

Леві Л.І., д.т.н., професор  
Бублик О.В., студент групи 401-ТІ  
Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ

*Анотація.* У статті розглянуто практичне застосування штучних нейронних мереж для розпізнавання рукописного тексту. Надано опис складових штучної нейронної мережі, а саме опис штучного нейрона, активуючої функції, а також опис простої штучної нейронної мережі – багатошарового перцептрону. Окрім цього розглянуто процес навчання штучної нейронної мережі. Як приклад показано результат роботи програми розпізнавання рукописного тексту із застосуванням штучної нейронної мережі.

*Ключові слова:* розпізнавання рукописного тексту, штрих, співставлення шаблону, структурні методи, нейронні мережі.

### 1 Вступ

Рукописне введення було відмінним засобом комунікації та документації протягом тисяч років, але останнім часом воно все частіше замінюється введенням з клавіатури. Тим не менше, воно залишається найпростішим і найбільш ефективним за часом способом перетворення людської думки в передавану форму для більшості людей в усьому світі. У часи підйому комп'ютерної ери, використання почерку в обчислювальних машинах було менш зручно застосовувати у великих масштабах, але в пізніші дні, з новітнім розвитком в технологіях сенсорних пристроїв та швидких і точних камер і

сканерів, перетворення тексту, написаного людиною, в дані, зрозумілі комп'ютеру, є актуальним завданням.

В даний час системи розпізнавання рукописного тексту мають нові горизонти для досягнень в таких областях як машинний переклад, поштові пересилки, перевірки підпису, ведення повсякденних нотаток. Кінцева мета розпізнавання рукописного введення – це існування машин, які можуть читати будь-який текст з тією ж точністю розпізнавання, що і люди, але з більшою швидкістю.

## 2 Штучні нейронні мережі як математичні моделі розпізнавання образів

Штучний нейрон імітує в першому наближенні властивості біологічного нейрона. На вхід штучного нейрона поступає деяка множина сигналів, кожний з яких є виходом іншого нейрона. Кожний вхід перемножується з відповідною вагою, аналогічної синаптичній силі, і всі доданки підсумовуються, визначаючи рівень активації нейрона. На рис.1 представлена модель, що реалізує цю ідею. Хоча мережеві парадигми досить різноманітні, в основі майже всіх їх лежить ця конфігурація.

Функціонування нейрона визначається формулами:

$$NET = \sum_i w_i x_i$$

$$OUT = F(NET)$$

де  $x_i$  - вхідні сигнали, сукупність всіх вхідних сигналів нейрона утворює вектор  $x$ ;

$w_i$  - вагові коефіцієнти, сукупність вагових коефіцієнтів утворює вектор ваг  $w$ ;

NET - зважена сума вхідних сигналів;

F - нелінійна функція, яку називають функцією активації.

Нейрон може мати декілька вхідних сигналів  $x$  і один вихідний сигнал OUT.

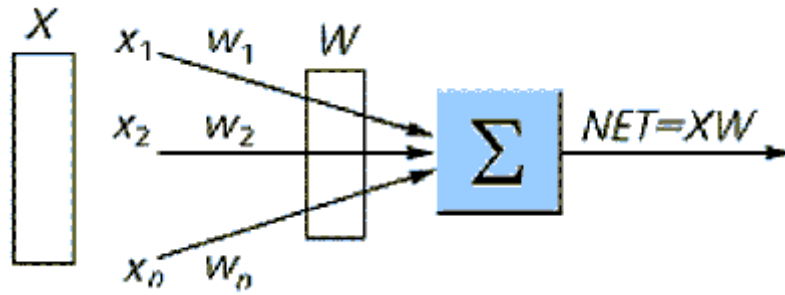


Рис. 1. Штучний нейрон

Сигнал  $NET$  далі, як правило, перетворюється активаційною функцією  $F$  і дає вихідний нейронний сигнал  $OUT$ . Активаційна функція може бути звичайною пороговою функцією:

$$OUT = \begin{cases} 0, & NET < T \\ 1, & NET \geq T \end{cases}$$

де  $T$  деяка постійна порогова величина, або ж функція, що точніше моделює нелінійну передатну характеристику біологічного нейрона.

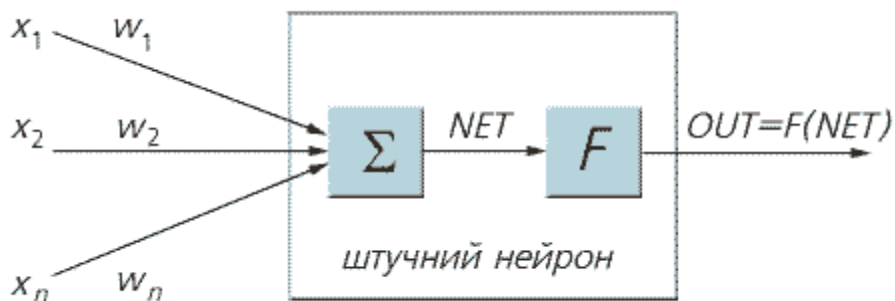


Рис. 2. Штучний нейрон з активаційною функцією

На рис. 2 блок, позначений  $F$ , приймає сигнал  $NET$  і видає сигнал  $OUT$ .

Штучні нейрони можуть об'єднуватися в мережі різним чином. Найбільш поширеним видом мережі став багат шаровий перцептрон (рис. 3)

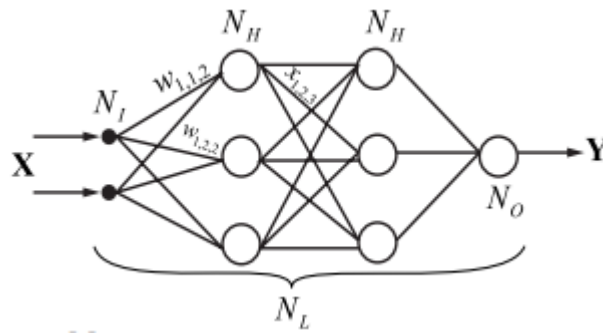


Рис. 3. Багатошаровий перцептрон.

Мережа складається з довільної кількості прошарків нейронів. Нейрони кожного прошарку з'єднуються з нейронами попереднього і наступного прошарків по принципу "кожний с кожним". Перший прошарок (зліва) називається *сенсорним* або *вхідним*, внутрішні прошарки називаються *прихованими* або *асоціативними*, останній (найправіший, на рисунку складається з одного нейрона) - *вихідним* або *результативним*. Кількість нейронів в прошарках може бути довільною. Зазвичай, приховані прошарки мають однакову кількість нейронів.

Позначимо кількість прошарків і нейронів в прошарку. Вхідний прошарок:  $N_1$  нейронів;  $N_H$  нейронів в кожному прихованому прошарку;  $N_O$  вихідних нейронів.  $x$  - вектор вхідних сигналів мережі,  $y$  - вектор вихідних сигналів.

Існує плутанина з підрахунком кількості прошарків в мережі. Вхідний прошарок не виконує ніяких обчислень, а тільки розподіляє вхідні сигнали, тому інколи його рахують, інколи - ні. Позначимо через  $N_L$  повну кількість прошарків в мережі, включаючи вхідний.

Робота багатошарового перцептрона визначається формулами:

$$NET_{jl} = \sum_i w_{ijl} x_{ijl}$$

$$OUT_{jl} = F(NET_{jl})$$

$$x_{ij(l+1)} = OUT_{jl}$$

де індексом  $i$  завжди будемо позначати номер входу,  $j$  - номер нейрона в прошарку,  $l$  - номер прошарку.

$x_{ijl}$  -  $i$ -й вхідний сигнал  $j$ -го нейрона в прошарку  $l$ ;

$w_{ijl}$  - ваговий коефіцієнт  $i$ -го входу нейрона номер  $j$  в прошарку  $l$ ;

$NET_{jl}$  - сигнал NET  $j$ -го нейрона в прошарку  $l$ ;

$OUT_{jl}$  - вихідний сигнал нейрона;

### 3 Навчання штучної нейронної мережі та приклад роботи програми розпізнавання рукописного тексту

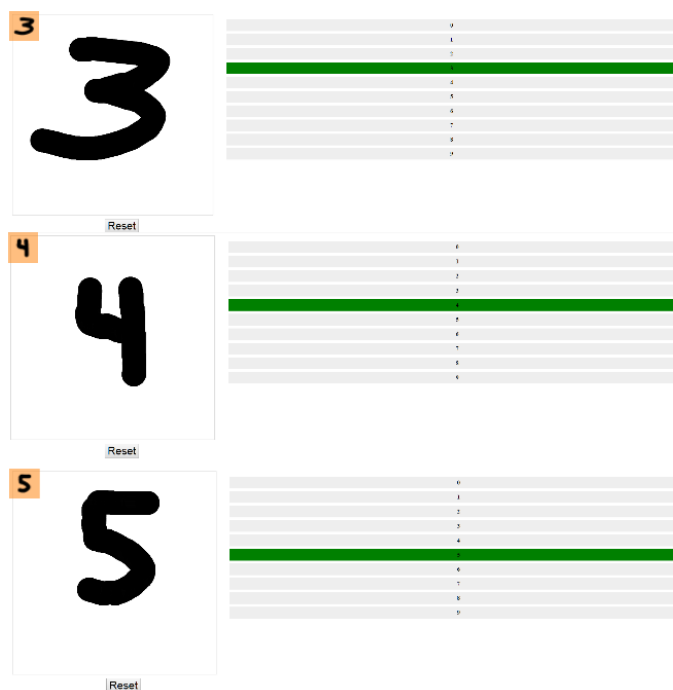
Навчання нейронної мережі відбувається звичайним чином, тобто використовується алгоритм зворотнього поширення помилки. Програма навчання одержує на вхід файл із зображеннями символів (рис. 4). При навчанні символи із цієї бази перебираються циклічно. Для кожного зображення з бази виділяються первинні ознаки, після чого виконуються прямий і зворотний проходи по мережі. Модифікація ваг мережі при навчанні виконується після кожного символу. Крок зміни ваг мережі постійний.

Для прискорення й поліпшення навчання погано розпізнавані символи проглядаються частіше за інші. Для цього використовується кеш, у якому зберігаються важко розпізнавані зображення. Растри для навчання вибираються як із вхідного файлу, так і з кешу. Вибір символу з кешу відбувається з урахуванням якості його розпізнавання, тобто погано розпізнавані символи вибираються частіше.



Рис. 4. Дані для навчання штучної неронної мережі

Результатом роботи над цією темою є програма розпізнавання рукописного тексту із застосуванням штучної нейронної мережі. Приклад її роботи представлений на рис. 5



*Рис. 5 Приклад роботи програми розпізнавання*

#### **4 Висновок**

В ході виконання роботи було здійснено аналіз засобів розпізнавання рукописного тексту. Не зважаючи на значні результати, одержані багатьма науковими колективами в розв'язанні проблеми розпізнавання символів та інших графічних зображень, на разі залишається невирішеною значна кількість задач, рішення яких дозволило б підвищити ефективність автоматизованих систем розпізнавання нестандартних символів і тим самим підвищити ефективність процесу введення і обробки текстової інформації.

Тому наступним етапом роботи може бути пошук більш адекватного подання структурних ознак розпізнаваних символів. Використання більшої навчальної бази даних і збільшення пам'яті нейронної мережі також може дати деяке поліпшення якості розпізнавання. Проектована система має працювати у

режимі, близькому до реального часу, а отже розроблений алгоритм має бути досить швидким і, в той же час, мати достатню точність розпізнання.

## Посилання

1. Уоссермен Ф. *Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика = Neural Computing. Theory and Practice.* — М.: Мир, 1992. — 240 с.
2. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. *Нейроуправление и его приложения = Neuro-Control and its Applications.* 2-е изд. — М.: ИПРЖР, 2000. — 272 с.

### Authors:

Levy L.I., Bublyk O.V.

### The use of artificial neural networks for handwriting recognition

**Abstract.** In this Article practical use of artificial neural networks for handwriting recognition were reviewed. The description of constituents is given: artificial neuron, transfer function, simple artificial neural network – perceptron. In addition, the neural network learning process is reviewed. As example the result of handwriting recognition program run is shown.

**Keywords:** handwriting recognition, hachure, pattern matching, structural methods, neural networks.

### Авторы:

Леви Л.И., Бублик О.В.

### Применение искусственных нейронных сетей для распознавания рукописного текста

**Аннотация.** В статье рассмотрено практическое применение искусственных нейронных сетей для распознавания рукописного текста. Приведено описание составляющих искусственной нейронной сети, а именно описание искусственного нейрона, активирующей функции, а также описание простой искусственной нейронной сети – многослойного перцептрона. Кроме этого рассмотрен процесс обучения искусственной нейронной сети. Как пример показан результат работы программы распознавания рукописного текста с использованием искусственной нейронной сети.

**Ключевые слова:** распознавание рукописного текста, штрих, сопоставление шаблона, структурные методы, нейронные сети.