

# МЕТОДИ Й АЛГОРИТМИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

І.Юрчак

Національний університет "Львівська політехніка"

## РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФР ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖІ "ФУНКЦІОНАЛ НА МНОЖИНІ ТАБЛИЧНИХ ФУНКЦІЙ"

© Юрчак І., 2002

*Розглянуто проблему розпізнавання зображень, зокрема спотворених зображень цифр поштового індексу. Було розроблено програму що використовує новітні технології штучних нейронних мереж. Проведені дослідження та експерименти довели актуальність, ефективність та доцільність використання штучних нейронних мереж для розпізнавання зображень цифр. Створена програма має зручний інтерфейс і високі показники щодо розпізнавання.*

*In this paper considered problem of distincting pictures, and specifically distorted pictures of postal index figures was considered. The programme which used the latest technologies and artificial neuro networks was scrutinized. Experiments and researches which had been made, proved efficacy, expedience and necessity of using neuro networks to distinct the pictures of figures. The created programme has a comfortable interfase and high indicators of distinction.*

Актуальність систем та програм, здатних до розпізнавання зображень, очевидна. Отже, більшість своїх функцій людина і, зокрема, ділова людина, перекладає на техніку. Розпізнавання зображень може бути застосоване скрізь, але більш широкою ділянкою є розпізнавання тексту. Будь-яка задача розпізнавання зводиться до самостійної, без допомоги людини, класифікації машиною зображення. В основу розв'язання такої задачі покладено технологію, засновану на визначених принципах, що розрізняються залежно від виду розпізнавання.

Існуючий інтерес до нетрадиційних інтелектуалізованих систем обробки інформації, які для ряду задач можуть замінити існуючі обчислювальні методи і засоби,

дозволяє застосувати нову прогресивну технологію обчислень на основі паралельних систем нейроподібних елементів, що отримали назву штучних нейронних мереж. Очевидно, що застосування нейромереж викликане, по-перше, широким колом задач, що здатні вирішувати ці мережі, універсальністю алгоритму та легкою реалізацією програмної моделі.

Алгоритм, що використовують нейромережі для розпізнавання символів, можна скласти наступним чином. Зображення символу, що надходить на розпізнавання, приводиться до деякого стандартного розміру. Як правило, зображення вкладається у растр із певною кількістю комірок. Значення заповненості у комірках растра використовуються як вхідні параметри нейронної мережі. Число нейронів вхідного та вихідного прошарків нейронної мережі дорівнює числу комірок у растрі. Результатом розпізнавання є символ, що знаходиться у бібліотеці символів, які нейромережа використовувала для навчання. Підвищення ефективності такого алгоритму зв'язано, як правило, або з додаванням більш інформативних вхідних ознак, або із збільшенням прикладів навчальної множини, або з ускладненням структури нейронної мережі.

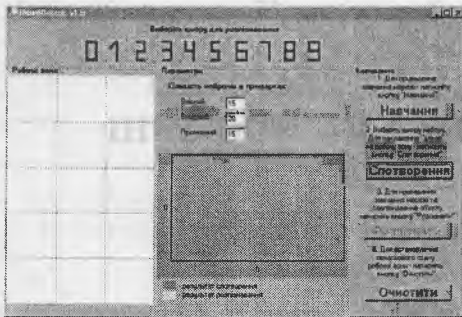


Рис. 1. Вікно програми

Надійність розпізнавання і потреба програми в обчислювальних ресурсах багато у чому залежать від вибору структури та параметрів нейронної мережі. Для вирішення задачі розпізнавання розроблена програма Neuro Detect з вбудованим модулем нейромережі "Функціонал на множині табличних функцій" (ФТФ) [1, 2]. Програма є спеціалізованою,

розробленою для розпізнавання цифр поштового коду.

Розпізнавання засновано на формуванні бібліотеки символів із певним ступенем заповненості кожної комірки. У даному випадку символи було використано цифри поштового індексу (10 символів). Застосування нейромережі потрібне для оцінки близькості вхідного зображення спотвореної цифри до символу з бібліотеки. Результатом роботи є цифра, яку розпізнає програма. Якість розпізнавання суттєво залежить від навчання нейромережі. На якість навчання нейронної мережі впливають наступні фактори:

- кількість символів бібліотеки;
- розмір растра символу;
- заповненість комірок растра;
- використання для навчання спотворених символів;
- кількість прикладів для навчання мережі.

Спеціалізована програма дуже легка у використанні, оскільки написана із врахуванням інтересів користувача. Для функціонування програми була складена бібліотека символів, а саме – цифри поштового індексу, що являють собою растр (3 x 5 комірок).

Програма виконана з типовим віконним інтерфейсом системи WIN 95. Після запуску програми з'являється вікно, яке умовно поділене на чотири частини. Верхня

частина вікна використовується для вибору потрібної цифри, а наступні під робочу зону, параметри та керування. В частині меню "Параметри" висвічується інформація про кількість нейронів в прошарках нейромережі ФТФ [2].

Для початку роботи з програмою потрібно натиснути в частині "Керування" кнопку "Навчання" для навчання нейромережі. Для навчання нейромережі формується навчальна множина, яка містить сто прикладів. Звичайно, чим більше прикладів буде використано для навчання, тим краще, але існує небезпека перенавчання мережі, тому при створенні програми Neuro Detect експериментальним шляхом було доведено доцільність використання 100 прикладів. Навчальна мережа складається з  $X_1 - X_{15}$  - входів, і  $Y_1 - Y_{15}$  - виходів. Оскільки кожне зображення цифри розбивається на 15 комірок, тому нейронів вхідного та вихідного прошарків відповідно по 15. Для кожної цифри формується 20 прикладів. Один приклад для цифри містить правильні значення, тобто заповненість комірок має статус 1 або 0. Для решти прикладів використовують спотворені цифри з різним ступенем заповненості комірок, тобто на нейрони вхідного прошарку надходять значення спотвореної цифри в діапазоні 0.1 - 0.9, а на нейрони

Навчальна множина

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	...	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	...	$Y_{13}$	$Y_{14}$	$Y_{15}$
1	0	0	1	1	...	0	0	1	0	0	1	1	...	0	0	1
	0.3	0.1	0.9	0.6	...	0.14	0.2	0.8	0	0	1	1	...	0	0	1
	0.15	0.2	0.8	0.7	...	0.11	0.14	0.9	0	0	1	1	...	1	0	1
	0.1	0.12	0.9	0.8	...	0.24	0.21	0.6	0	0	1	1	...	0	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	1	1	1	0	...	1	1	1	1	1	1	0	...	1	1	1
	0.9	0.8	0.9	0.1	...	0.9	0.8	0.7	1	1	1	0	...	1	1	1
	0.8	0.9	0.8	0.4	...	0.8	0.9	0.8	1	1	1	0	...	1	1	1
	0.7	0.8	0.9	0.2	...	0.8	0.8	0.9	1	1	1	0	...	1	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	0.7	0.8	0.9	0.6	...	0.9	0.8	0.7	1	1	1	1	...	1	1	1
	0.9	0.8	0.9	0.6	...	0.7	0.9	0.8	1	1	1	1	...	1	1	1
	0.8	0.9	0.8	0.7	...	0.8	0.8	0.9	1	1	1	1	...	1	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	0.8	0.9	0.8	0.7	...	0.8	0.8	0.9	1	1	1	1	...	1	1	1

вихідного прошарку - значення заповненості комірок правильного зображення цифри.

Під час навчання визначаються і фіксуються вагові коефіцієнти зв'язків нейромережі. По закінченні навчання на екрані з'являється відповідне повідомлення, що свідчить про готовність програми до розпізнавання.

Наступний крок передбачає вибір цифри для подальшого розпізнавання. Натиском клавіші мишки вказується потрібна цифра. Для внесення шуму у вибрану цифру потрібно натиснути кнопку "Спотворити". Програма випадковим чином, за спеціальною функцією, змінює ступінь заповненості кожної комірки раstra цифри. В робочій зоні з'являється спотворене зображення цифри. Для розпізнавання спотвореного символу натискають кнопку "Розпізнати". Значення комірок, що утворюють спотворену цифру, записуються у контрольну множину, і програма використовує програмний модуль нейромережі "Функціонал на множині табличних функцій" для отримання результатів. На виході ФТФ маємо значення, наближені до вірного зображення цифри.

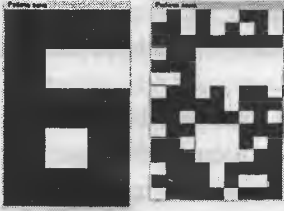


Рис. 2. Зображення цифри до і після спотворення



Рис. 3. Графік результату розпізнавання

Значення вихідного прошарку нейромережі надходять на фільтр програми NeuroDetect, встановлена межа для розпізнавання, тобто: якщо вихідне значення для певної комірки менше 0.5, то цій комірці надається стан 0. В іншому випадку - 1. За результатами застосування фільтра програма розпізнає стан комірки (0 або 1).

Після набуття всіма комірками певного стану (0 або 1), можна вважати, що сукупність комірок визначена, програма починає порівнювати отриманий растр із своєю бібліотекою. Якщо є збіг, то в робочій зоні з'являється зображення цифри, що було розпізнано, у протилежному випадку з'являється повідомлення про невдачу.

Під час розпізнавання користувач може візуально спостерігати прогрес розпізнавання, спостерігаючи за графіком. Червоні точки на графіку відповідають процентному відношенню заповнення комірок на зображенні (рис. 3).

Для скасування попередніх результатів та продовження роботи потрібно натиснути кнопку "Очистити".

Під час проведення експериментів було отримано такі результати:

Цифра	Кількість експериментів	Розпізнано правильно	Переплутано з іншою цифрою	Нерозпізнано
1	100	90	3	7
2	100	91	3	6
3	100	89	3	8
4	100	86	2	12
5	100	90	2	8
6	100	89	2	9
7	100	94	1	5
8	100	88	6	6
9	100	86	10	4
0	100	95	2	3

Розроблена програма Neuro Detect зручна у користуванні, що обумовлено дружнім інтерфейсом, мінімальною кількістю параметрів для налаштування. Програма є спеціалізованою, тобто для вирішення розпізнавання зображень цифр поштового індексу. Але передбачена можливість її універсальності для розпізнавання зображень інших категорій.

Застосування програми не потребує спеціальних навичок – основна задача користувача полягає у натиску декількох кнопок, що обумовлює привабливість даної розробки у вирішенні проблеми розпізнавання певних зображень.

Велика швидкодія програми Neuro Detect забезпечується застосуванням новітньої, прогресивної технології нейронних мереж. Це дозволяє проводити експерименти в реальному часі, а результати розпізнавання можна побачити як візуально, так і у вигляді порівняльних графіків.

Під час проведення експериментів для порівняння була застосована нейромережа Back Propagation. По точності отриманих результатів вона не поступається нейромережі ФТФ, але за рахунок зворотного поширення похибки час навчання помітно довший (до 5 хвилин). Тому доцільність використання програми Neuro Detect з програмним модулем нейромережі ФТФ виправдана як високою швидкістю (час навчання 5-6 секунд), так і високими показниками розпізнавання (89-93%).

1. Ткаченко Р.О. Модель нейронних мереж// Вісн. ДУ "Львівська політехніка" . - 1998.- № 349. - С. 3-86.

2. Ткаченко Р.О., Юрчак І.Ю. Варіант побудови штучних нейронних мереж прямого поширення з неітераційним навчанням// Інформаційні технології і системи. - 1998. - № 1/2. - С. 81-84.

Р. Боднар

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 621. 317. 681. 325

## МЕТОД КОДУВАННЯ ПООДИНОКИХ І РІДКО ПОВТОРЮВАНИХ СИГНАЛІВ

© Боднар Р., 2002

*Розглянуто метод кодування поодиноких і рідко повторюваних сигналів наносекундної тривалості в АЦП на основі спеціальної запам'ятовуючої електронно-променевої трубки, який виключає складові похибки кодування від нелінійностей рядкової і кадрової розгортки зчитування. Для підвищення точності вимірювання параметрів досліджуваних сигналів запропоновано способи зменшення похибки дискретизації. Виведено формулу для знаходження похибок при інтерполяції виборки досліджуваних сигналів рядом Фур'є.*

*The coding method of single and seldom repeated signals of nanosecond duration on the basis of special remembering electron-beam tube is considered. This method excludes a component of coding error due to nonlinearity of line and frame scanning of reading. For the accuracy improvement of parameters measurement of the investigated signals the methods of decreasing the quantization error are suggested. The formula*