

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

Нейромережеве розпізнавання символів з використанням ознак лінійних сенсорів

Виконав студент гр. 1КН-17м Нікітчук В.О.

Керівник: к.т.н., доц. Колесницький О.К.

Спеціальність 122 “Комп’ютерні науки”

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення достовірності розпізнавання символів програмними засобами за рахунок використання нейронної мережі.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести аналіз проблеми розв'язання задачі розпізнавання символів;
- розглянути існуючі методи вирішення задачі розпізнавання символів та обрати й обґрунтувати вибір методу, який задовольняє мету даної магістерської кваліфікаційної роботи;
- розробити метод отримання ознак символу з використанням лінійних сенсорів;
- сформулювати стадії інформаційної технології, розробити структуру та алгоритм роботи програмного засобу;
- виконати програмну реалізацію запропонованої інформаційної технології;
- провести тестування програмного продукту та виконати аналіз отриманих результатів.

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження – процес розпізнавання символів з використанням штучних нейронних мереж.

Предмет дослідження – інформаційна технологія та програмні засоби розпізнавання символів з використанням нейронної мережі та достовірність розпізнавання символів.

Методи дослідження

У роботі використані наступні методи наукових досліджень:

- системного аналізу,
- розпізнавання образів,
- теорії штучних нейронних мереж для реалізації інформаційної технології розпізнавання символів,
- методи математичної статистики для розробки процесу розпізнавання символів та обрахунків результатів експериментів із програмним засобом,
- об'єктно-орієнтованого програмування.

НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Набула подальшого розвитку інформаційна технологія розпізнавання символів, яка відрізняється використанням штучної нейронної мережі багат шаровий персептрон, що дозволило підвищити достовірність розпізнавання символів.
2. Удосконалено метод розпізнавання символів на основі нейронної мережі, який відрізняється використанням лінійних сенсорів для отримання ознак символу, що дозволило підвищити достовірність розпізнавання символів

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. розроблено алгоритм роботи програмного забезпечення розпізнавання символів на основі штучної нейронної мережі багат шаровий персептрон;
2. розроблено програмні засоби для розпізнавання символів на основі штучної нейронної мережі багат шаровий персептрон;

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ

розробити інформаційну технологію та програмне забезпечення, що передбачає виконання таких функцій:

розпізнавання друкованих і намальованих вручну літер англійського алфавіту; кількість шрифтів для розпізнавання повинна бути не менше 5 (Arial, Courier, Tahoma, Times New Roman, Verdana); розпізнавати як стандартний, так і курсивний тип шрифтів; область для малювання символу розміром 150x150 пікселів; можливість вибору кількості шарів нейронної мережі; можливість налаштування швидкості навчання нейронної мережі; можливість вибору межі похибки при навчанні нейронної мережі; виведення інформації про сумарну похибку після навчання; виведення інформації про кількість невірно класифікованих образів після навчання мережі; виведення інформації про поточний час, який триває навчання мережі, поточну похибку навчання.

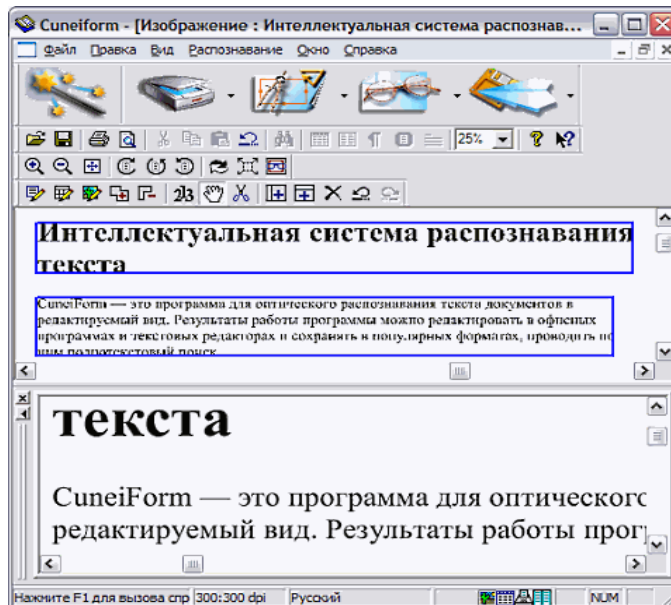
Аналіз предметної області розпізнавання символів

Є чотири загальних методи розпізнавання символів:

- **співставлення шаблонів** (пряме співставлення, пружне співставлення, релаксаційне співставлення),
- **статистичні методи** (k-найближчих сусідів, прихована модель Маркова, метод опорних векторів, байєсівський дискримінантний класифікатор),
- **структурні методи** (граматичні, графічні),
- **нейронні мережі**.

Було обрано метод нейронних мереж

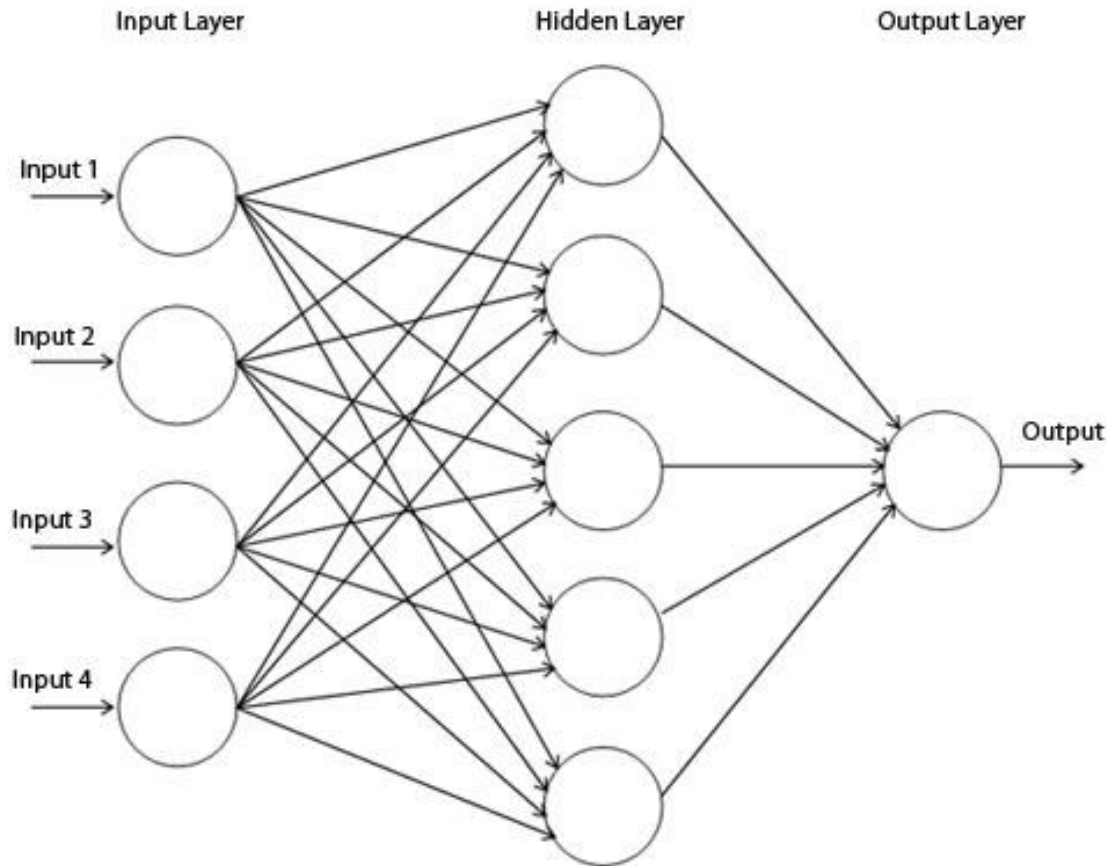
Вибір і обґрунтування аналогу



Аналог - программа
CuneiForm

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

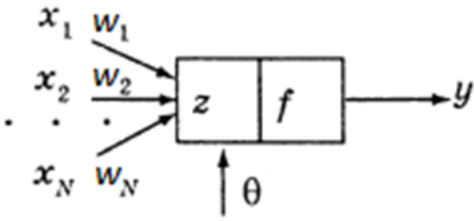
Була обрана нейронна мережа багатозаровий перцептрон, що навчається за допомогою методу зворотного поширення помилки,



Структура багатозарового персептрона

Математична модель багатозарового персептрона

Метод зворотного поширення помилки



Структура формального нейрона

$$z = \sum_{i=0}^N x_i w_i, \quad (1)$$

$$f(z) = \begin{cases} 1, & z \geq \theta \\ 0, & z < \theta \end{cases}$$

$$f_i^{(j)} = f\left(\sum_{t=1}^{N^{(j-1)}} f_t^{(j-1)} w_{ti}^{(j)} - \theta_i^{(j)}\right) \quad (2)$$

Використання квадратичного критерію якості навчання:

дозволяє отримати градієнтний алгоритм корекції ваг:

Похибка поширюється від виходів до входів, тому спочатку обчислюються корекції ваг для вихідного шару.:

Отримані складові виводимо наступним чином:

Виділимо складову k-го шару окремо:

Підставивши (8) – (11) в (7) отримуємо для вихідного шару:

$$\varepsilon_i^2 = (y_i - y_i^*)^2 \quad (3)$$

$$\Delta w_{ij}^{(k)} = -\gamma_{ij} \cdot \frac{\partial \varepsilon_j^2}{\partial w_{ij}^{(k)}} \quad (4)$$

де γ_{ij} - коефіцієнт швидкості навчання.

$$\frac{\partial \varepsilon_j^2}{\partial w_{ij}^{(k)}} = \frac{\partial \varepsilon_j^2}{\partial f_j^{(k)}} \cdot \frac{\partial f_j^{(k)}}{\partial z_j^{(k)}} \cdot \frac{\partial z_j^{(k)}}{\partial w_{ij}^{(k)}} \quad (5)$$

$$\Delta w_{ij}^{(k)} = 2\varepsilon_i \gamma_{ij} \cdot \alpha f_j^{(k)} (1 - f_j^{(k)}) \cdot f_i^{(k-1)} \quad (6)$$

$$\delta_j^{(k)} = 2\varepsilon_j \alpha f_j^{(k)} (1 - f_j^{(k)}) \quad (7)$$

$$\Delta w_{ij}^{(k)} = \gamma_{ij} \cdot \delta_j^{(k)} \cdot f_i^{(k-1)} \quad (8)$$

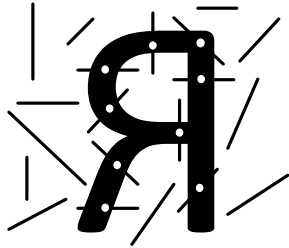
$$\frac{\partial \varepsilon_j^2}{\partial f_j^{(k)}} = -2(y_j - y_j^*) = -2\varepsilon_j \quad (9)$$

$$\frac{\partial f_j^{(k)}}{\partial z_j^{(k)}} = \alpha f_j^{(k)} (1 - f_j^{(k)}) \quad (10)$$

$$\frac{\partial z_j^{(k)}}{\partial w_{ij}^{(k)}} = f_i^{(k-1)} \quad (11)$$

$$\Delta w_{ij}^{(k)} = 2\varepsilon_i \gamma_{ij} \cdot \alpha f_j^{(k)} (1 - f_j^{(k)}) \cdot f_i^{(k-1)} \quad (12)$$

Розробка методу отримання ознак символу на основі лінійних сенсорів



Набір сенсорів для розпізнавання символу

Метод базується на використанні так званих сенсорів . Сенсори - це набір ліній з довільною довжиною і напрямком. Вхідний вектор утворюється, використовуючи не значення пікселів зображення, а значення сенсорів. Сенсор матиме значення 1, якщо він перетинає літеру і значення 0, якщо він не перетинає літеру. Розмір вхідного вектору дорівнюватиме кількості рецепторів.

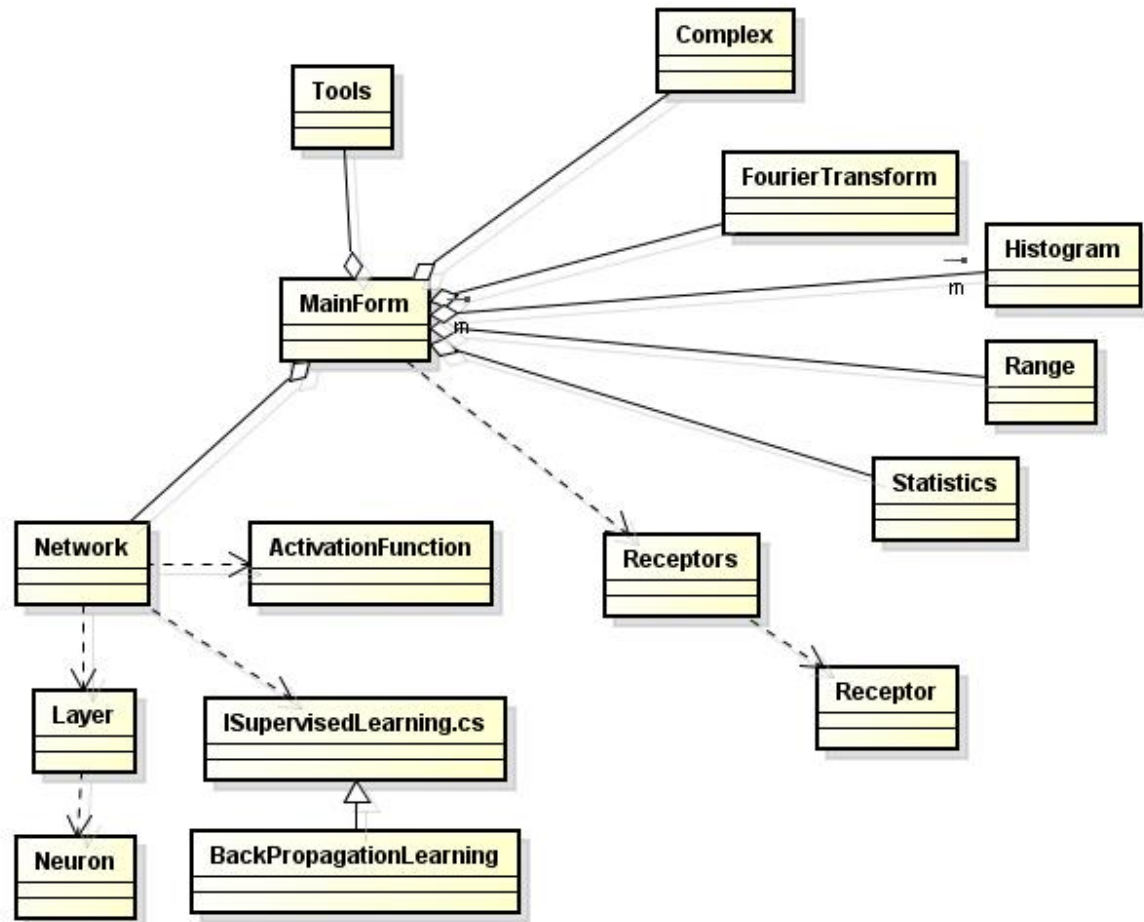
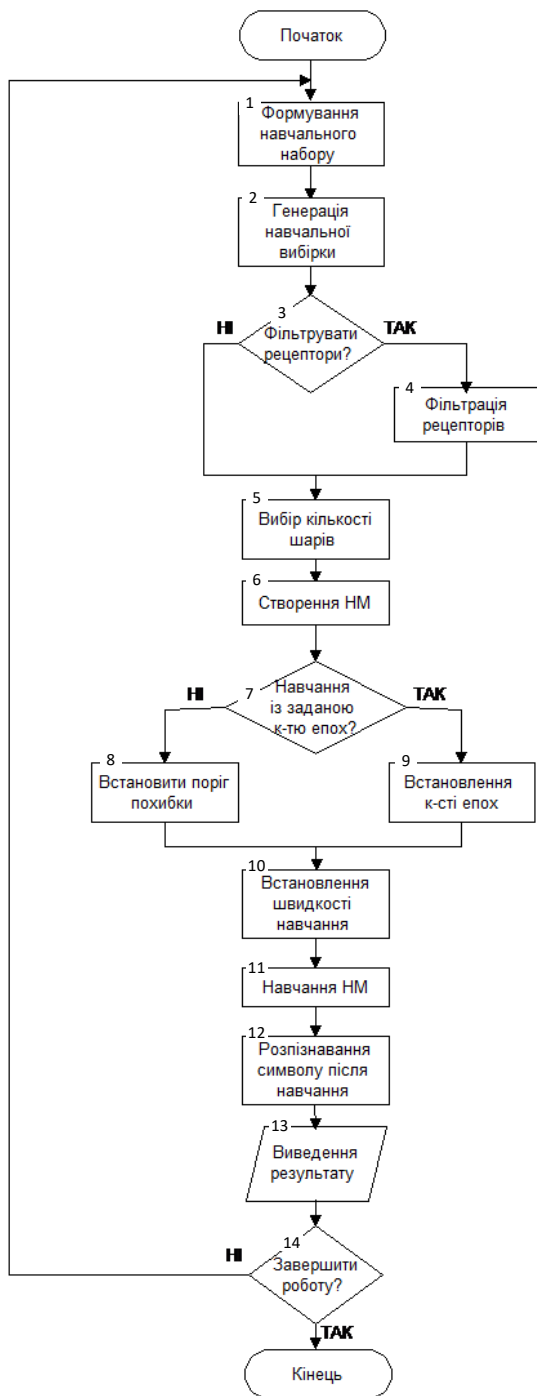
| | 0 | 1 | 2 |
|---|-------|--------|--------|
| 0 | 11101 | 000000 | 000000 |
| 1 | 11111 | 000000 | 01011 |
| 2 | 11101 | 000000 | 000000 |
| 3 | 11111 | 00010 | 11111 |
| 4 | 10101 | 000000 | 000000 |

Представлення набору сенсорів (3 шт), за допомогою яких відбудеться розпізнавання образів (5 шт)

Структура інформаційної технології розпізнавання символів на основі лінійних сенсорів та багат шарового персептрона



Алгоритм роботи та UML-діаграма класів програми розпізнавання символів



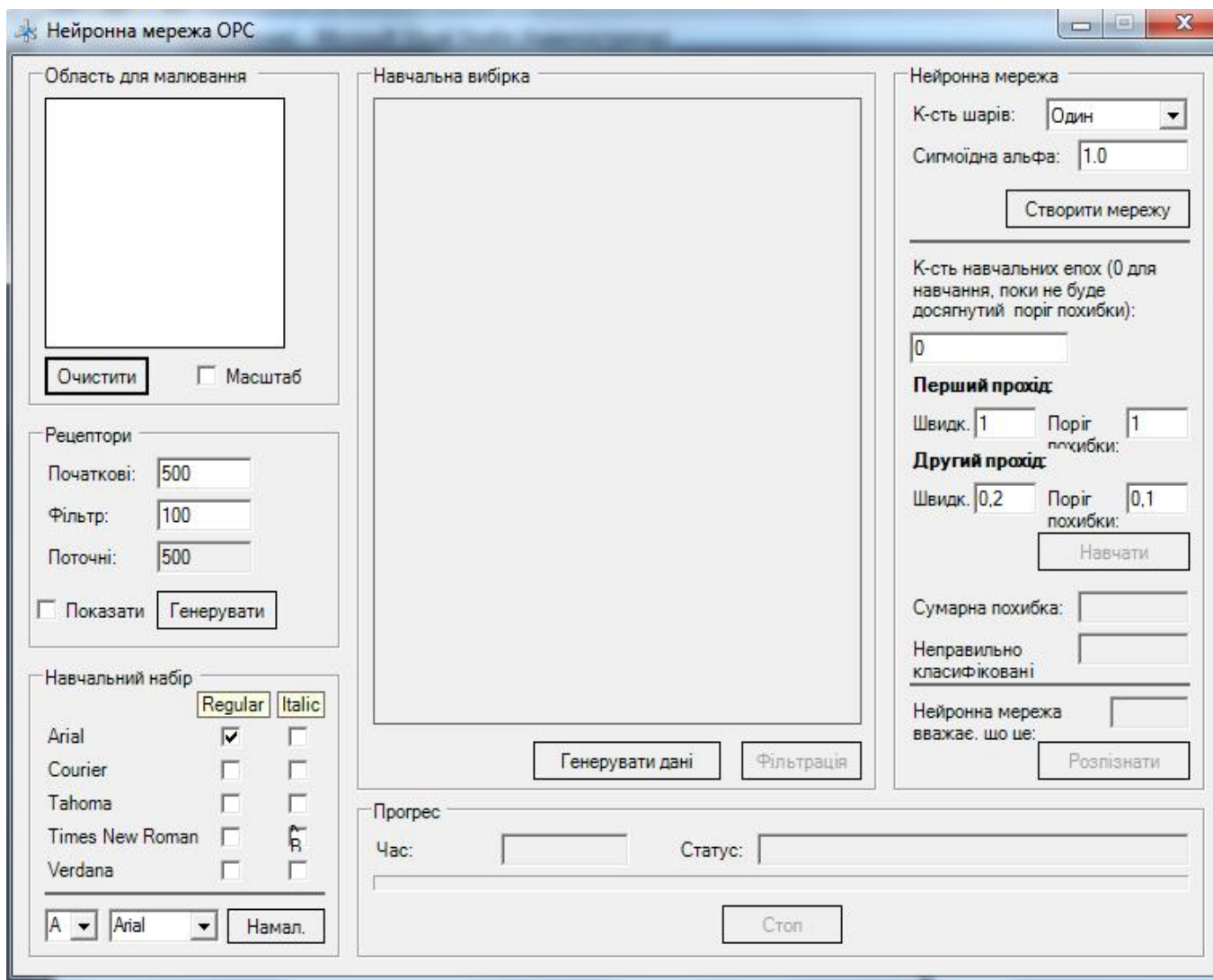
Обґрунтування вибору мови та середовища програмування

Для програмної реалізації інформаційно технології було обрано мову програмування C# та середовище розробки Microsoft Visual Studio 2015

Переваги C #:

- компонентно-орієнтований підхід до програмування;
- властивості як засіб інкапсуляції даних;
- обробка подій;
- делегати (delegate - розвиток покажчика на функцію);
- індиксатори (indexer - оператори індексу для звернення до елементів класу-контейнера);
- перевантажені оператори;
- оператор foreach (обробка всіх елементів класів-колекцій);
- механізми boxing і unboxing для перетворення типів;
- атрибути (засіб оперування метаданими в СОМ-моделі);
- прямокутні масиви (набір елементів з доступом за номером індексу і однаковою кількістю стовпців і рядків).

Вигляд головного вікна програми розпізнавання символів



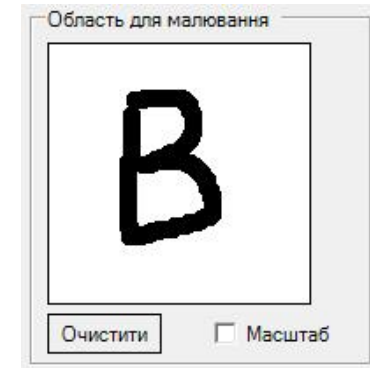
Вибір налаштувань програми розпізнавання символів



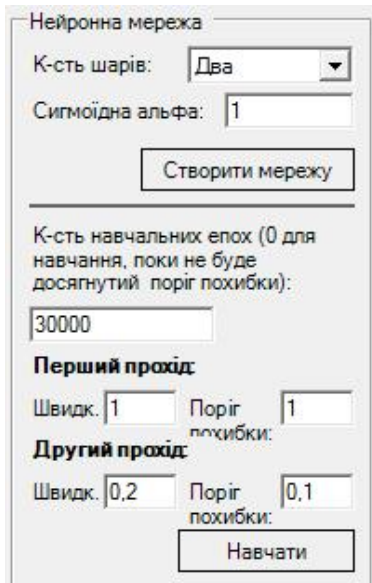
Блок програми, що відповідає за навчальний набір шрифтів



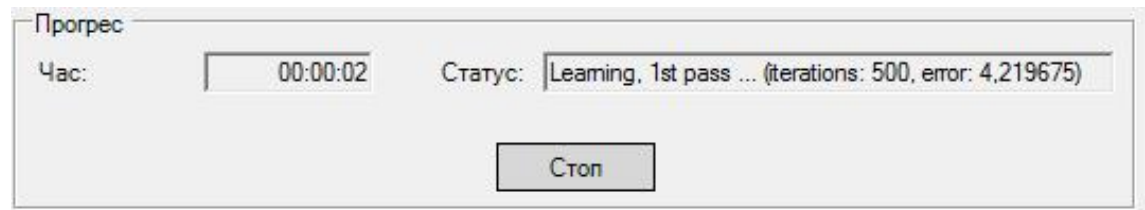
Згенеровані програмою розпізнавання символів сенсори



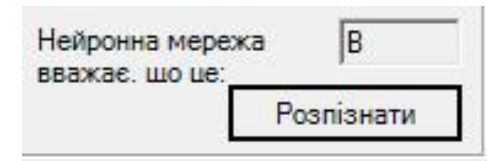
Намальований вручну символ для розпізнавання



Налаштування параметрів навчання нейронної мережі



Процес навчання нейронної мережі



Результат розпізнавання програмою намальованого символу

Результат роботи програми розпізнавання символів

Область для малювання

Очистити Масштаб

Рецептори

Початкові:

Фільтр:

Поточні:

Показати

Навчальний набір

Arial

Courier

Tahoma

Times New Roman

Verdana

Навчальна вибірка

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 000 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 1 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 2 | 111 | 000 | 000 | 100 | 000 |
| 3 | 111 | 011 | 111 | 111 | 000 |
| 4 | 111 | 101 | 010 | 011 | 111 |
| 5 | 010 | 111 | 010 | 001 | 111 |
| 6 | 111 | 110 | 000 | 111 | 011 |
| 7 | 000 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 8 | 011 | 000 | 010 | 000 | 000 |
| 9 | 111 | 110 | 111 | 110 | 101 |
| 10 | 000 | 110 | 101 | 110 | 111 |
| 11 | 111 | 000 | 000 | 010 | 000 |
| 12 | 000 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 13 | 000 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 14 | 111 | 011 | 011 | 111 | 000 |
| 15 | 010 | 111 | 111 | 001 | 111 |
| 16 | 111 | 011 | 011 | 111 | 000 |

Нейронна мережа

К-сть шарів:

Сигмоїдна альфа:

К-сть навчальних епох (0 для навчання, поки не буде досягнутий поріг похибки):

Перший прохід

Швидк. Поріг похибки:

Другий прохід

Швидк. Поріг похибки:

Сумарна похибка:

Неправильно класифіковані:

Нейронна мережа вважає, що це:

Прогрес

Час: Статус:

Загальний вид вікна з результатом розпізнавання символу F

Дослідження впливу різних параметрів нейронної мережі на достовірність розпізнавання

Вплив кількості шарів в нейронній мережі на достовірність розпізнавання

| К-сть шарів | К-сть епох | Сумарна похибка | Неправильно класифіковані | Час навчання, с | Розпізнаних символів з тест. вибірки | Достовірність розпізнавання, % |
|-------------|------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 30000 | 9,116 | 8/78 | 96 | 9/15 | 60 |
| 2 | 30000 | 1,418 | 1/78 | 123 | 13/15 | 86,6 |

Вплив швидкості навчання нейронної мережі на достовірність розпізнавання

| Швидкість навчання на першому проході | К-сть епох | Сумарна похибка | Неправильно класифіковані | Час навчання, с | Розпізнаних символів з тест. вибірки | Достовірність розпізнавання, % |
|---------------------------------------|------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 30000 | 5,857 | 4/78 | 71 | 10/15 | 66,7 |
| 10 | 30000 | 56,021 | 52/78 | 85 | 5/15 | 33,3 |

Вплив кількості сенсорів нейронної мережі на достовірність розпізнавання

| Кількість сенсорів | К-сть епох | Сумарна похибка | Неправильно класифіковані | Час навчання, с | Розпізнаних символів з тест. вибірки | Достовірність розпізнавання, % |
|--------------------|------------|-----------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| 25 | 30000 | 26,56 | 22/78 | 56 | 5/15 | 33,3 |
| 100 | 30000 | 9,04 | 7/78 | 124 | 7/15 | 46,7 |
| 500 | 30000 | 8,95 | 8/78 | 182 | 8/15 | 53,3 |

Результати тестування розробленої програми та програми-аналога CuneiForm

| Програмний засіб | К-сть символів у тест. вибірці | Неправильно класифіковані | Достовірність розпізнавання, % |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Програма CuneiForm | 5200 | 426 | 91,8 |
| Розроблений модуль | 5200 | 171 | 96,7 |

Розроблена програма має вищу достовірність розпізнавання (96,7%), ніж аналогічна програма (91,8%), а значить мета роботи досягнута

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Було проведено економічне обґрунтування доцільності розробки програми для розпізнавання символів з використанням ознак лінійних сенсорів. Нова розробка має середній рівень комерційного потенціалу.. Згідно відносного рівні якості інноваційна розробка на 8% краще базового товару-конкурента. Загальна сума витрат на виконання робіт склала 39"610,95" грн. Загальні витрати на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи – 46601,12 грн. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій становить 548044,51 грн, і це свідчить про те, що вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР є доцільним. Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій – 134 %, отже інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. Термін окупності складає 0,75 року, тобто фінансування розробки програми для розпізнавання символів з використанням ознак лінійних сенсорів є економічно доцільним проектом.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ТА ПУБЛІКАЦІЇ

Апробація результатів роботи.

Результати досліджень апробовані на V МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ «Інформаційні технології та взаємодії» м. Київ, 20-21 листопада 2018 року

Публікації.

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тези доповідей на конференції та підготовлена заявка на авторське свідоцтво на твір (програму).

ВИСНОВОК

В результаті виконання МКР розроблено інформаційну технологію та програмне забезпечення для розпізнавання символів на основі нейронної мережі багат шаровий персептрон з використанням лінійних сенсорів. Програмне забезпечення створено об'єктно-орієнтованою мовою C# з використанням технології Windows Forms та середовища розробки Microsoft Visual Studio 2015 та має вищу достовірність розпізнавання (96,7%) порівняно із аналогом (91,8%). Отже, мета роботи досягнута.

Дякую за увагу!