

## РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ ХОПФІЛДА НА ПЛІС

*Міщанчук В. П., магістрант; Мосійчук В. С., к.т.н., доц.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Створення технічних об'єктів за аналогією з біологічними об'єктами є доволі поширеним. Значний інтерес існує до методів та алгоритмів розпізнавання образів, що є схожими з роботою нервової системи живих істот. Зокрема, розроблені штучні моделі нейрона, в основі яких лежать принципи функціонування біологічної клітини нейрона [1]. Система яка складається з певної кількості нейронів називається нейромережою.

Штучні нейромережі являють собою систему сукупність простих процесорів (штучних нейронів), що взаємодіють між собою. Такі процесори зазвичай достатньо прості. Фактично кожен процесор нейронної мережі має справу тільки з сигналами, які він періодично отримує, і сигналами, які він періодично відправляє іншим процесорам. Тим не менше, будучи з'єднаними в досить велику мережу з керованою взаємодією, такі локально прості процесори разом здатні виконувати достатньо складні завдання. Відомі декілька типів нейромереж. Незважаючи на різні принципи роботи різних типів мереж їхня структура є подібною та має у своїй основі штучний нейрон [2]. Для виконання завдань розпізнавання образів на зображеннях, наприклад, отриманих з електронного мікроскопу зручною є мережа Хопфілда.

В даній статті розглядаються особливості реалізації нейромережі Хопфілда на основі програмної логіки (ПЛІС).

Оскільки на одній ПЛІС може бути розроблено декілька незалежних пристроїв, що обробляють інформацію паралельно, то вони є ідеальними для побудови нейропроцесорів.

Особливістю даної нейромережі є те, що вона працює з бінарними входами. Мережі Хопфілда використовуються для запам'ятовування та розпізнавання значної кількості образів. Розпізнавання відбувається шляхом перемноження вхідного образу з матрицею вагових коефіцієнтів за алгоритмом в якому кожен попередньо отриманий образ перемножується з матрицею вагових коефіцієнтів та пропускання результату через активаційну функцію. Алгоритм повторюється до тих пір доки подальші ітерації не будуть призводити до змін вихідного образу.

Робота нейромережі полягає у запам'ятовуванні  $n$  образів, кожен з яких являє дискретну матрицю  $X^n$  (матриця  $n$ -го образу).

Образ запам'ятовується у вигляді матриці коефіцієнтів:

$$W^n = X^n \cdot [X^n]^T. \quad (1)$$

Нейромережа може запам'ятати певну кількість образів. Кількість об-

разів які нейромережа може запам'ятати залежить від її розміру. Матриця коефіцієнтів нейромережі, що запам'ятала  $n$  образів, визначається як сума матриць коефіцієнтів образів

$$W = \sum_1^n W^n, \quad (2)$$

причому діагональні значення матриці коефіцієнтів обнулюються.

Алгоритм розпізнавання являє собою ітераційне перемноження матриці коефіцієнтів нейромереж з матрицею вхідного сигналу-образу, що полягає розпізнавню. Ітерації повторюються до тих пір доки вихідний образ змінюється. Якщо в результаті подальших ітерацій вихідний образ залишається незмінним, то процес розпізнавання вважається завершеним, нейромережа досягла свого стабільного стану. Алгоритм обробки :

$$O_{i+1} = f(W \cdot O_i). \quad (3)$$

де  $O_i$  – образ  $i$  ітерації;  $f(z_j)$  – активаційна функція, де  $z_j$  – елемент матриці  $[W \cdot O_i]$ .

Реалізувати нейромережу можливо різними шляхами. У разі якщо образи є доволі великими за розміром (форматом), реалізація на ПЛІС може суттєво збільшити швидкість розпізнавання, оскільки існує можливість виконувати обчислення паралельно. Приклад нейромережі з чотирьох нейронів приведено на рис. 1. На її вхід подається образ з 4 дискретних "пікселів".

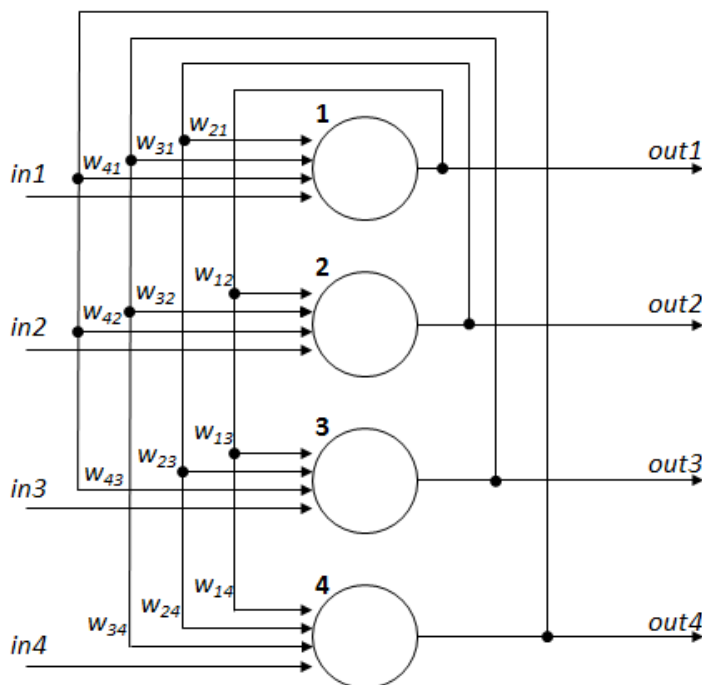


Рисунок 1. Нейромережа Хопфілда з чотирьох нейронів

Кожен нейрон нейромережі виконує операцію перемноження однієї стрічки матриці образів на матрицю вихідного сигналу. При чому під час першої ітерації, коли на входи нейромережі потрапляє образ, він попадає одразу на вихід і далі в результаті подальших ітерацій коректується.

Таким чином структура нейромережі Хопфілда являє собою набір однотипних блоків штучних нейронів, блоку синхронізації та блоків вводу виводу даних. Блок штучного нейрона доцільно описати на одній з мов моделювання цифрових при-

го нейрона доцільно описати на одній з мов моделювання цифрових при-

строїв у вигляді кінцевого автомату з наступним їх повторним використанням в ієрархічному проекті.

#### **Перелік посилань**

1. Grossberg S. Classical and instrumental learning by neural networks // Progress in theoretical biology. – 1974. – Vol. 3. – pp. 51–141.
2. Круг П. Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры / П. Г Круг. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 176 с.

#### **Анотація**

Розглянуті особливості реалізації нейромережі Хопфілда, особливості її роботи та використання. Розглянуто доцільність реалізації нейромережі на основі програмної логіки (ПЛІС) та переваги в порівнянні з реалізацією на комп'ютері або з реалізацією на типових мікроконтролерах.

**Ключові слова:** нейромережа Хопфілда, ПЛІС, розпізнавання образів.

#### **Аннотация**

Рассмотрено построение нейросети Хопфилда, особенности ее работы и использования. Рассмотрена целесообразность реализации на основе программной логики ПЛИС и преимущества по сравнению с программной реализацией на компьютере или с реализацией на типичных микроконтроллерах.

**Ключевые слова:** нейросеть Хопфилда, ПЛИС, распознавания образов.

#### **Abstract**

It was considered the construction of a neural Hopfield network, especially their work and use. Also it was made the advisability of implementation based on the program logic and considered FPGA advantages over software implementation on a computer or on a typical implementation of the microcontrollers.

**Keywords:** Hopfield neural network, FPGA, image recognition.