

Магістерська кваліфікаційна робота на тему:

# РОЗПІЗНАВАННЯ КИРИЛИЧНОЇ «САРТСНА» НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Виконав студент гр. КН-16м  
Науковий керівник: к.т.н., доц.

Стратійчук Д.А.  
Коолесницький О.К.

# МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є підвищення достовірності розпізнавання кириличної «САРТСНА» програмними засобами за рахунок використання нейронної мережі зворотного поширення помилки.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести аналіз проблеми розв'язання задачі розпізнавання кириличної «САРТСНА»;
- розглянути існуючі методи вирішення задачі розпізнавання кириличної «САРТСНА» та обрати й обґрунтувати вибір методу, який задовольняє мету даної магістерської кваліфікаційної роботи;
- сформулювати стадії інформаційної технології,
- розробити 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 комп'ютерного розпізнавання «САРТСНА», що складається з кириличних літер.

Предмет дослідження – інформаційна технологія та програмні засоби розпізнавання кириличної «САРТСНА» з використанням нейронної мережі та точність розпізнавання кириличної «САРТСНА» при їх застосуванні.

## Методи дослідження

У роботі використані наступні методи наукових досліджень:

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

# НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

полягає в наступному:

1. Набула подальшого розвитку інформаційна технологія розпізнавання «САРТСНА», яка відрізняється використанням штучної нейронної мережі зворотного поширення, що дозволило підвищити достовірність розпізнавання кириличної «САРТСНА».
2. Удосконалено метод розпізнавання образів за ознаками, який відрізняється використанням в якості ознак набору сегментів символів, що дозволило підвищити достовірність розпізнавання кириличної «САРТСНА»

## ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

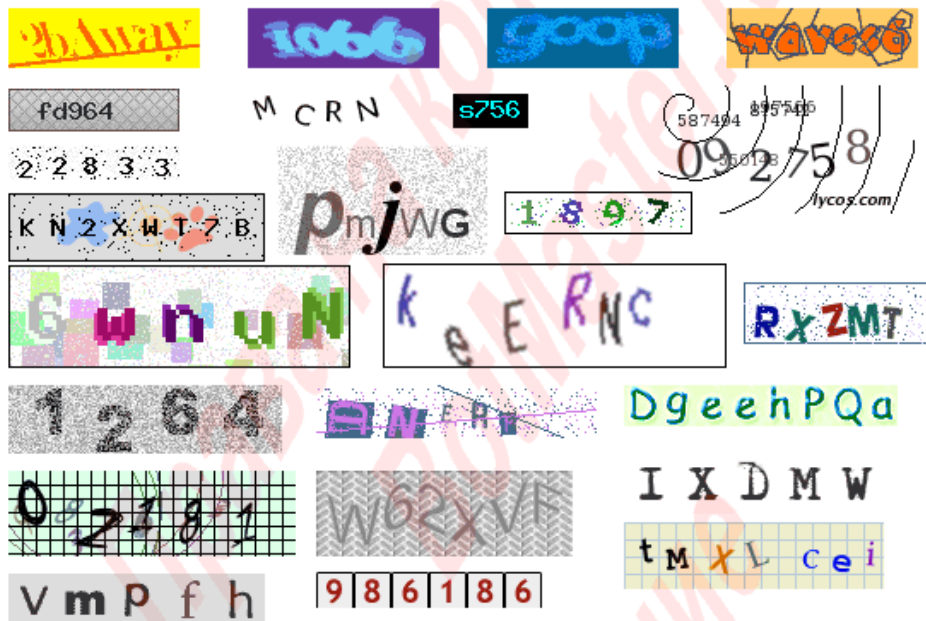
- розроблено алгоритм навчання нейронної мережі зворотного поширення ;
- розроблено алгоритм роботи програмного забезпечення розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі штучної нейронної мережі;
- розроблено програмні засоби для розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі штучної нейронної мережі;

# АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧІ

розпізнавання «CAPTCHA» є однією з найбільш цікавих і важливих проблем у задачах обробки зображень - як з теоретичної, так і з практичної точок зору

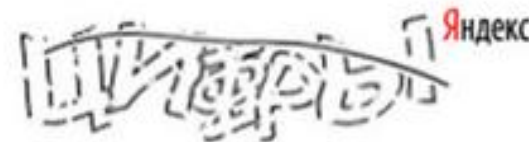
CAPTCHA, скорочення від англійської фрази Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart - повністю автоматизований публічний тест Тьюринга для розрізнення комп'ютерів і людей (комп'ютерний [тест](#), який використовується для того, щоб визначити, хто використовує систему — людина чи комп'ютер).

# ПРИКЛАДИ «САРТСНА»



«САРТСНА» – це символи, зображені на пропонованому малюнку, як правило, у геометрично спотвореному вигляді, іноді з додаванням візуального шуму або напівпрозорості

Приклад Яндекс, «САРТСНА»



## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

потрібно розпізнати зображення Яндекс «САРТСНА» таким чином, щоб були вірно розпізнані всі символи «САРТСНА». Якщо хоча б один символ розпізнано невірно, то вся «САРТСНА» вважається розпізнаною невірно. На виході програма повинна видавати розпізнані символи у текстовому форматі.

# АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## Відомі методи розпізнавання капчі:

- 1) Використання готових засобів оптичного розпізнавання (OCR)
- 2) Самописні скрипти із застосуванням бібліотек GD, ImageMagick та інших
- 3) Нейронні мережі

## Недоліки відомих методів

- 1) підвищена складність їх реалізації
- 2) достовірність розпізнавання капчі (менше 50%)

## ОБРАНО МЕТОД НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

## Переваги методу:

- 1) Завдяки навчанню нейронні мережі здатні з високим ступенем імовірності розпізнавати навіть найскладніші «CAPTCHA»

# ВИБІР АНАЛОГУ ДО ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ РОЗПІЗНАВАННЯ «САРТСНА»



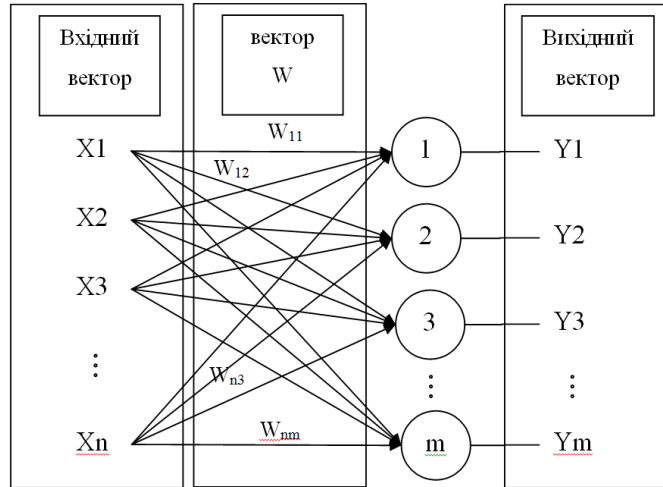
Програма XRumer

В процесі своєї роботи програма автоматично знаходить і заповнює необхідні поля (розпізнає капча), автоматично реєструється, здійснює залогінювання і розміщує потрібний текст. Ексклюзив: в процесі роботи програма обходить практично будь-які види захисту від автоматичної реєстрації:

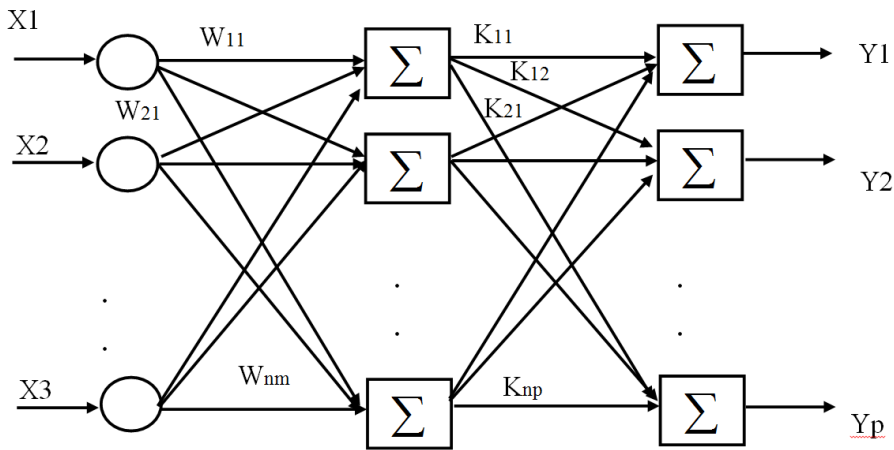


# ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

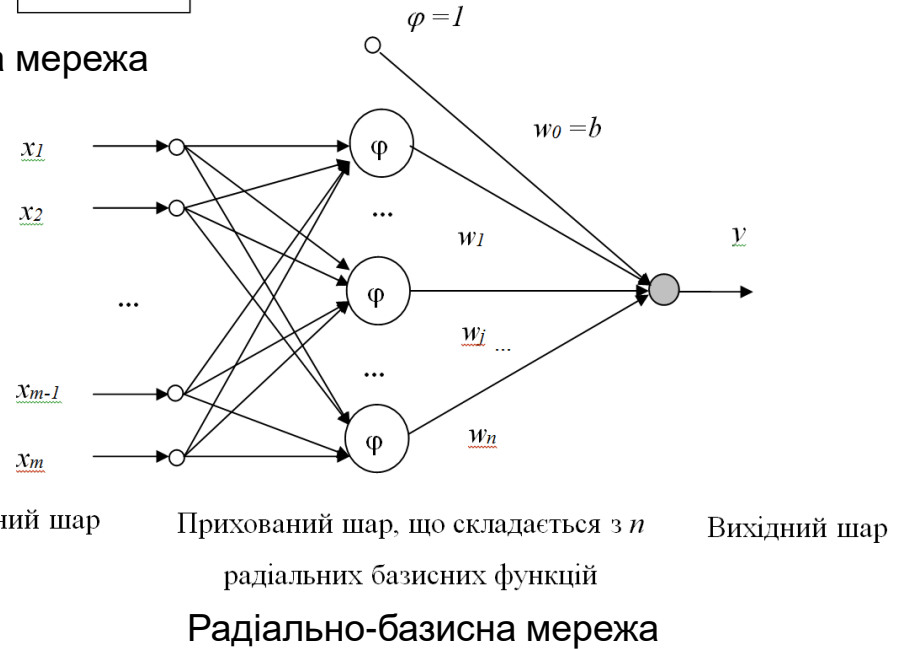
Було розглянуто:



Одношарова нейронна мережа



Багатошаровий перцептрон



Вхідний шар

Прихований шар, що складається з  $n$  радіальних базисних функцій

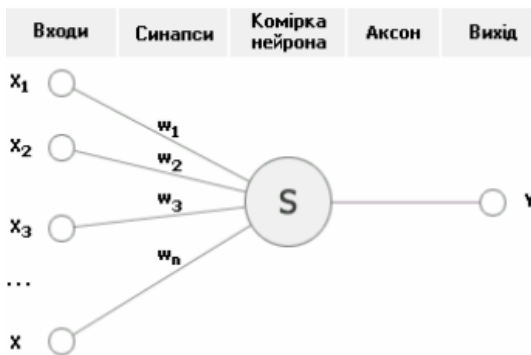
Вихідний шар

Радіально-базисна мережа

Було обрано: багатошаровий перцептрон

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БАГАТОШАРОВОГО ПЕРСЕПТРОНА

## Метод зворотного поширення помилки



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:

Структура формального нейрона

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

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

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

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

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

де  $\gamma_{ij}$ - коефіцієнт швидкості навчання.

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

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

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

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

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

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

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

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

# Структура інформаційної технології розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі нейронної мережі



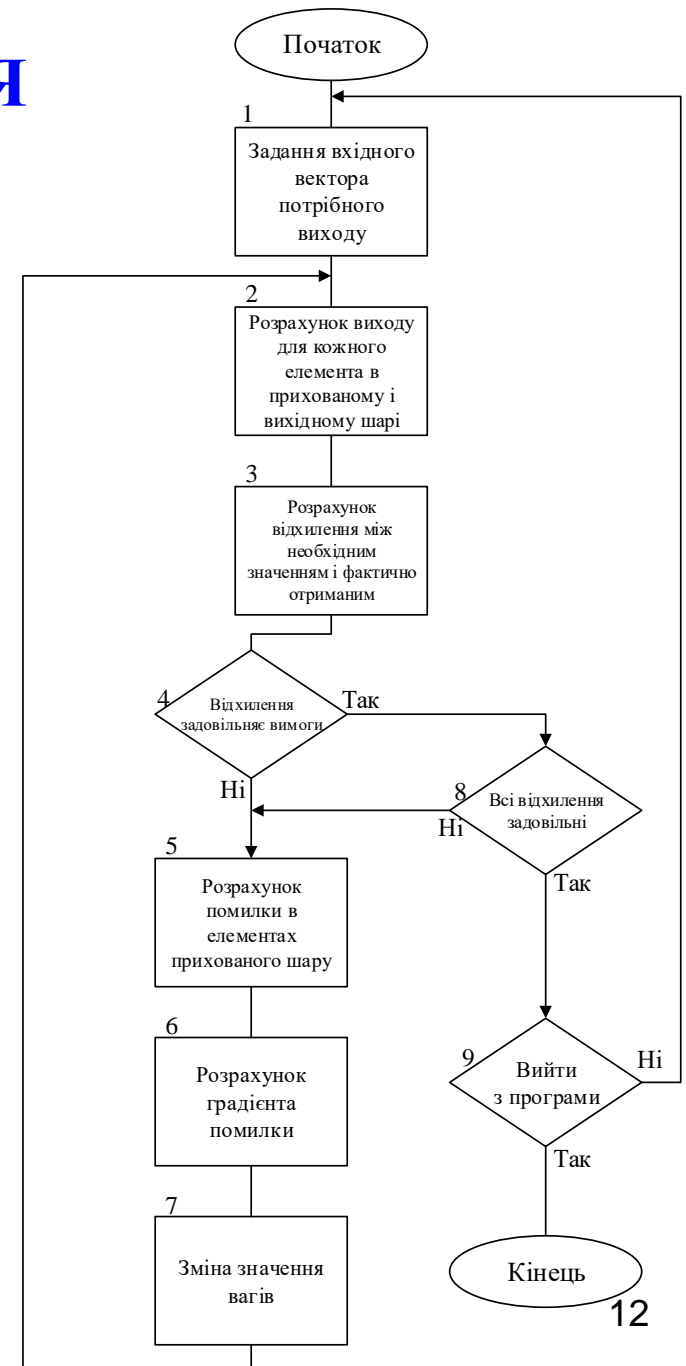
# АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ КИРИЛИЧНОЇ «САРТСНА»

1. Попередня обробка зображення капчі (фільтрація фону, нормалізація),
2. Пошук місць розташування символів тексту (розпізнавання довжини капчі, розділення зображення на рівні частини):



3. Сегментація символів тексту,
4. Розпізнавання символів тексту нейронною мережею.

Алгоритм функціонування мережі зворотного поширення похибки в задачі розпізнавання кириличної капчі



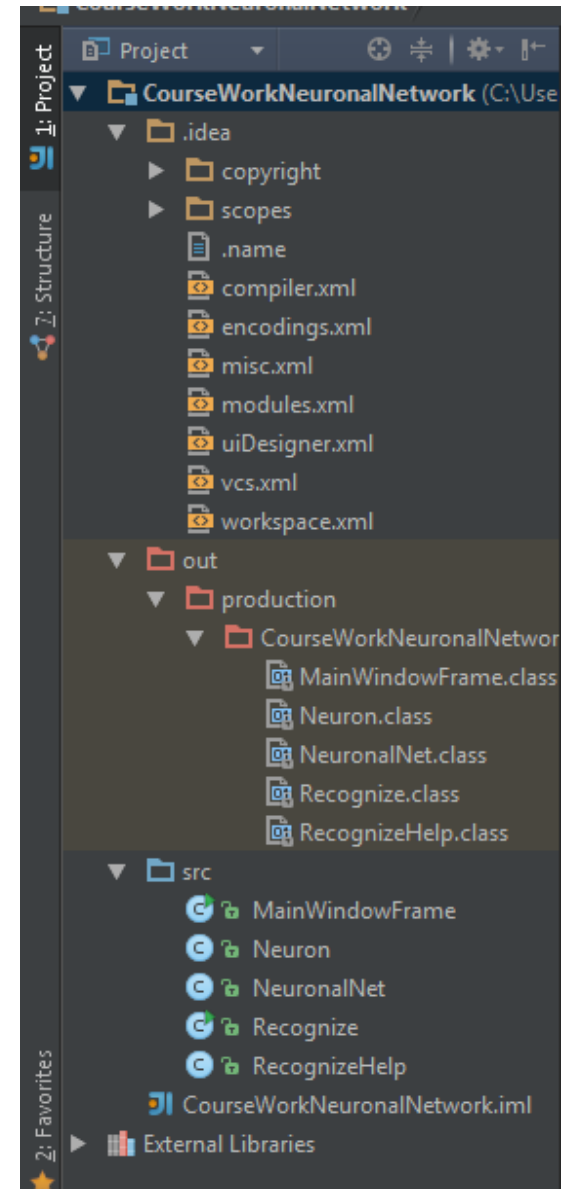
# ДІАГРАМА КЛАСІВ ПРОГРАМИ

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ

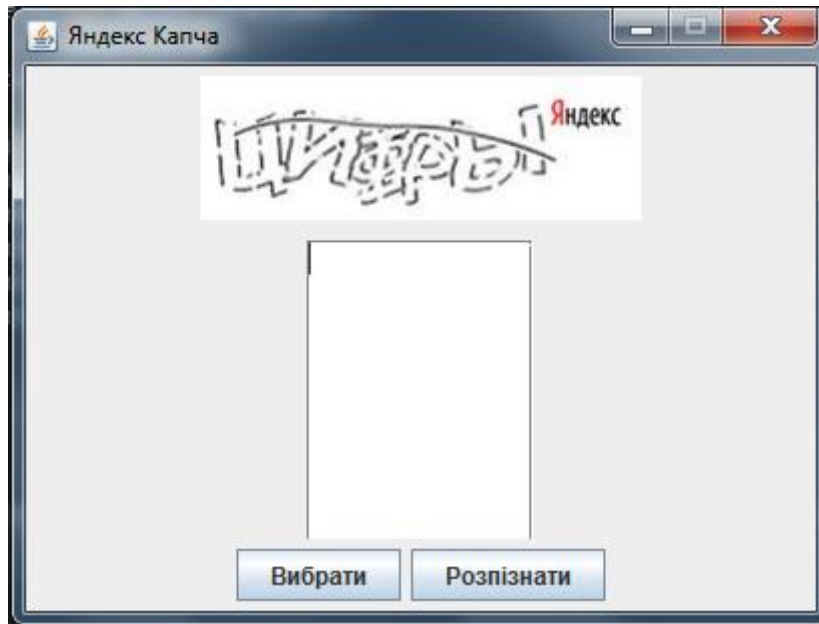
Було розглянуто такі мови програмування:

- Visual Basic,
- MatLAB,
- Deductor,
- Java,
- C++,
- C#,

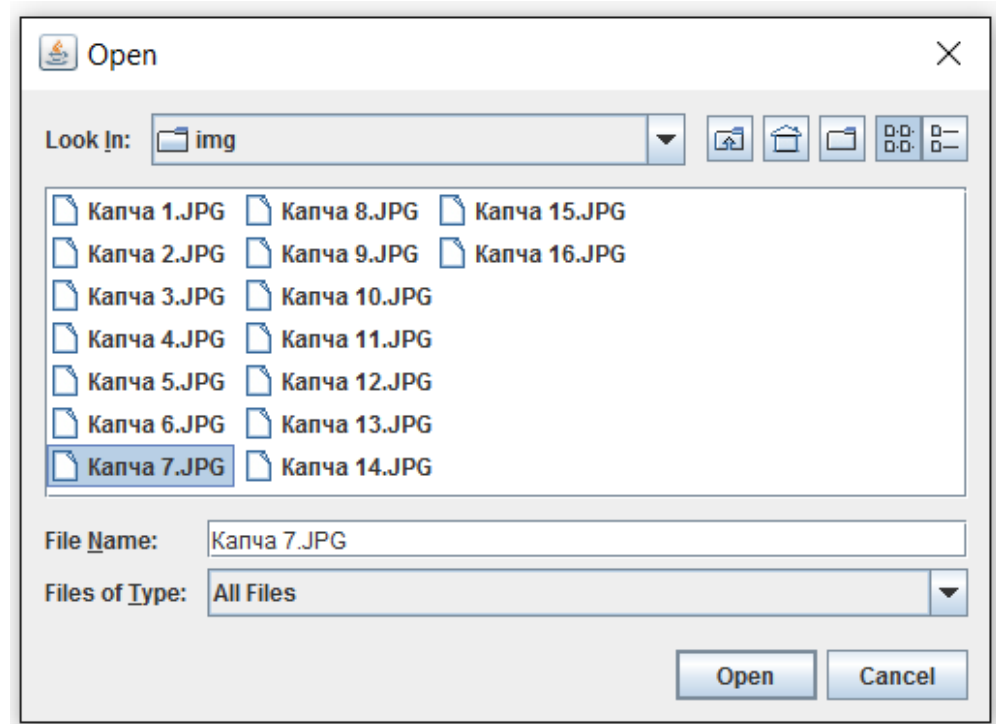
Для реалізації  
програми  
була обрана  
мова Java



# ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ПРОГРАМИ

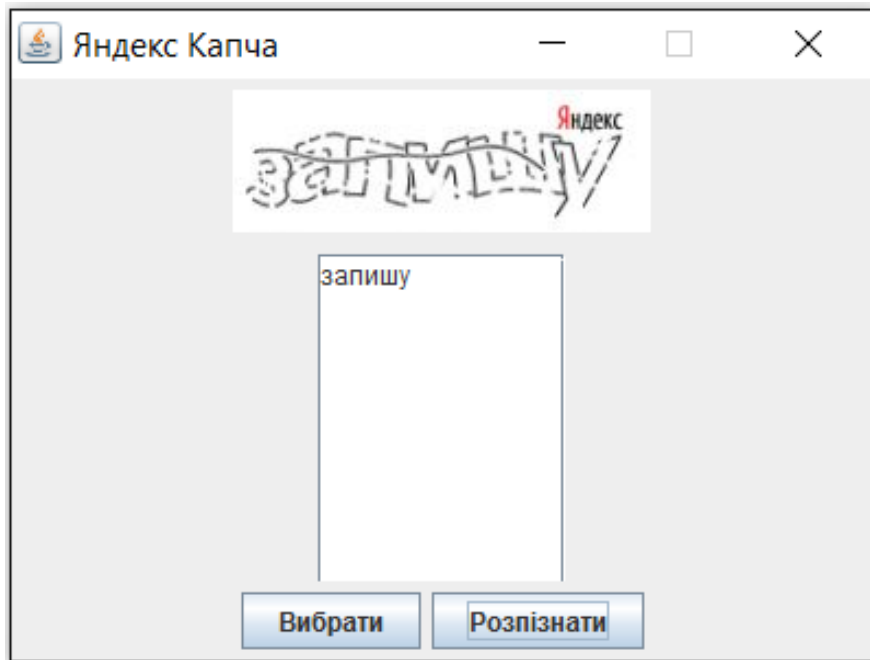


Початкове вікно програми

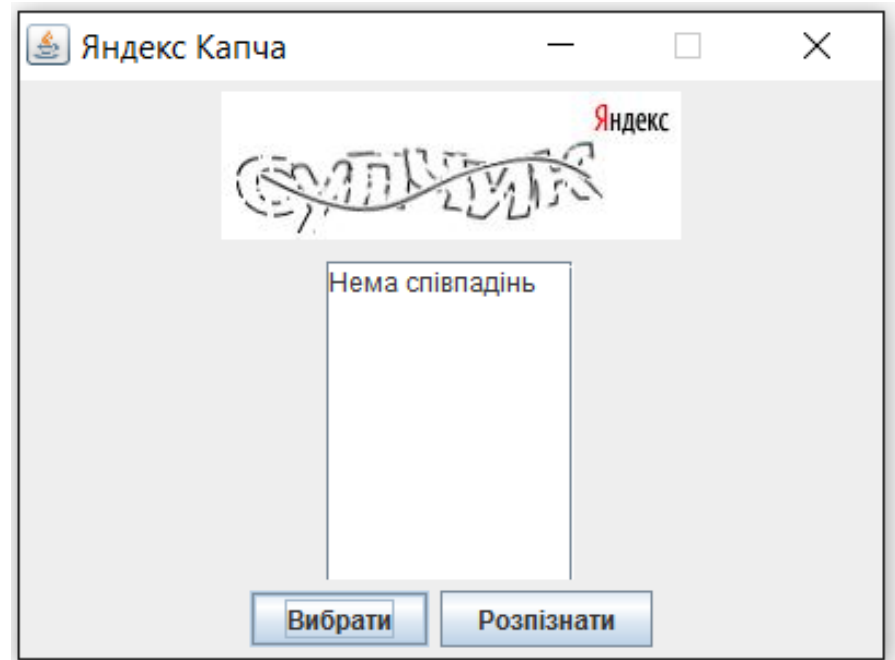


Вікно для вибору файлу зображення капчі

# РЕЗУЛЬТУЮЧІ ВІКНА РОБОТИ ПРОГРАМИ



Вікно програми з результатом розпізнавання



Результуюче вікно програми при неможливості розпізнавання

Нейронна мережа зворотного поширення помилки має два шари.

Перший шар складається з 900 нейронів, вихідний складається з 31 нейрона, кожному з яких відповідає буква на картинці.

Первинна навчальна вибірка складає 2,000 капч, формувалася за допомогою Яндекс. Взагалі, був підготовлений словник з 387 143 слів від 4 до 7 символів, сформований на основі даних з Яндекс словників. Розмір зображень, що надходять на вхід  $100 * 50 = 5000$  пікселів.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ КИРИЛИЧНОЇ «CAPTCHA»

№ п/п	Обсяг навчальної вибірки	Абсолютна кількість вірно розпізнаних зразків		Достовірність розпізнавання, %	
		XRumer	Розроблена програма	XRumer	Розроблена програма
1	500 «CAPTCHA»	196	256	39,2	51,2
2	3150 СИМВОЛІВ	1774	2350	56,3	74,6

Дані табл. показують, що розроблена програма має кращу на 12% ( $51,2 - 39,2 = 12$ ) достовірність розпізнавання «CAPTCHA». Таким чином, мета роботи досягнута – достовірність розпізнавання «CAPTCHA» покращена.



## ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Було здійснено економічне обґрунтування доцільності розробки інформаційної технології розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі нейронної мережі та її програмної реалізації. Також було виконано розрахунки якості та конкурентоспроможності розроблюваного програмного продукту порівняно з найкращим аналогом - програмою XRumer. Встановлено, що інноваційна розробка є кращою за аналог, оскільки за показниками якості вона перевищує технічні характеристики аналога на 33,8 %, а за показником конкурентоспроможності на 67,2 %. Обраховано, що загальні витрати на виконання та впровадження результатів наукової роботи становлять 36134,8 грн. Також визначено абсолютну та відносну ефективність розробленої програми розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі нейронної мережі. Вони складають 312633,7 грн. та 112% відповідно. Термін окупності даної розробки менше року (близько 11 місяців), що є привабливим для потенційного інвестора. Таким чином розробка програми розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі нейронної мережі є економічно доцільною

# АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ТА ПУБЛІКАЦІЇ

## **Апробація результатів роботи.**

Результати досліджень апробовані на IV МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ «Інформаційні технології та взаємодії» м. Київ, 8-10 листопада 2017 року

## **Публікації.**

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тези доповідей на конференції.

# ВИСНОВОК

В результаті виконання роботи було розроблено інформаційну технологію розпізнавання кириличної «САРТСНА» на основі нейронної мережі. Програмну реалізацію технології здійснено об'єктно-орієнтованою мовою Java. Розроблена програма порівняно з аналогом має кращу на 12% достовірність розпізнавання кириличної капчі. Отже, мета роботи досягнута.

Дякую за увагу!