логіки:

$$f(net) = \begin{cases} 0 : net < \theta_1 \\ 1 : \theta_1 \leq net < \theta_2 \\ 2 : net \geq \theta_2 \end{cases}$$

Нейронну мережу, яка виконує операцію трійкового максимуму, показано на рис. 1. Вона працює так:

1. Перший шар

$$net_1 = net_2 = x_a \cdot (+1) + x_b \cdot (-1),$$

$$f(net_1) = y_1 = \begin{cases} 0 : -2 \le net_1 \le 0 \\ 1 : 1 \le net_1 \le 2 \\ 2 : 2 \le net_1 \end{cases},$$

$$f(net_2) = y_2 = \begin{cases} -2 : -2 \le net_2 < -1 \\ -1 : -1 \le net_2 < 0 \\ 0 : 0 \le net_2. \end{cases},$$

2. Другий шар

$$net_3 = x_a \cdot (+0,5) + x_b \cdot (+0,5) + y_1(+0,5) + y_2(-0,5),$$

$$f(net_3) = z_{\max} = net_3.$$

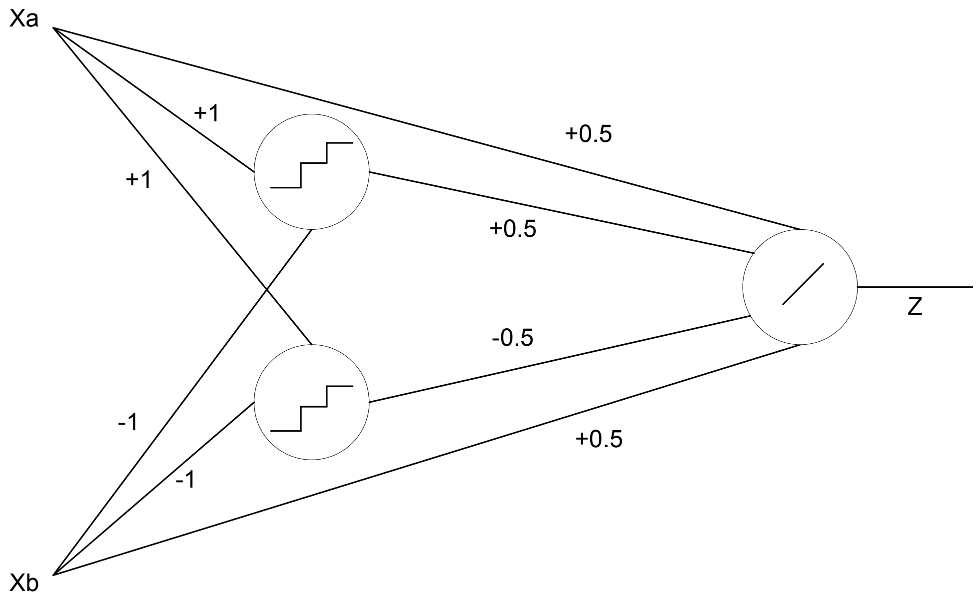

Рис. 1. Нейронна мережа трійкового максимуму

Нейронна мережа, яка виконує операцію трійкового мінімуму, показана на рис. 2, і працює так:

1. Перший шар

$$net_1 = net_2 = x_a \cdot (+1) + x_b \cdot (-1),$$

$$f(net_1) = y_1 = \begin{cases} 0 : -2 \le net_1 \le 0 \\ 1 : 1 \le net_1 \le 2 \\ 2 : 2 \le net_1 \end{cases},$$

$$f(net_2) = y_2 = \begin{cases} -2 : -2 \le net_2 < -1 \\ -1 : -1 \le net_2 < 0 \\ 0 : 0 \le net_2. \end{cases},$$

2. Другий шар

$$net_3 = x_a \cdot (+0,5) + x_b \cdot (+0,5) + y_1(-0,5) + y_2(+0,5);$$

$$f(net_3) = z_{\min} = net_3.$$

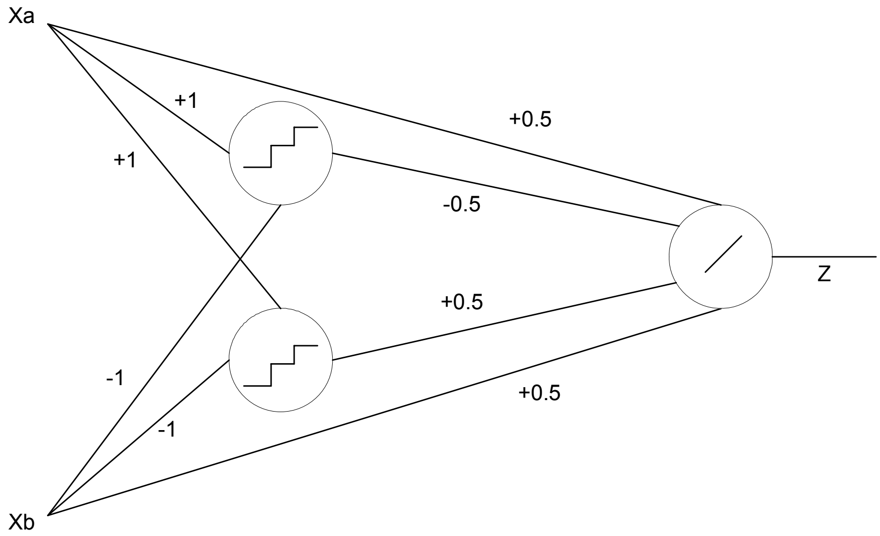

Рис. 2. Нейронна мережа трійкового мінімуму

Нейронна мережа, яка виконує операцію трійкової інверсії, показана на рис. 3, і працює так:

$$net = x \cdot (+1) + y \cdot (-1),\ f(net) = z_{inv} = net .$$

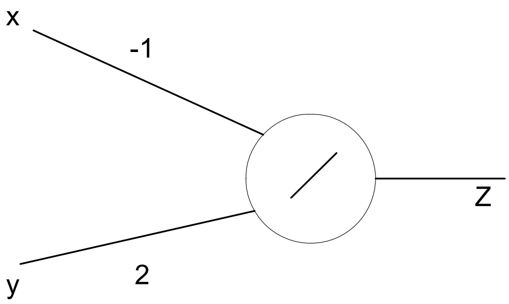

Рис. 3. Нейронна мережа трійкової інверсії

Висновки

Запропоновано три нейронні мережі з лінійними та двопороговими нейронами. Перша функціонує як елемент трійкового максимуму, друга – як елемент трійкового мінімуму, а третя – як елемент трійкової інверсії.

Використовуючи двопорогові нейрони, можна будувати нейронні мережі, які реалізують як елемент операції трійкової логіки. Це дасть змогу розширити область застосування нейронних мереж та поєднати обчислювальну техніку з інтелектуальними технологіями.

1. Ярушкина Н.Г. Нечёткие нейронные сети с генетической настройкой // Научная сессия МИФИ–2004: VI Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2004»: Лекции по нейроинформатике. – Ч. 1. – М.: МИФИ, 2004. – 199 с. 2. Masahiro Sakamoto, Mititada Morisue. A study of ternary fuzzy processor using neural networks // Proc. of IEEE International Symposium on Circuits and Systems. – Hong Kong. – 1997. – P. 613–616. 3. Лысиков Б.Г. Арифметические и логические основы ЭЦВМ. – Минск: Вышэйшая шк., 1974. – 264 с. 4. Gerald Reif. Neuronale Netze // http://www.iicm.tugraz.at/Teaching/ theses/2000/_idb9e_/greif/node10.html. 5. Патент №33476 на корисну модель МПК (2006) H03K19/20. Трійковий елемент мінімуму / О.О. Семенова, А.О. Семенов, О.О. Войцеховська // Номер заявки u2008 01766. Дата подання 11.02.2008. Опубл. 25.06.2008. Бюл.№12. – 4 с. 6. Патент 34465 на корисну модель МПК H03K19/20. Трійковий елемент максимуму / О.О. Семенова, А.О. Семенов, О.О. Войцеховська // Номер заявки u 2008 30612. Дата подання 21.03.2008. Опубл. 11.08.2008. Бюл. №15. – 5 с. 7. Патент 35963 на корисну модель МПК H03K19/20. Логічний елемент трійкової інверсії / О.О. Семенова, А.О. Семенов, В.М. Кичак, О.О. Войцеховська // Номер заявки 2008 05822. Дата подання 05.05.2008. Опубл. 10.10.2008. Бюл. №19. – 4 с.