

Розпізнавання інтегральних формул на основі нейронної мережі

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

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

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

Abstract

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

Keywords: image recognition, integral formula, neural network, multilayer perceptron.

Вступ

В останні роки розпізнавання образів знаходить все більше застосування в повсякденному житті. Особливо слід відзначити розпізнавання інтегральних формул, які важко піддаються розпізнаванню, а саме - сам знак інтегралу. Область застосування даного розділу багатогранна. Розпізнавання таких формул застосовується в науковій діяльності, для переведення рукописних формул в електронний документ, або відновлення пошкоджених сканованих документів. З огляду на нелінійні спотворення і неоднаковий розмір символів кращим варіантом для розпізнавання інтегральних формул буде штучна нейронна мережа.

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

Результати досліджень

Постановку завдання можна сформулювати так - потрібно розробити метод та програму, вхідними даними якої є файл зображення з друкованою або рукописною інтегральною формулою з шумами або без. На виході ми повинні отримати цю ж саму тестову 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 верхнього і нижньої меж.
- d. Розпізнати символи, що становлять межі, використовуючи нейронну мережу.
- e. Знайти перший символ підінтегрального вираження.
- 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 того, щоб пронумерувати всі символи, 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.

Таким чином, на вхід нейронної мережі буде подаватися масив з 336 елементів (16 * 21). Кожен елемент задає колір 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.

Розпізнавання інтеграла.

Спершу знаходимо і розпізнаємо межі. Верхній може складатися з 1-2 цифр, причому максимальне значення дорівнює 10. Нижній знаходиться в діапазоні від 0 до -10.

Полегшимо задачу нейронної мережі:

- Якщо верхня межа складається з двох цифр, то це 10 (нижній з трьох).
- Мінус розпізнаємо алгоритмічно по пороговому значенню висоти символу.
- При розпізнаванні не будемо враховувати виходи НС, які не відповідають цифрам.
- Знайдемо знак інтеграла, просто рухаючись вправо від лівої межі з відступом від верхньої межі в половину висоти формули. Все, що правіше - підінтегральний вираз.

Знаючи номер інтеграла, кількість об'єктів на формулі, і те, що ці об'єкти пронумеровані зліва направо, подальшим послідовним розпізнаванням символів ми отримаємо приблизно наступний рядок «5x5 + x5-4x2 + 4x5dx». Попередньо спростимо роботу парсеру вираження - наведемо її до виду "+ 5x5 + x5-4x2 + 4x5".

- Деякі закономірності дозволяють легко отримати підсумкові дані для вирішення інтеграла:
- Знаки "+" і "-" поділяють складові.
- Цифри після «x» - ступінь.

На виході отримаємо 2 масива з множниками і ступенями x. Подальше рішення інтеграла труднощів вже не представляє.

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 інтегральних формул». Було розроблено алгоритм розпізнавання інтегральних формул та спроектовано основний компонент додатку на основі нейронної мережі багатошаровий перцептрон, що дає змогу підвищити точність та швидкодію розпізнавання інтегральних формул. Було розроблено додаток, що дозволяє розпізнавати інтегральні формули з підвищеною точністю та швидкодією. Даний програмний засіб створено за допомогою мови програмування C# в середовищі Visual Studio 2019.

Також пропонується у подальшому використовувати для розпізнавання інтегральних 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.

Костельний Антон Вікторович — студент групи ІКН-18мс, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, E-mail: antonkostelny@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.

Kostelny Anton V. — Department of Information Technology and Computer Engereering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: antonkostelny@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.