

## **СХЕМОТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШТУЧНОГО НЕЙРОНУ**

*Адаменко В. О., Чеботар Д. Ю.*

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Штучні нейронні мережі (ШНМ) вже тривалий час використовуються у якості математичного апарату для вирішення широкого кола прикладних задач [1–3]. Проте в більшості випадків це програмні моделі і, відповідно, вони втрачають головну перевагу ШНМ, а саме паралельність обробки даних. Тому гнучкість та універсальність системи нівелюється вимогливістю до обчислювальних потужностей для їх реалізації. Виходом з цієї ситуації є апаратна реалізація ШНМ, яка дозволить повністю використовувати всі їх переваги. Дана робота присвячена розробці варіанту схемотехнічної реалізації елементарної складової частини ШНМ — штучного нейрону (ШН).

Сучасний розвиток електроніки в напрямку розробки систем, які моделюють роботу нейронів мозку проводиться в декількох напрямках, так в [4] наведено умовну класифікацію:

– Нейроемулятори — це системи побудовані на класичних процесорах, які проводять типові розрахунки роботи штучного нейрону (операції зваженого сумування, нелінійні перетворення, корегування вагових коефіцієнтів);

– Нейроприскорювачі — системи побудовані з використанням процесорів з апаратним розпаралелюванням обробки типових операцій;

– Нейрокомп'ютери — це системи побудовані у вигляді функціонально закінчених вузлів (нейрочіпів), які орієнтовані на виконання нейромережевих операцій в нейромережевому логічному базисі.

З формальної точки зору нейроприскорювачі не можна відносити до систем моделювання ШНМ, так як вони зазвичай виконують жорстко задані операції по обробці масивів даних, тобто у них відсутні адаптивні властивості ШНМ.

Пристрої, побудовані за вищеперерахованими принципами, знаходять використання в системах, що потребують одночасної обробки великих об'ємів даних (обробка відео- та аудіопотоків, обрахунки складних математичних моделей та ін.), системах, які моделюють певні функції живих організмів (штучний зір, слух, нюх та ін.) та системах штучного інтелекту.

Більшість сучасних спеціалізованих нейрочіпів є цифровими, хоча в класичному розумінні модель ШН та ШНМ є аналоговою, адже вона моделює роботу нейронів мозку. Це пов'язано перш за все з тим, що розробниками нейрочіпів є корпорації, які займаються виробництвом традиційних процесорів, тому й використовують напрацьовані підходи. Проте на думку авторів створення аналогової схемотехнічної моделі ШНМ дозволить зна-

чно підвищити гнучкість та швидкодію системи, адже всі операції в нейромережевому базисі будуть виконуватися з максимальною швидкістю, яка не залежить від тактової частоти процесору, а буде обмежуватися лише перехідними процесами кіл.

Для схемотехнічної реалізації ШНМ розглянемо її складову частину у вигляді одиничного нейрону, який представляють у вигляді адаптивного суматора навантаженого на функцію активації [2], а його робота описується формулою:

$$y(\bar{x}) = f\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i + T\right)$$

де  $x_i$  — вхідні сигнали;  $w_i$  — вагові коефіцієнти;  $T$  — пороговий рівень нейрону;  $f$  — функція активації нейрону.

Тобто основним елементом нейронної мережі є адаптивний суматор та нелінійний перетворювач (в якості функції активації), реалізація яких не викликає труднощів з використанням класичних схем ввімкнення операційних підсилювачів [5].

Проте для успішного функціонування схемотехнічної реалізації ШНМ необхідно забезпечити працездатність алгоритмів навчання та тривале зберігання значень вагових коефіцієнтів. Для зручності авторами запропоновано наступну функціональну схему ШНМ (рис. 1), яка складається з вхідного та вихідного кола, для забезпечення розв'язки та узгодження окремих нейронів між собою та з навколишнім середовищем; схеми навчання (СН), яка реалізує алгоритм навчання з коригуванням вагових коефіцієнтів; суматора ( $\Sigma$ ) та нелінійного перетворювача (НП); запам'ятовуючого пристрою (ЗП), для збереження значень вагових коефіцієнтів; схеми керування (СК), яка забезпечує узгоджену роботи всіх складових частин ШНМ.

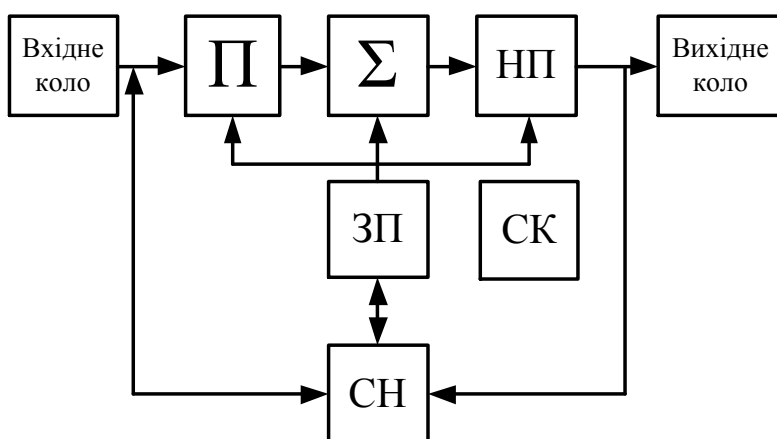


Рисунок 1. Функціональна схема штучного нейрону

За допомогою моделювання в середовищі *Multisim* підтверджено працездатність помножувача та суматора зібраного на операційних підсилювачах, та зустрічного паралельного ввімкнення діодів в якості нелінійного перетворювача, який реалізує сигмоїдальну функцію активації.

Останні здобутки корпорації *IBM* в розробці нейроморфічних процесорів [6] та проведені попередні моделювання вказують на значний потенціал подальших досліджень в напрямку апаратної реалізації ШНМ.

Наступними етапами дослідження буде вибір оптимального методу зберігання значень вагових коефіцієнтів та визначення способів реалізації алгоритму навчання. Проведені порівняння методів цифрового та аналогового варіанту збереження значень вагових коефіцієнтів та способів реалізації процесу навчання, дозволить вже остаточно визначитися з загальним принципом реалізації ШН — повністю аналоговий чи поєднання аналогової розрахункової частини і цифрової частини зберігання значень вагових коефіцієнтів та реалізації алгоритму навчання.

#### **Література**

1. Адаменко В. О. Використання нейронних мереж для синтезу мікрохвильових пристроїв / В. О. Адаменко, Г. О. Мірських // Вісник НТУУ "КПІ". Серія — Радіотехніка. Радіоапаратобудування, 2012. — №49. — С. 102—107.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Уоссермен Ф.; пер. с англ. Ю. А. Зуев, В. А. Точенов. — М.: Мир, 1999. — 184 с. — ISBN 5060040941.
3. Адаменко В. О. Штучні нейронні мережі, як апроксимаційний апарат в задачах проектування радіотехнічних пристроїв / В. О. Адаменко, Г. О. Мірських // Вісник НТУУ "КПІ". Серія — Радіотехніка. Радіоелектронні апарати. — 2012. — №51 — С. 41—49.
4. Шахнов В. А. Нейрокомпьютеры — архитектура и реализация / В. А. Шахнов, А. И. Власов, А. С. Кузнецов, Ю. А. Поляков [електронне видання] — Режим доступу: <http://citforum.ru/hardware/neurocomp/index.shtml> — Назва з екрану.
5. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС: пер. с англ. Л. М. Наймарка / Л. Фолкенберри — М. : Мир, 1985. — 572 с.
6. Dharmendra S. Modha. Introducing a Brain-inspired Computer TrueNorth's neurons to revolutionize system architecture / Dharmendra S. Modha // IBM corporate — Режим доступу: <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml> — Назва з екрану.

#### **Анотація**

Розглянуто переваги апаратної реалізації штучних нейронних мереж. Наведено класифікацію основних напрямів розвитку апаратної реалізації ШНМ. Запропоновано функціональну схему варіанту схемотехнічної реалізації ШНМ. Визначено основні шляхи подальшого розвитку даного напрямку.

Ключові слова: ШНМ, нейрокомп'ютер, апаратна реалізація.

#### **Аннотация**

Рассмотрены преимущества аппаратной реализации искусственных нейронных сетей. Приведена классификация основных направлений развития аппаратной реализации ИНС. Предложена функциональная схема варианта схемотехнической реализации ИНС. Определены основные пути дальнейшего развития данного направления.

Ключевые слова: ИНС, нейрокомпьютер, аппаратная реализация.

#### **Abstract**

The advantages of artificial neural networks hardware implementation are considered. The classification of the main directions of hardware implementation ANN development is presented. The functional diagram of an ANN hardware implementation embodiment was proposed. The main ways of further development of this direction are determined.

Keywords: ANN, neurocomputer, hardware implementation.