

ФАСЕТКОВИЙ МЕТОД ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО РОЗПІЗНАВАННЯ

Метод фасеткового перетворення зображень полягає в програмній зміні розмірності вхідного образу й призначений для використання у процесі дорозпізнавальної обробки зображень. На основі розробленого фасеткового методу для перетворення зображень було створено додаток для нейромережевого розпізнавання образів після обробки розробленим методом. Для дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень проводилося порівняння результатів розпізнавання образів до та після фасеткової згортки зображень. Розроблювана інформаційна технологія фасеткової згортки зображень використовує фасетковий метод перетворення зображень та дозволяє розпізнавати зображення до масштабування та після масштабування за допомогою нейронної мережі перцептрон. Інформаційна технологія містить етапи фасеткової згортки зображень та нейромережевого розпізнавання образів. На першому етапі відбувається обробка зображення фасетковим методом. Спочатку відбувається аналіз розмірності зображення та встановлюється рецепторна область залежно від розміру вхідного образу, після чого за необхідності коригується розмірність для фасеткової згортки. Необхідність встановлюється залежно від можливості поділити зображення на рівні квадрати. Далі встановлюється, наскільки сильно зашумлений або нечіткий образ. У наступному кроці рекурсивно визначається приналежність образу пікселів до вихідного зображення, після чого проміжний матеріал переходить до наступного етапу – розпізнавання образу нейроною мережею. Проведені в роботі дослідження встановили, що фасетковий метод перетворення зображень дозволяє конвертувати зображення таким чином, щоб підвищити ефективність подальшого розпізнавання. Так, в порівнянні з успішністю розпізнавання необроблених зображень, для зашумлених образів ефективність зростає в середньому з 36,17% до 94,53%, а для безконтурних та сегментованих образів ефективність розпізнавання зростає в середньому з 52,93% до 88,16%.

Ключові слова: нейромережа, фасетка, розпізнавання.

O. MAZURETS, T. SKRYPNYK, A. IZOTOV

Khmelnitskyi National University

FACET METHOD OF IMAGE TRANSFORMATION BY MEANS OF NEURAL NETWORK RECOGNITION

The method of facet image conversion is a software resizing of the input image and is intended for use in the process of image recognition. Based on the developed facet method for image transformation, an application was created for neural network image recognition after processing by the developed method. To investigate the efficiency of the facet image conversion method, the results of the image recognition were compared before and after the facet image convolution. The developed facet image convolution information technology uses the facet image conversion method and allows the image to be recognized before scaling and after scaling using the perceptron neural network. There are two main components of information technology: facet image convolution and neural network image recognition. In the first stage, the image is processed by the facet method. First, an image dimension analysis is performed and a square is determined depending on the size of the input image, and then the dimension for the facet convolution is adjusted, if necessary. Necessity is determined by the ability to divide the image into squares. The next step is to set how noisy the image is, or vice versa. The next step is to recursively determine the affiliation of the pixel image to the original image, after which the intermediate material proceeds to the next stage of image recognition by the neural network. Researches have shown that the facet image conversion method allows to convert images in such a way as to increase the efficiency of further recognition. Thus, in comparison with the success of recognition of raw images, for noisy images the efficiency increases on average from 36.17% to 94.53%, and for the outline and segmented images the recognition efficiency increases on average from 52.93% to 88.16%.

Keywords: neural network, facet, recognition, image, transformation, determine, pixel.

Постановка проблеми в загальному вигляді

В останні роки розпізнавання образів знаходить все більше застосування в повсякденному житті. Штучні нейронні мережі зазвичай представлені як взаємозалежні нейрони в системах, які можуть обчислювати значення з вхідних даних і здатні до машинного навчання, а також до розпізнавання образів завдяки їх адаптивній природі. Найбільшою перевагою штучних нейромереж є те, що вони можуть використовуватися в якості механізму для апроксимації довільних функцій, який «навчається» на основі спостережуваних даних.

Для більшості нейромереж основними складнощами в розпізнаванні є випадки, коли вхідні зразки немасштабовані, мають значне зашумлення або відсутні чіткі межі образів. Ці проблеми пропонуються вирішувати на етапі дорозпізнавальної обробки зображень [1]. Тому є актуальною розробка методу фасеткової згортки зображень, що полягає в програмній зміні розмірності вхідного образу і який призначений для використання у процесі дорозпізнавальної обробки зображень [2].

Аналіз останніх досліджень

У машинному навчанні та суміжних областях обчислювальні моделі штучних нейронних мереж засновані на центральній нервовій системі і використовуються для оцінки. Вони можуть покладатися на велику кількість вхідних даних. Штучні нейронні мережі зазвичай представлені як взаємозалежні нейрони, які можуть обчислювати значення з вхідних даних і здатні до машинного навчання, а також до систем розпізнавання образів завдяки їх адаптивній природі. Так, нейромережа для розпізнавання рукописного

введення визначається набором вхідних нейронів, що можуть бути активовані пікселями вхідного зображення. Зважування є зворотним і перетворюється функцією (визначається розробником мережі), а спрацьовування залежить від інших нейронів і результат потім передається далі. Цей процес повторюється до кінця, коли вихідний нейрон активується. Це визначає, які символи розпізнано [3].

Методи машинного навчання, подібні до тих, які використовуються в нейромережах, використовувалися для вирішення завдань, які важко вирішити за допомогою звичайного програмування на основі правил, включаючи комп'ютерний зір й розпізнавання мови [4]. Вважається, що найбільшою перевагою штучних нейромереж є те, що вони можуть використовуватися у якості механізму для апроксимації довільних функцій, який навчається на основі спостережуваних даних [5].

Постановка задачі

Мета роботи полягає у розробці та практичній реалізації фасеткового методу перетворення зображень для нейромережевого розпізнавання. Для дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень проводилося порівняння результатів нейромережевого розпізнавання образів до та після фасеткової згортки зображень.

Викладення основних матеріалів дослідження

На рис. 1 зображено схему використання фасеткового методу згортки зображень. Наведений шлях обробки даних у методі фасеткової згортки зображень дозволяє з вхідного образу, який виступає зображенням, через ряд кроків дозволяє отримати вихідний образ у вигляді зменшеного в розмірах зображення.

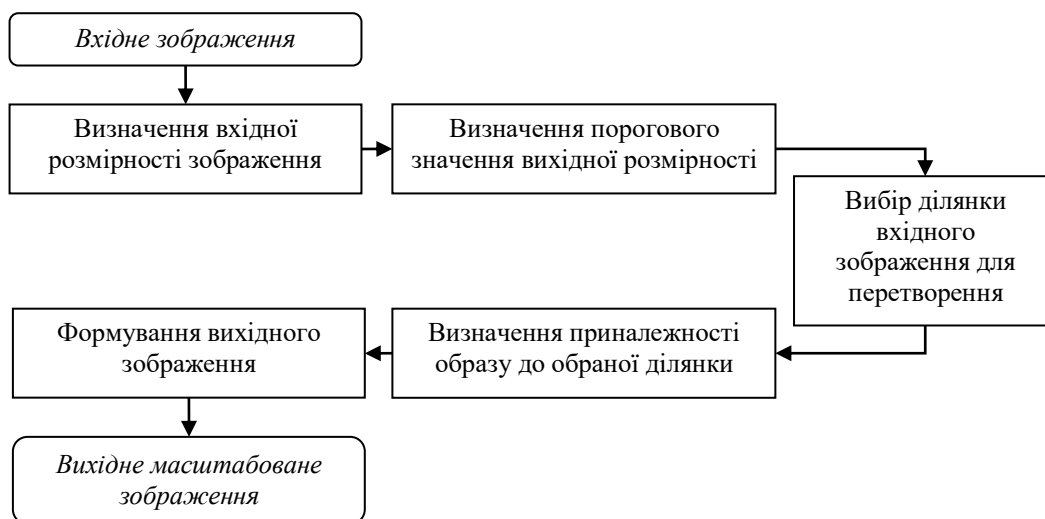


Рис. 1. Схема використання методу фасеткового перетворення зображень

На схемі наведені основні етапи обробки даних методом фасеткової згортки зображень:

1. На вхід надходить зображення (образ), яке необхідно обробити методом фасеткового перетворення зображень.
2. Оцінюється вихідна розмірність зображення для подальшої обробки.
3. Визначається порогове значення для вихідної розмірності графічного зображення та встановлюється розмірність актуальної області.
4. Вибір ділянки зображення для визначення кількості домінуючих пікселів.
5. Визначається приналежність пікселя вихідному образу чи фону.
6. Формування кінцевого образу для подальшого його розпізнавання.
7. Отримання вихідного зображення (образу).

При фасетковій згортці образу відбувається перетворення вхідного зображення PB , яке є множиною елементів (наприклад, пікселів) $pb \in PB$, у вихідне зображення PM , яке є множиною елементів $pm \in PM$. Параметрами, що визначають результат фасеткового перетворення образів $PB \Rightarrow PM$, є коефіцієнт фасеткової згортки kfz та поріг фасеткового перетворення u .

Коефіцієнт фасеткової згортки kfz визначає, наскільки зменшиться розмірність вихідного зображення PM по відношенню до вхідного зображення PB , й визначає рівність:

$$kfz = \sqrt{\frac{mpb}{mpt}}, \quad mpb = |PB|, \quad mpt = |PM|, \quad (1)$$

де mpb – кількість елементів $pb \in PB$ вхідного зображення PB , mpt – кількість елементів $pm \in PM$ вихідного зображення PM .

При фасетковій згортці образу PB до образу PM , що має розмірність $n*m$, кожен елемент $pm_{n,m} \in PM$ визначається шляхом аналізу відповідної йому підмножини елементів PB' , з числа елементів вхідного зображення PB :

$$PB'_{n,m} \Rightarrow pm_{n,m}, pm_{n,m} \in PM, pb': pb'_{n,m} \in PB'_{n,m}, pb'_{n,m} \in PB. \quad (2)$$

При цьому множини елементів PB' є підмножинами множини елементів вхідного зображення PB :

$$PB' \subset PB, |PB'| = mpb / mpm. \quad (3)$$

Кожен елемент $pb'_{n,m} \in PB'_{n,m}$ при обробці ідентифікується як елемент образу $pb'_{n,m} \in EP_{n,m}$ чи елемент фону $pb'_{n,m} \in ZP_{n,m}$:

$$ZP_{n,m} \subset PB'_{n,m}, EP_{n,m} \subset PB'_{n,m}, |ZP_{n,m}| + |EP_{n,m}| = |PB'_{n,m}|; \quad (4)$$

$$\forall pb'_{n,m} \in PB'_{n,m}: pb'_{n,m} \in ZP_{n,m} \vee pb'_{n,m} \in EP_{n,m}. \quad (5)$$

Поріг фасеткового перетворення u вказує мінімальну кількість елементів образу в множині PB' , достатню для визначення відповідного елементу вихідного зображення $pm_{n,m} \in PM$ як елементу образу PM .

$$\begin{cases} |EP_{n,m}| \geq u \Rightarrow pb_{n,m} \in EP \\ |EP_{n,m}| < u \Rightarrow pb_{n,m} \in ZP \end{cases}. \quad (6)$$

Наведеним чином проводиться визначення кожного елементу $pm \in PM$ шляхом обробки відповідних ділянок вхідного зображення $PB' \subset PB$. Розроблена математична модель фасеткової згортки графічних образів формально подає процес перетворення образу із масштабуванням та призначена для використання у фасетковому методі перетворення зображень.

Розроблено інформаційну технологію фасеткової згортки зображень, що включає фасетковий метод згортки зображень й дозволяє перетворювати вхідне цифрове зображення у вихідне зі зменшенням його розміру. На рис. 2 зображено, як взаємодіють між собою основні компоненти інформаційної технології.

Основні етапи роботи інформаційної технології: фасеткова згортка зображень та нейромережеве розпізнавання образів. На першому етапі відбувається обробка зображення фасетковим методом. Спочатку відбувається аналіз розмірності зображення та встановлюється квадрат $n*n$ залежно від розміру вхідного образу, після чого за необхідності коригується розмірність для фасеткової згортки. Необхідність встановлюється в залежності від можливості поділити зображення на рівні квадрати $n*n$.

Далі встановлюється наскільки сильно зашумлений образ або навпаки нечіткий. У наступному кроці рекурсивно визначається приналежність образу пікселів до вихідного зображення, після чого проміжний матеріал переходить до наступного етапу розпізнавання образу нейронною мережею.



Рис. 2. Загальна схема інформаційної технології фасеткової згортки зображень

Для розпізнавання образу необхідно спочатку навчити нейронну мережу еталонними образами для ідентифікації зображення. Наведеним чином інформаційна технологія фасеткової згортки зображень використовує фасетковий метод перетворення зображень та дозволяє розпізнавати зображення до масштабування та після масштабування за допомогою нейронної мережі перцептрон.

Прикладна реалізація інформаційної технології

З метою дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень було створено й використано тестове програмне забезпечення (рис. 3), що реалізує запропонований метод та дві нейронні мережі для розпізнавання.

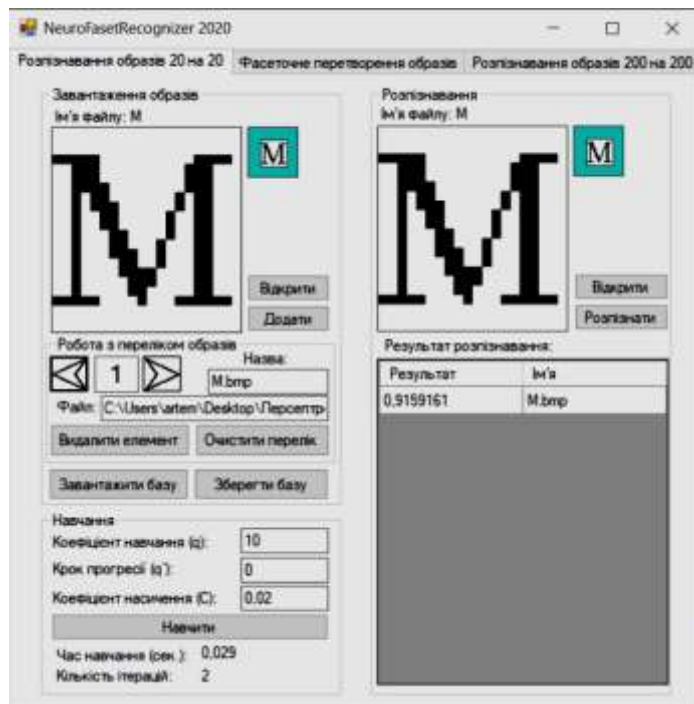


Рис. 3. Тестове програмне забезпечення для дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень

На рис. 4 зображено архітектуру інформаційної системи фасеткової згортки зображень, на якій описані підсистеми основних компонентів програми і їх взаємодія між собою.

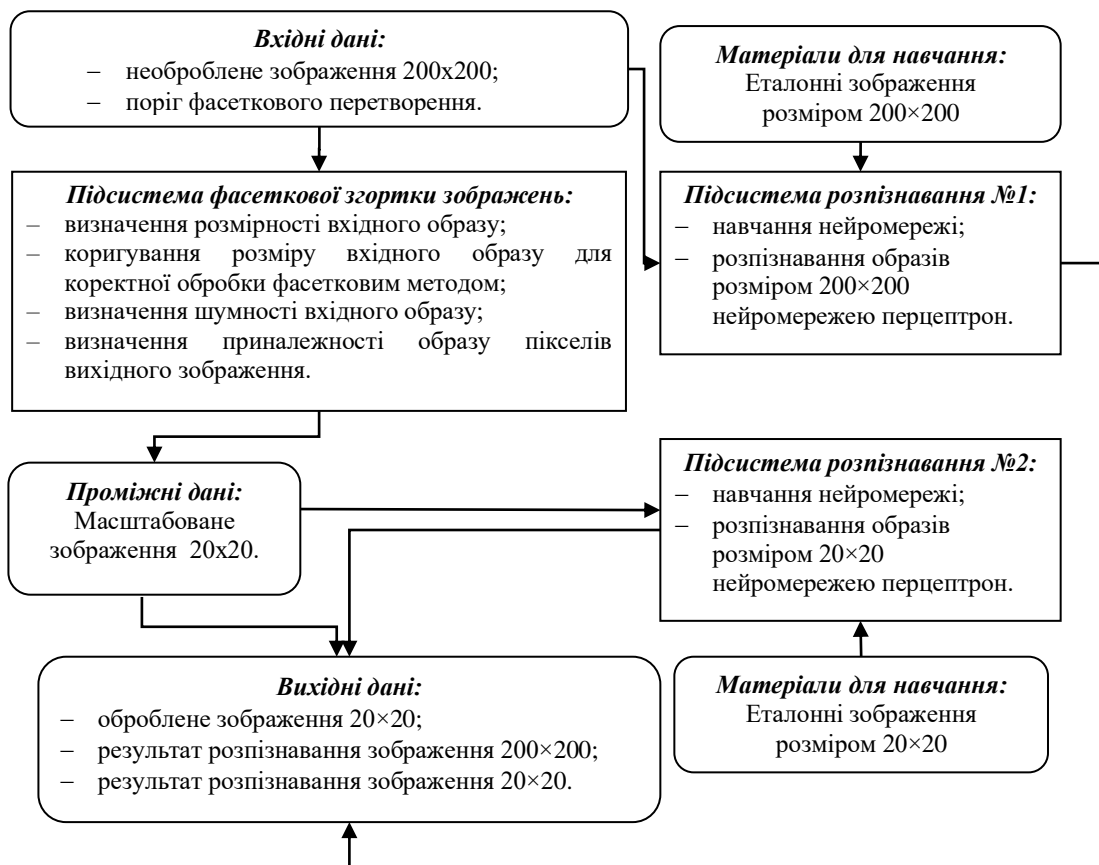


Рис. 4. Архітектура інформаційної системи фасеткової згортки зображень

Для розпізнавання образів за інформаційної технології фасеткової згортки зображень потрібне створення двошарової нейронної мережі перцептрон класичної архітектури для розпізнавання 26 літер українського алфавіту в двох модифікаціях – з вхідним вектором 40000 для розпізнавання образів розміром 200x200 пікселів без фасеткового методу та з вхідним вектором 400 для розпізнавання образів розміром 20x20 пікселів з фасетковим методом.

Дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень

Дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень проводилося шляхом порівняння результату розпізнавання вхідних зображень та результату розпізнавання вихідних зображень після фасеткової згортки. Для розпізнавання було використано зображення, що містять образи з такими спотвореннями, як зашумлення та сегментація.

Для визначення ефективності розпізнавання, використано показники ефективності розпізнавання без фасеткового методу N_1 та ефективності розпізнавання з фасетковим методом N_2 :

$$N_1 = \frac{Q_1}{Q_0}, N_2 = \frac{Q_2}{Q_0}, \tag{7}$$

де Q_1 – кількість правильного розпізнавання вхідних образів (200×200), де Q_2 – кількість правильного розпізнавання вихідних образів (20×20), Q_0 – загальна кількість тестових зразків.

При розпізнаванні зашумлених образів (рис. 5, рис. 6), для різних значень порогу фасеткового перетворення u при кроку 5 було одержано середні значення, наведені на рис. 7. Найвищий показник ефективності розпізнавання $N_1 = 94,53\%$ було встановлено при значенні $u = 10$. При цьому достатньо високе значення $N_1 > 70\%$ було визначено для значень порогу фасеткового перетворення $u = 5..25$.

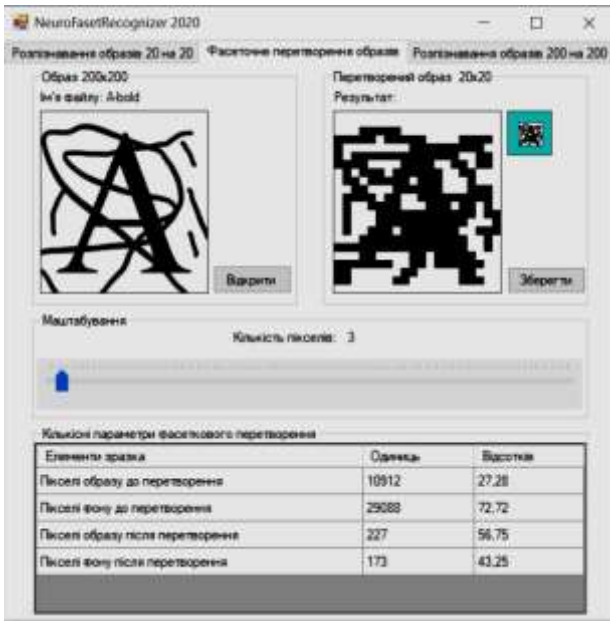


Рис. 5. Результат з низьким ($u = 3$) порогом фасеткового перетворення для зашумлених образів

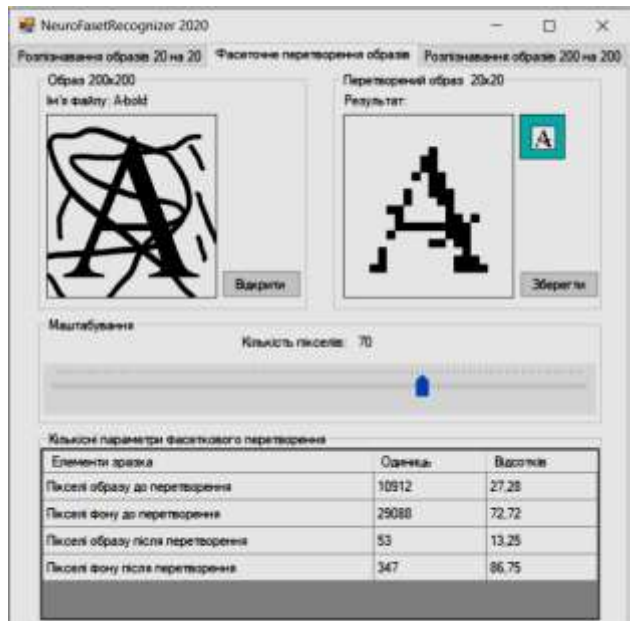


Рис. 6. Результат з високим ($u = 70$) порогом фасеткового перетворення для зашумлених образів

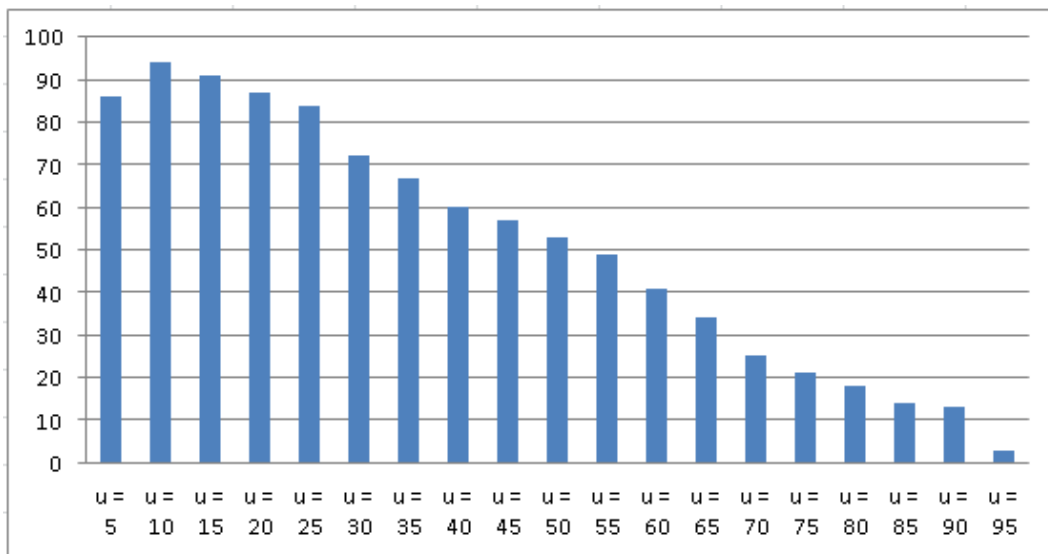


Рис. 7. Середні значення ефективності розпізнавання зашумлених образів після фасеткової згортки, %

При розпізнаванні безконтурних та сегментованих образів (рис. 8, рис. 9), для різних значень порогу фасеткового перетворення u при кроку 5 було одержано середні значення, наведені на рис. 10. Найвищий показник ефективності розпізнавання $N_2 = 88,16\%$ було встановлено при значенні $u = 80$. При цьому достатньо високе значення $N_2 > 70\%$ було визначено для значень порогу фасеткового перетворення $u = 65..95$.

Для порівняння, середні результати ефективності розпізнавання необроблених зображень та результати ефективності розпізнавання зображень після фасеткової згортки при значенні $u = 10$, для зашумлених образів та сегментованих образів, наведено на рисунку 11.

Наведені результати свідчать, що при розпізнаванні зашумлених образів найвищі показники ефективності розпізнавання встановлено для значень порогу фасеткового перетворення $u = 5..25$. При розпізнаванні безконтурних та сегментованих образів найвищі показники ефективності розпізнавання встановлено для значень порогу фасеткового перетворення $u = 65..95$.

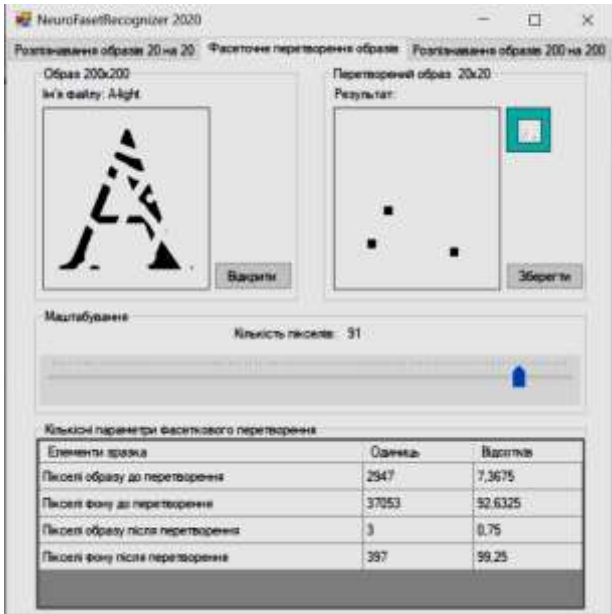


Рис. 8. Результат з високим ($u = 91$) порогом фасеткового перетворення для сегментованих образів

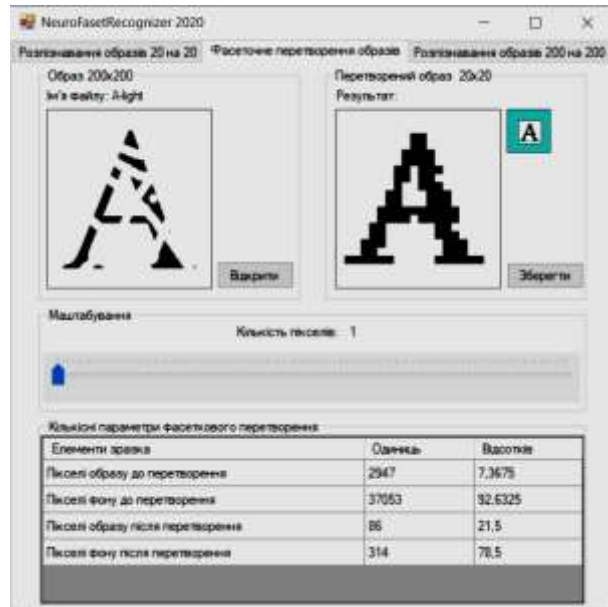


Рис. 9. Результат з низьким ($u = 1$) порогом фасеткового перетворення для сегментованих образів

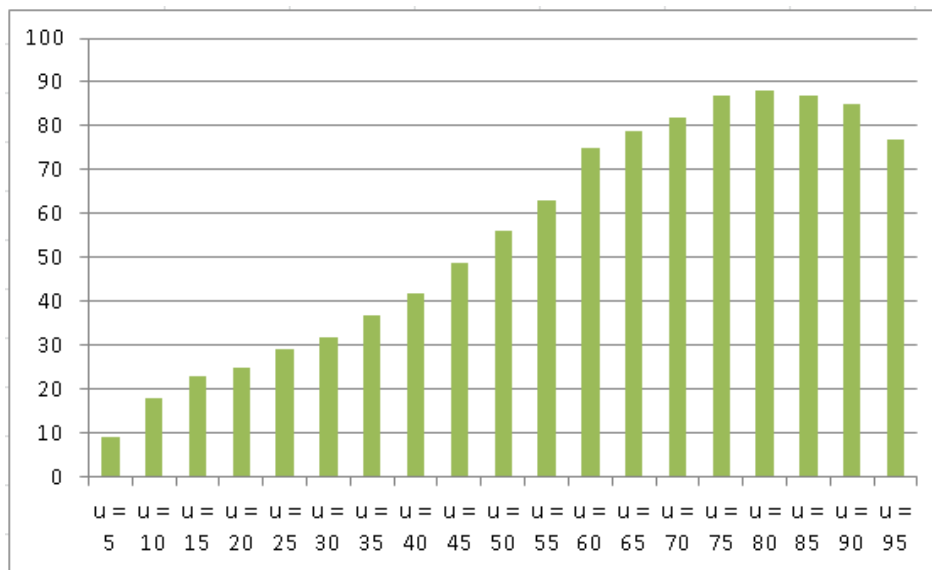


Рис. 10. Середні значення ефективності розпізнавання сегментованих образів після фасеткової згортки, %

Отже, дослідження встановили, що метод фасеткової згортки зображень дозволяє конвертувати зображення таким чином, щоб підвищити ефективність подальшого розпізнавання, зокрема в порівнянні з успішністю розпізнавання необроблених зображень, для зашумлених образів ефективність зростає в середньому з 36,17% до 94,53%, а для безконтурних та сегментованих образів ефективність розпізнавання зростає в середньому з 52,93% до 88,16%.

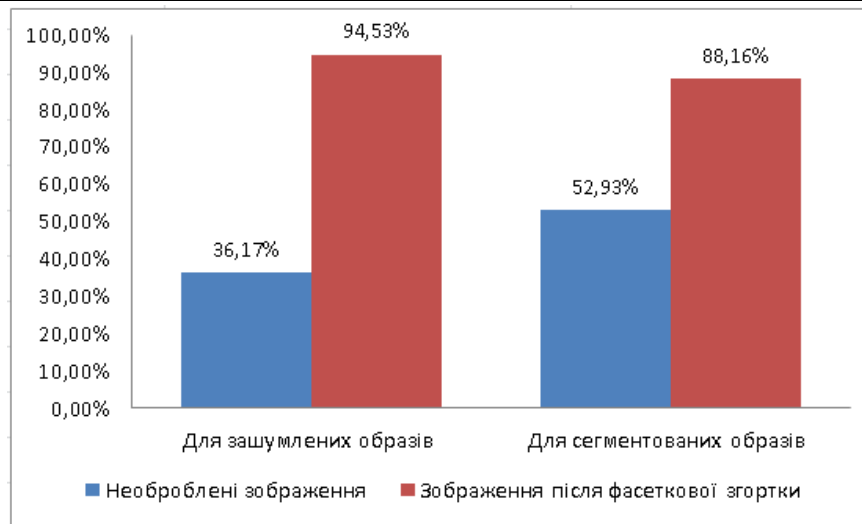


Рис. 11. Середні результати ефективності розпізнавання зашумлених образів та сегментованих образів, %

Висновки

В статті було розглянуто фасетковий метод перетворення зображень для нейромережевого розпізнавання. Для дослідження ефективності методу фасеткового перетворення зображень проводилося порівняння результатів розпізнавання образів до та після фасеткової згортки зображень. Для дослідження було створено й використано тестове програмне забезпечення, що реалізує запропонований фасетковий метод перетворення зображень та дві нейронні мережі для розпізнавання.

Література

1. Гороховатський О. В. Особливості розпізнавання зображень символів із використанням лінійних описів та корекції результатів / О. В. Гороховатський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 4. – С. 149–151.
2. Овчарук О. М. Математична модель фасеткового дорозпізнавального перетворення зображень / О. М. Овчарук, О. В. Мазурець // Збірник наукових праць за матеріалами XI всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2019». – Хмельницький, 2019. – Т. 1. – С. 151–152.
3. Подорожняк А. О. Метод інтелектуальної обробки мультиспектральних зображень / А. О. Подорожняк, Н. Ю. Любченко, О. Д. Лагода // Системи обробки інформації. – 2015. – № 10. – С. 123–125.
4. Гудфелов І. Машинне навчання [Електронний ресурс] / І. Гудфелов, Й. Бенгіо, А. Коурвілле // MIT Press, 2016. – Режим доступу : <http://www.deeplearningbook.org>.
5. Гавриш Б. М. Особливості побудови нейромережевих систем розпізнавання зображень / Б. М. Гавриш, О. В. Тимченко, Р. О. Кульчицький, О. Є. Семенова // Моделювання та інформаційні технології. – 2018. – № 83. – С. 190–196.

References

1. GOROKHOVATSKY, O. (2018) Features of character image recognition using linear descriptions and result correction. Information processing systems, 4, p. 149-151.
2. OVCHARUK, O. & MAZURETS, O. (2019) Mathematical model of facet pre-recognition image transformation. Proceedings of the XI All-Ukrainian Scientific-Practical Conference "Actual Problems of Computer Sciences APKN-2019", Vol. 1, p. 151-152.
3. PODOROZHNYAK, A., LYUBCHENKO, N. & LAGODA, O. (2015) The method of intellectual processing of multispectral images. Systems of information processing, 10, p. 123-125.
4. GOODFELOV, I., BENGIO, J. & COWERVILLE, A. (2016) Machine Learning. [Online] Available from: <http://www.deeplearningbook.org> [Accessed: 25 July 2019].
5. GAVRISH, B., TIMCHENKO, O., KULCHITSKY, R. & SEMENOVA, A. (2018) Features of construction of neural network image recognition systems. Modeling and information technologies, 83, p. 190-196.

Рецензія/Peer review : 26.01.2020 р.

Надрукована/Printed : 14.2.2020 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Сорокати́й Р. В.