

## Інформаційна технологія розпізнавання математичних формул на основі нейронної мережі

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### Анотація

У доповіді розглядається метод та програмний засіб для розпізнавання математичних формул. Для цього використовується нейронна мережа багатошаровий перцептрон. Розглянуто алгоритм та програмну реалізацію розпізнавання математичних формул.

**Ключові слова:** розпізнавання зображень, математична формула, нейронна мережа, багатошаровий перцептрон.

### Abstract

The report discusses the method and software for recognizing mathematical formulas. This uses a neural network multilayer perceptron. The algorithm and software implementation of recognition of mathematical formulas are considered.

**Keywords:** image recognition, mathematical formula, neural network, multilayer perceptron.

### Вступ

Останнім часом розпізнавання образів все більше знаходить застосування в повсякденному житті. Особливо слід відзначити розпізнавання математичних формул, які важко піддаються розпізнаванню через наявність знаку інтегралу. Область застосування даної задачі багатогранна. Розпізнавання формул застосовується, зокрема, в науковій діяльності, для переведення рукописних формул в електронний документ, або відновлення пошкоджених сканованих документів. З огляду на нелінійні спотворення і неоднаковий розмір символів найкращим варіантом для розпізнавання математичних формул будуть штучні нейронні мережі.

У доповіді буде розглянута програмна реалізація нейронної мережі, завданням якої є розпізнавання зображень математичних формул, де є знак інтегралу та підінтегральний вираз.

### Результати досліджень

Постановку задачі сформулюємо так - потрібно розробити метод та програму, вхідними даними якої є файл зображення з друкованою або рукописною математичною формулою з шумами або без. На виході маємо отримати цю ж саму формулу з можливістю копіювання її в буфер обміну та подальшого використання.

Алгоритм розпізнавання:

- a. Отримати бітове зображення формули.
- b. Пронумерувати всі символи.
- c. Знайти координати верхньої та нижньої меж.
- d. Розпізнати символи, що становлять межі, використовуючи нейронну мережу.
- e. Знайти перший символ підінтегрального виразу.
- f. По черзі розпізнаючи символи, рухатися вправо до останнього символу.
- g. Вирішити отриманий інтеграл.

Приклад формули для розпізнавання зображено на рис. 1.

$$\int_{-2}^2 (5x^5 + x^5 - 4x^2 + 4x^5) dx$$

Рисунок 1 - Приклад вхідної формули

Розбиття зображення на бітове зображення. За одиницю вважатимемо піксель, чия яскравість по колірній моделі HSB  $\langle 0.8, \text{за нуль, відповідно} \rangle = 0.8$ .

Для нумерування всіх символів використовуємо найпростіший рекурсивний алгоритм Flood fill для виділення зв'язкових областей у 8 напрямках.

Всі символи перед розпізнаванням приводяться до одного розміру: в даному випадку 16x21px.

Отже, на вхід нейронної мережі буде подаватися масив з 336 елементів (16 \* 21). Кожен елемент задає затемненість відповідного пікселя цілим числом: 0 або 1.

Прихований шар складається з 130 нейронів, а на виході - масив з 14 елементів з дійсними значеннями від 0 до 1, відповідними числам від 0 до 9, знаку +, d, x, і злиплі dx.

Навчання проходило на 3090 зразках, серед яких найбільше символів «x» і найменше «d». Незважаючи на це, процес навчання зайняв всього 40 секунд.

Для програмної реалізації була використана безкоштовна бібліотека Fast Artificial Neural Network Library. Вона написана на C++, і хороша тим, що має інтерфейси практично під всі популярні мови програмування, включаючи і C#.

### Висновок

Була досліджена предметна область «розпізнавання математичних формул». Було розроблено алгоритм розпізнавання математичних формул та спроектовано основний компонент додатку на основі нейронної мережі багат шаровий перцептрон, що дає змогу підвищити точність та швидкодію розпізнавання математичних формул. Було розроблено додаток, що дозволяє розпізнавати математичні формули з підвищеною точністю та швидкодією. Даний програмний засіб створено за допомогою мови програмування C# в середовищі Visual Studio.

Також пропонується у подальшому використовувати для розпізнавання математичних формул в реальному масштабі часу спайкінгові нейронні мережі [1]. Це покращить точність класифікації. Крім того, спайкінгові нейронні мережі мають гарні перспективи для апаратної реалізації [1] та найкраще підходять для побудови операційного ядра майбутніх нейрокомп'ютерів [2].

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесницький О. К. Аналітичний огляд апаратних реалізацій спайкових нейронних мереж / О. К. Колесницький // Математичні машини і системи. – 2015. – №1, С.3-19. ISSN 1028-9763.
2. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78.

**Собчук Катерина Русланівна** — студентка групи КН-20мз, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, E-mail: kattia.grygoryshena11011998@gmail.com;

**Колесницький Олег Костянтинович** – канд. техн. наук, доцент кафедри Комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: okk\_vin@ukr.net.

**Sobchuk Kateryna R.** — Department of Intelligent Information Technology and Automatization, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: kattia.grygoryshena11011998@gmail.com.

**Kolesnytsky Oleh K.** – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of computer sciences, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: okk\_vin@ukr.net.