

УДК 004.032.26; 004.855.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МАЛИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

А. Фаренюк, З. Любунь

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Ген. Тарнавського, 107, 79017, Львів, Україна.
fareniuk@gmail.com*

Концепція нейромереж виникла внаслідок спроби просунути в дослідженні процесів мислення та створення штучного інтелекту, моделюючи роботу нейронних мереж різної структури. Після десятиліть розвитку нейромережі стали важливим інструментом вирішення інтелектуальних завдань. Одним із таких завдань є розпізнавання образів, це може бути розпізнавання облич, рукописного тексту тощо. Практичне застосування таких – інтелектуальний контроль за якістю виробництва. Ми запропоновували використати генетичні алгоритми підбору оптимальних параметрів нейромережі та її мінімізації, що надалі дало змогу побудувати нейроеммулятор на базі мікроконтролера Atmega328P-PU.

Ключові слова: нейромережа, перцептрон, генетичний алгоритм, адаптивні алгоритми, розпізнавання образів, мікроконтролери, інтелектуальні системи.

Сьогодні значного поширення набувають системи інтелектуального керування. Прикладами таких систем може бути контроль за якістю виробництва, системи контролю доступу, системи перевірки електронних підписів, тощо. Ці системи можна будувати на основі нейронних мереж, однак у цьому разі гостро стоїть завдання мінімізації витрат на апаратну реалізацію. Частина завдань, які вирішують нейромережі, має шаблонний характер [1]. У завданнях подібного плану використання нейронних мереж оправдане і в значно економить ресурси.

Ми розглянули завдання розпізнавання рукописних цифр. Це завдання цікаве з низки причин. З одного боку, потреба в автоматизації розпізнавання рукописних символів виникає часто, з іншого – вона погано формалізується, спонукаючи використовувати підходи штучного інтелекту. Крім того, існують легкодоступні бази рукописних символів, написаних багатьма різними людьми, тому є вихідний матеріал для тренування та випробування запропонованих засобів її вирішення [2].

У процесі виконання поставленого завдання розроблено програмне забезпечення для дослідження застосування нейромереж до розпізнавання рукописного тексту. Розробляли його модульно, причому окремі модулі спроектовано максимально ізольованими

один від одного. Це дає змогу робити значні модифікації в межах конкретного модуля, практично не зачіпаючи інші. Програмний пакет портатбельний, працює ОС Windows та ОС родини GNU/Linux. У разі потреби його легко перенести також на низку інших платформ – родину BSD, MacOS, інші POSIX системи з достатньо сучасним компілятором C++. Розглянемо окремі частини цього пакета.

Модуль роботи з зображеннями призначений для того, щоб робота із зображенням різного походження відбувалася єдиним способом. Сьогодні реалізовано: завантаження, підтримку колекції зображень, перетворення (масштабування, повороти, зміна яскравості, перетворення в негатив, застосування фільтрів, тощо) та подання їх іншим частинам програми.

Нейромеревий модуль – реалізує створення нейромережі з заданими параметрами, її навчання та розпізнавання за її допомогою. Модуль реалізовано на базі OpenSource бібліотеки FANN. Він підтримує три типи зв'язності: повнозв'язний перцептрон, повнозв'язний перцептрон, у якому виходи всіх шарів подаються на всі нейрони, та перцептрон з розрідженими зв'язками, у якому використовується тільки задана частка від повної кількості зв'язків (дає змогу суттєво мінімізувати розмір пам'яті для реалізації нейроемулатора нейронної нейромережі). Реалізовано два режими навчання нейромережі – інкрементальний, коли ваги коректують на кожному кроці, та пакетний, коли ваги коректують після подання мережі всього навчального набору. Також реалізовано можливість використання довільної кількості шарів та нейронів у кожному шарі. Причому в нейроні можна застосовувати низку функцій активації – сигмоїда, апроксимована прямими сигмоїда, лінійна, поріг, симетричний поріг, гаусіана, синус, косинус тощо. Існує також кілька алгоритмів ініціалізації ваг – фіксованими значеннями, випадковими в заданому діапазоні, згідно з алгоритмом Nguyen-Widrow [4].

За підбір параметрів мережі та її мінімізацію відповідає **модуль генетичних алгоритмів (ГА)** [5 – 7]. Ефективність такого підбору оптимальних параметрів з використанням ГА доведена в попередніх працях [3]. Реалізовано його на базі Open Source бібліотеки galib. Він слугує для оптимального вибору параметрів нейромережі, таких як очікувана похибка, швидкість та момент навчання, крутість сигмоїди, частка зв'язків мережі, які використовують. За функцію пристосованості f генетичного алгоритму вибрано значення:

$$f = w_1 F_{\text{known}} + w_2 F_{\text{unknown}} + w_3 \frac{1}{N + C_3} + w_4 \frac{1}{n + C_4} + w_5 \frac{1}{T + C_5},$$

де w_i - вагові множники, що задають внесок чи важливість кожного з параметрів; C_i – коефіцієнти для обмеження впливу відповідних параметрів на ефективність; F_{known} – ефективність розпізнавання відомих символів, тобто символів з навчальної вибірки; F_{unknown} – ефективність розпізнавання невідомих символів, з якими мережа ще не стикалася; N – сумарна кількість нейронів; n – кількість зв'язків у мережі; T – час навчання.

Набір програм, що реалізують інтерфейс користувача, об'єднує різні модулі в єдину експериментальну програму з тим чи іншим інтерфейсом користувача. Такі програми називатимемо драйверами. Реалізовано драйвери для оптимізації за допомогою ГА, навчання мережі з отриманими раніше параметрами на довільному наборі зображень

та її збереження, а також розпізнавання зображень. Крім того, для драйвера розпізнавання зображень розроблено GUI-оболонку.

Ефективністю розпізнавання вважатимемо відношення правильно розпізнаних символів до загальної їх кількості, яку подавали для розпізнавання нейромережею. В процесі роботи з розробленим експериментальним пакетом отримано такі результати:

- для однеюнейронних мереж одержано ефективність розпізнавання 0.97 – 0.98 на підмережу та 0.92 максимальної повної ефективності нейромережі. Виявлено, що повна ефективність суттєво залежить від початкових значень ваг (коливаючись у діапазоні 0.73 – 0.92). Це свідчить про те, що загальноприйнята схема задання ваг випадковим чином не завжди ефективна. Це ж стосується і схеми [4]. Крім того, такі малі мережі виявилися достатньо нестабільними – відхилення основних параметрів навчання (таких як швидкість та момент навчання) на 0,1 – 0,5% від їхнього значення призводять до погіршення ефективності розпізнавання на 20 – 40%;

- попередні дослідження оптимізації нейромереж за кількістю зв'язків, які використовують, засвідчують, що їхню кількість можна зменшити на третину без помітного погіршення якості розпізнавання. Це важливо, оскільки дає змогу зменшити вимоги до пам'яті в разі реалізації нейромереж на мікроконтролерах. Однак такі мережі з розрідженими зв'язками виявилися значно нестабільшими порівняно з мережами, де використовують усі зв'язки;

- для багатошарових мереж підбір параметрів займає значно більше часу (тижні на запуск), їхні попередні результати відповідають однеюнейронним, однак вони є більш стабільнішими.

З'ясовано, що практично завжди ГА тяжіє до мінімальної дозволеної похибки.

На рис. 1 показано рельєф функції ефективності з використанням двох параметрів, швидкості та моменту навчання.

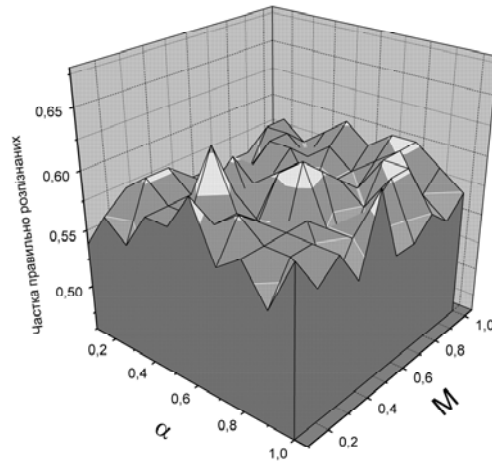


Рис. 1. Вигляд функції ефективності розпізнавання для одного нейрона; α – швидкість навчання, M – момент навчання.

Дослідження однеї нейронних мереж з розрідженими зв'язками дає змогу реалізувати нейромережу для розпізнавання рукописних цифр використовуючи лише 20 – 24 кілобайти пам'яті. А це, відповідно, допомагає реалізувати таку нейромережу на порівняно невеликих мікроконтролерах.

З використанням отриманих результатів для оптимальних параметрів та конкретних ваг зв'язків навчених нейромереж на базі мікроконтролерів Atmel AVR серії ATmega розроблюють апаратний пристрій для розпізнавання. Як базову платформу вибрано плати Arduino Uno (32 KB EEPROM; 2 Kb SRAM; 1Kb EEPROM) та Arduino Mega2560 (256 KB EEPROM; 8 Kb SRAM; 4Kb EEPROM). Сьогодні:

- реалізовано апаратну схему для виведення за допомогою LCD та PC-speaker;
- реалізовано попередній варіант уведення зображень за допомогою вбудованого UART-to-USB;
- розроблено модулі програми мікроконтролера для створення нейромереж.

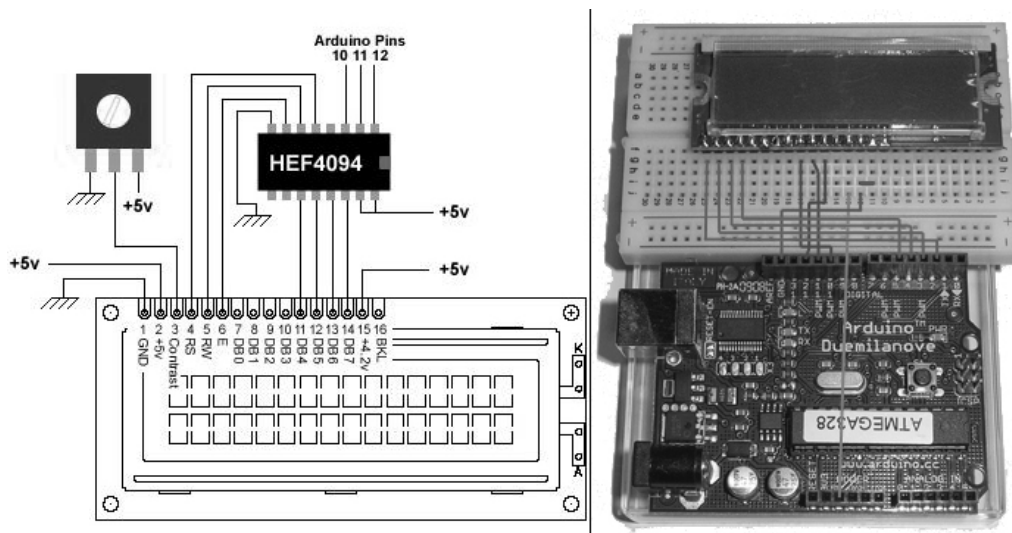


Рис. 2. Схема приєднання, і зовнішній вигляд тестового зразка нейроемулатора на базі Arduino Uno.

На рис. 2 показано схему приєднання, і зовнішній вигляд тестового зразка нейроемулатора на базі Arduino Uno.

Також досліджують ефективність розпізнавання за допомогою нейромережі за різних наборів параметрів та різних її топологій, зокрема різні методи використання ГА для швидкого досягнення потрібних результатів.

1. *Еремін Д.М., Гарцев І.Б., Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления.* — М.: МИРЭА, 2004. — 75 с. — ISBN 5-7339-0423-2

2. The MNIST database of handwritten digits, <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/index.html>
3. А. Фаренюк, З. Любунь, О. Фаренюк. Дослідження розпізнавання рукописних зображень з використанням повнозв'язних і неповнозв'язних нейромереж та генетичних алгоритмів. Теоретична електротехніка. – 2010. – Вип. 61. – Ст. 113 - 119
4. Nguyen D., Widrow B. Improving the learning speed of 2-layer neural networks by choosing initial values of the adaptive weights. — Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, — 3:21–26, — 1990
5. Фаренюк А.Я., Любунь З.М. Дослідження розпізнавання рукописних зображень з використанням повнозв'язних і неповнозв'язних нейромереж та генетичних алгоритмів. — I всеукраїнська конференція Комп'ютери в електроніці: наукові дослідження та навчальний процес. Львів, 2009.
6. Goldberg, David E. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning. Addison Wesley. – 1989. – p. 41. – ISBN 0201157675.
7. Cedeño W., Vemuri V. R. Analysis of speciation and niching in the multi-niche crowding GA, — Theoretical Computer Science, — v.229 n.1-2, — p.177-197, — Nov. 6, 1999

EXPLORING THE APPLICATION OF SMALL NEURAL NETWORKS IN PATTERN RECOGNITION PROBLEMS

A. Farenjuk, Z. Lubun

*Ivan Franko National University of L'viv,
Tarnavsky Str: 107, UA-79017 Lviv, Ukraine.
fareniuk@gmail.com*

The framework of neural networks was originated as an attempt to get advanced in the exploration of cognitive process and artificial intelligence building while modeling the work of distinct neurons and connection between them. The solution of intelligence problems through the implementation of neural networks became significant after decades of development. Some example of such problems is pattern recognition – faces, handwriting recognition etc. Intelligence in-process control is another application of neural networks. Our proposal is genetic algorithms as a tool to find network optimal parameters and minimize the network. Minimized network was implemented, based on Atmega328P-PU microcontroller.

Keywords: neural net, perceptron, genetic algorithms, adaptive algorithms, handwritten text recognition, micro controller, intelligence systems.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

А. Фаренюк, З. Любунь

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
кафедра радиофизики
вул. Ген. Тарнавского, 107, 79017, Львов, Украина.
fareniuk@gmail.com*

Концепция нейросетей возникла в результате попытки продвинуться в исследовании процессов мышления и создания искусственного интеллекта, моделируя работу нейросетей различной структуры. После десятилетий развития нейросети стали важным инструментом решения интеллектуальных задач. Одной из таких задач является распознавание образов, это может быть распознавание лиц, рукописного текста и т. д. Практическое применение таких сетей интеллектуальный контроль за качеством производства. Мы предложили использовать генетические алгоритмы для минимизации и подбора оптимальных параметров нейросети, что в дальнейшем позволило построить нейроэмуляторы на базе микроконтроллера Atmega328P-PU.

Ключевые слова: нейронная сеть, персептрон, генетические алгоритмы, адаптивные алгоритмы, распознавание образов, микроконтроллеры, интеллектуальные системы.

Стаття надійшла до редколегії 18.05.2011

Прийнята до друку 21.06.2011