

УДК 004.93

**ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ****Кононенко Д. В., Пилипенко Ю. М.**

Київський національний університет технологій та дизайну

***Мета.** Дослідження проблеми розпізнавання номерних знаків транспортних засобів з метою підвищення якості розпізнавання.*

***Методика.** У роботі запропоновано метод багаторівневого розбиття, метод бінаризації та алгоритм навчання нейронної мережі зі зворотнім поширенням помилки для розпізнавання зображень номерних знаків.*

***Результати.** Проведено дослідження способів попередньої обробки зображення, сегментації символів з подальшим розпізнаванням номерного знаку.*

***Наукова новизна.** Розроблено робочу модель для підвищення якості розпізнавання зображення із застосуванням нейронних мереж та техніки багаторівневого розбиття при його сегментації.*

***Практична значимість.** Представлена техніка дозволяє покращити рівень якості розпізнавання на 3,76% у порівнянні з методом ОЦУ.*

***Ключові слова:** бінаризація зображення, метод ОЦУ, штучна нейронна мережа, нейронне розпізнавання образів, виділення особливостей, пристрій LPR, метод багаторівневого розбиття, відокремлення «плям», алгоритм нейронної мережі зі зворотнім поширенням помилки, метод кореляції зображень*

Системи розпізнавання номерних знаків день у день стають важливим захисним заходом для впровадження відео моніторингу для забезпечення безпеки громадян [1]. Технічно, ідентифікація транспортного засобу – це додаток що використовує техніку обробки зображень.

Автоматизоване розпізнавання зображень має широкий спектр застосувань такі як кримінальна справа, моніторинг громадян, перевірка статусу транспортних засобів, автоматичний збір плати за проїзд та контроль потоку трафіку.

Практичне впровадження розумної транспортної системи з використанням камери – це дуже вимогливий процес, оскільки система має сформувати динамічний образ у середовищі, де забруднення впливає на номерний знак разом із фактичними умовами дорожнього руху і зміною кута установки камери [1, 2]. Всі ці проблеми спричиняють труднощі в розпізнаванні символів для системи розпізнавання номерних знаків, але шляхом втілення теорії нейронних мереж у такі системи, дослідники здатні їх розміщувати та розпізнавати більш ефективно.

Постановка завдання

У цій статті, запропоновано підхід багаторівневого розбиття для підвищення якості зображення номерного знаку з тьмяних та низькоінтенсивних зображень. Певні проблеми, пов'язані з такою методологією, як відокремлення «плям», сегментація та розпізнавання символів, які гальмують повне виділення особливостей з номерного знаку транспортного засобу були проаналізовані у цьому підході.

Система розпізнавання номерних знаків зазвичай має чотири етапи: захоплення зображення, обробка зображення, сегментація символів та розпізнавання символів. Робота К. Єльмаза, представлена в [3], є розумним гібридним підходом із використанням нейронної мережі та методу кореляції зображень і застосовується для розпізнавання чисел і символів з номерного знака транспортного засобу. Подальший розвиток тематика знайшла в роботах [4, 5, 6, 7].

Результати досліджень

У дослідженні були використані метод багаторівневого розбиття (multi thresholding) та нейронне розпізнавання образів. Спочатку знімається чорно-біле зображення номерного знака. Після цього, це захоплене зображення перетворюється на зображення відтінків сірого. Воно проводиться з метою виділення білої області на захопленому зображенні, оскільки небажаний шум повинен бути видалений за допомогою медіанного фільтра.

По мірі видалення шуму, інтенсивність зображення і задній фон зображення стають більш чіткими, після чого застосовується метод контрастного розтягування.

На виявленому зображенні застосовується метод контрастного розтягування з метою збільшення інтенсивності білого піксельного фону. Метод багаторівневого розбиття застосовується для підтримки рівного простору між цифрами та літерами. Нарешті, було використано штучний інтелект з точки зору нейронних мереж, які автоматично виявляють захоплене зображення.

Методи та підходи застосовані при обробці зображення наступні.

На етапі попередньої обробки, спочатку захоплене зображення було перетворене на зображення у відтінках сірого. Цей метод було застосовано для того, щоб зробити те що біле на зображенні більш чітким.

Для того, щоб відфільтрувати небажану частину зображення та замінити її білим фоном, нам потрібен механізм фільтра. Було застосовано медіанний фільтр для

видалення небажаного шуму із зображення, що в підсумку покращило швидкість розпізнавання.

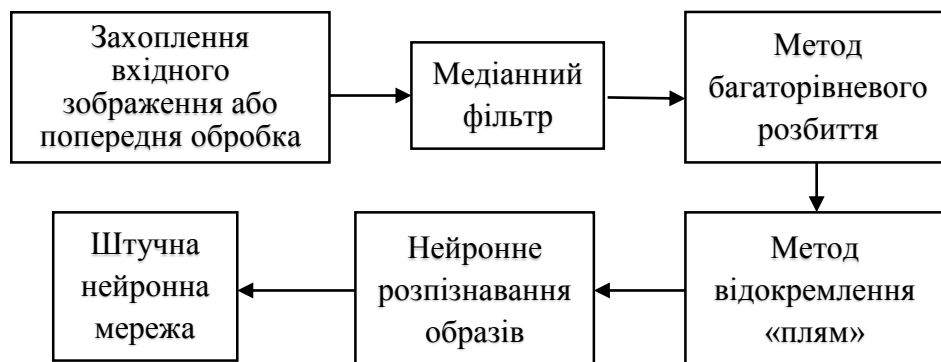


Рис. 1. Діаграма розпізнавання номерного знаку

Для сегментації зображень було застосовано метод багаторівневого розбиття. Застосування методу засноване на припущенні, що об'єкт та фонові пікселі в цифровому зображенні можна розрізнити за значеннями рівня сірого або за значенням кольору. Запропонована техніка може бути застосована як до зображень у сірому діапазоні, так і до кольорових зображень.

Для усунення проблеми сегментації, було використано метод відокремлення «плям» (рис. 2), щоб символи чи цифри на номерному знаці не поєднувалися разом. Такий метод спрямований на виявлення регіонів у цифровому зображенні, які відрізняються за властивостями, такими як яскравість або колір, порівняно з навколишніми регіонами. «Пляма» – це область зображення, в якій деякі властивості постійні або приблизно постійні; всі точки в «плямі» можна вважати, в деякому сенсі, схожими одну на одну. Для виявлення таких «плям» було використано метод згортки [8].



Рис. 2. Метод відокремлення «плям»

Виділення особливостей – це процес вивчення та вилучення корисної інформації з відфільтрованих введених шаблонів. Отримані відомості можуть бути загальними

ознаками, які оцінюються для полегшення подальшої обробки. У нашому випадку, метод дозволив виділити інформацію про сірий відтінок, текстуру та форму зображення.

Розпізнавання символів – це головний крок системи, де розпізнаються сегментовані символи. Розпізнавання символів також називається оптичним розпізнаванням символів (OCR). Методи, які використовувались для розпізнавання номерного знака раніше – це розпізнавання на основі формул, що в даний час замінено нейронними мережами [9].

Підходи до розпізнавання шаблонів, обговорені до цього часу, базуються на прямому обчисленні через машини. Штучна нейронна мережа – це взаємопов'язана група вузлів, схожа на величезну мережу нейронів мозку. Тут (рис. 3) кожен круговий вузол являє собою штучний нейрон, а стрілка являє собою з'єднання від виходу одного нейрона до входу іншого. В представленій методиці було застосовано нейронну мережу зі зворотнім поширенням помилки.

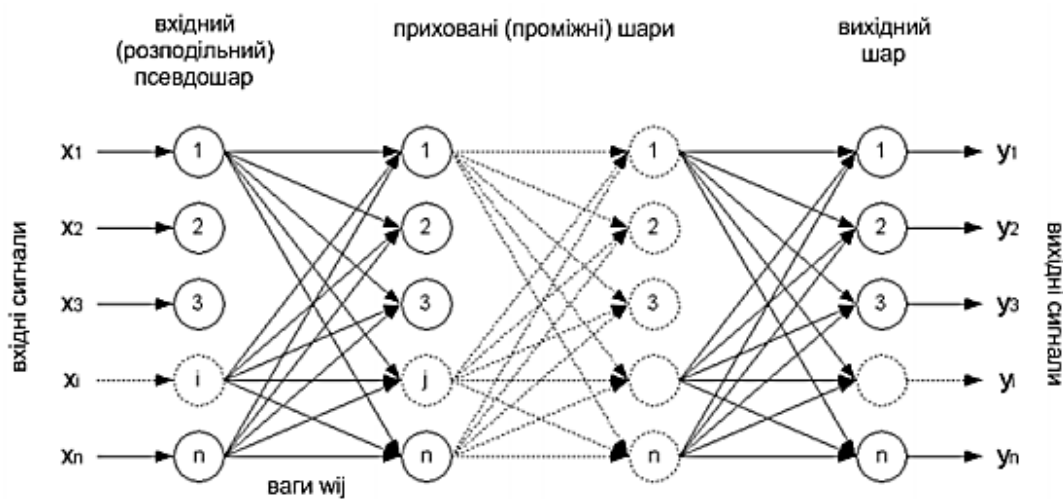


Рис. 3. Модель штучної нейронної мережі

Сутність алгоритму зворотного поширення помилки зводиться до наступного:

- 1) Задати довільно невеликі початкові значення ваг зв'язків нейронів.
- 2) Для всіх навчальних пар «значення вхідних ознак – значення вихідної ознаки» (прикладів з навчальної вибірки) обчислити вихід мережі (Y).
- 3) Виконати рекурсивний алгоритм, починаючи з вихідних вузлів у напрямку до першого прихованого шару, поки не буде досягнутий мінімальний рівень помилки [10].

Запропонована методика, що використовує метод багаторівневого розбиття з нейронними мережами, у порівнянні з методом кореляції зображень (відсоток розпізнавання – 94,64%) може розпізнавати номерні знаки автомобілів з кращим відсотком розпізнавання – 98,4%. На рис. 4 показано оригінальний номерний знак, який був виділений для розпізнавання.



Рис. 4. Оригінальний номерний знак

На рис. 5 було застосовано медіанний фільтр, щоб усунути шуми або небажані області з номерного знаку



Рис. 5. Номерний знак після застосування медіанного фільтру

Значення інтенсивності кольору пікселів лежить у діапазоні ($0 \leq i \leq 255$). На рис. 6 бачимо показники інтенсивності білих пікселів для виявленого номерного знаку перед (в межах 50-150) та після контрастним розтягуванням (в межах 50-250).

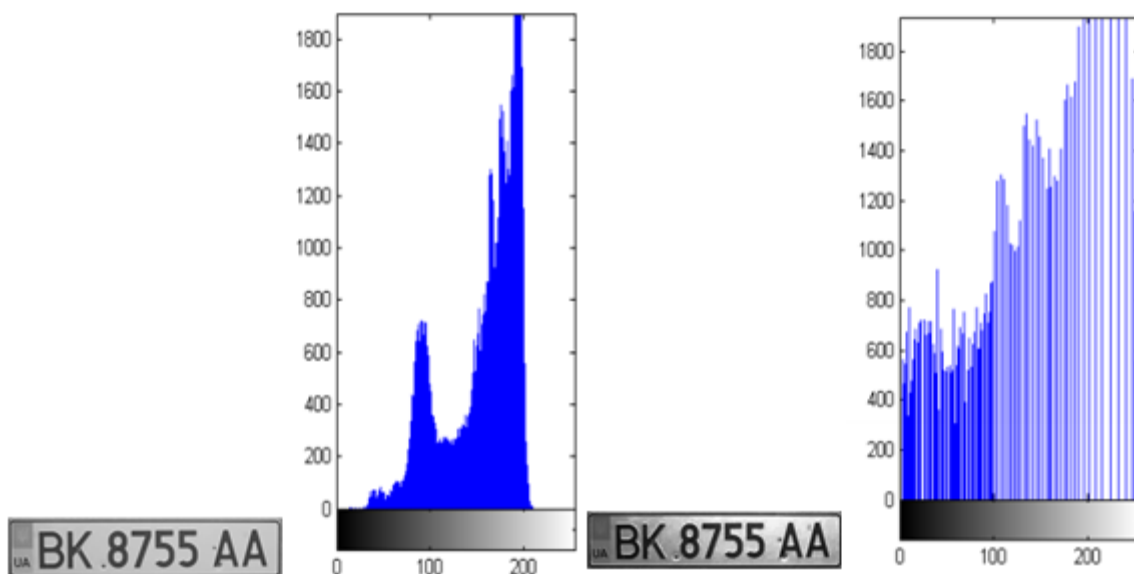


Рис. 6. Результати контрастного розтягування

Порівняння зображень, бінаризованих методом ОЦУ (рис. 7) та методом із застосуванням багаторівневого розбиття (multi thresholding) (рис. 8).

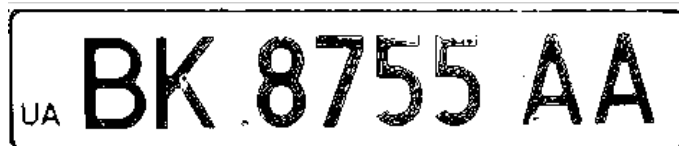


Рис. 7. Бінаризація з використанням ОЦУ методу з рівнем розпізнавання 96,64%



Рис. 8. Бінаризація методом багаторівневого розбиття із підвищеним рівнем розпізнавання 98,4%

На рис. 9 представлено графічне порівняння запропонованої техніки багаторівневого розбиття використовуючи нейронну мережу і кореляцією зображення із застосуванням такої ж нейронної мережі. Чорна кольорова смуга показує результати попередньої методики – нейронної мережі з кореляцією зображення. Біла смуга на графіку свідчить про збільшення коефіцієнта розпізнавання на 98,40% від 94,64% при використанні багаторівневого розбиття з нейронними мережами.

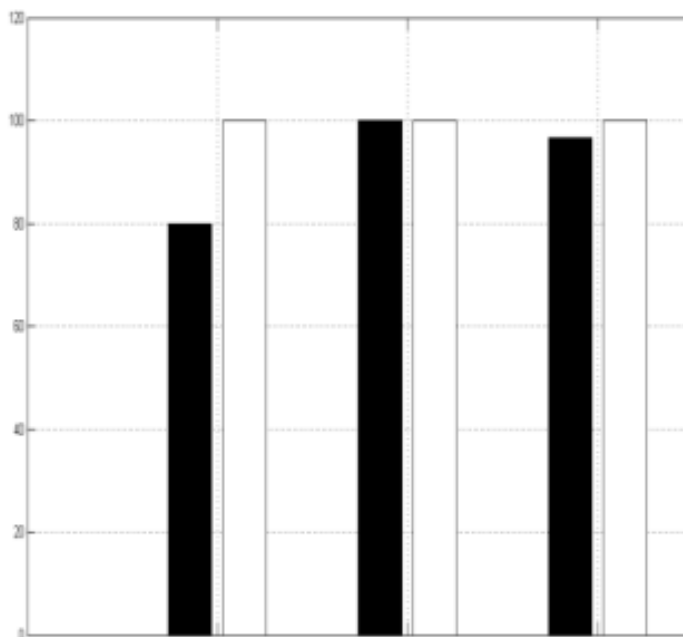


Рис. 9. Графік продуктивності

Висновки

Розумна транспортна система, оснащена LPR, може забезпечити гнучкі та автоматичні системи збору плати за проїзд по шосе, покращені системи запобігання крадіжок транспортних засобів, ефективно правозастосування, ефективно виконання правил дорожнього руху, підвищення ефективності для систем прикордонного контролю.

У цій статті було проаналізовано різні проблеми, з якими стикаються системи розпізнавання номерних знаків. В представленій методиці було застосовано медіанний фільтр, що усуває небажані шуми, метод контрастного розтягування, що дозволяє збільшити інтенсивність білих пікселів на зображенні, що позитивно впливає на його бінаризацію, яке у даному дослідженні було виконано із застосуванням методу багаторівневого розбиття.

Застосування вищезазначених методик разом із нейронним розпізнаванням образів та штучними нейронними мережами дають рівень розпізнання на 3,76% вищий у порівнянні з методикою кореляції зображення.

Список використаних джерел

1. Ying Wen, Yue Lu, Jingqi Yan, Zhenyu Zhou, Karen M. von Deneen and Pengfei Shi. Алгоритм розпізнавання номерних знаків, застосований до розумної транспортної системи, транзакції з інтелектуальної транспортної системи, том 12, №3, вересень 2011.
2. Lingxian Yang, Heping Chen, Wei Zhang. Алгоритм розпізнавання номерних знаків для моніторингу спільноти, IEEE, Розумні мережі та інтелектуальні системи (ICINIS), 2012 П'ята міжнародна конференція, 3 листопада 2012 року.
3. K. Yilmaz. Розумна гібридна система розпізнавання номерних знаків основана на обробці зображень використовуючи нейронну мережу та кореляцію зображення, (INISTA), Інновації в інтелектуальних системах та додатках 2011 Міжнародний симпозіум 18 Червня 2011 р.
4. Wang Yutao, Qin Tingting, Tian Ruixia, Yang Gang. Розпізнавання символів

References

1. Ying Wen, Yue Lu, Jingqi Yan, Zhenyu Zhou, Karen M. von Deneen and Pengfei Shi. An Algorithm for License Plate Recognition Applied to Intelligent Transportation System, IEEE, transactions on intelligent transportation system, vol 12, no 3, sept 2011.
2. Lingxian Yang, Heping Chen, Wei Zhang. A License Plate Recognition Algorithm for Community Monitor, IEEE, Intelligent Networks and Intelligent Systems (ICINIS), 2012 Fifth International Conference on, 3 Nov. 2012.
3. K. Yilmaz. A Smart Hybrid License Plate Recognition System Based on Image Processing using Neural Network and Image Correlation, Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), 2011 International Symposium on 18 June 2011.
4. Wang Yutao, Qin Tingting, Tian Ruixia, Yang Gang. Recognition of

- номерних знаків на основі вейвлет – перетворення та генералізованої нейромережі регресії, IEEE, Конференція з контролю та прийняття рішень, 24-й китайський 23-25 травня 2012 року.
5. Li Li, Feng Guangli Система розпізнавання номерних знаків на основі нечіткої теорії та нейронної мережі BP, IEEE, Інтелектуальні обчислювальні технології та автоматизація (ICICTA) Міжнародна конференція (Том: 1) 2011 р.
 6. Song Qing-kun, Yuan Hui-jun, Zhou Teng, Розпізнавання номерних знаків на основі методу математичної морфології та нейронної мережі RBF, IEEE, Вимірювання, інформація та контроль (MIC), 2012 Міжнародна конференція (том: 2) 18-20 травня 2012 року.
 7. Huang Lin, Yang Tie-jun Розпізнавання номерних знаків автомобіля на основі модуля перетворення вейвлетів Махіма та нейронної мережі BP, IEEE, Природні обчислення, Восьма міжнародна конференція 29-31 травня 2012 року.
 8. Вікіпедія, Згортка (обробка зображень) [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Згортка_\(обробка_зображень\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Згортка_(обробка_зображень))
 9. Lorita Angeline, Wei Yeang Kow, Wei Leong Khong, Mei Yeen Choong, Kenneth Tze Kin Teo, Розпізнавання символів номерних знаків за допомогою аналізу підписів та івокремлення особливостей, 2 IEEE, Обчислювальний інтелект, моделювання та симуляція (CIMSIM), Четверта міжнародна конференція 25-27 вересня 2012 року.
 10. Тельнов Ю. Ф. Інтелектуальні інформаційні системи / Московський державний університет економіки, статистики та інформатики. – М.: МЕСІ, 2004.
5. License Plate Character Based on Wavelet Transform and Generalized Regression Neural Network, IEEE, Control and Decision Conference (CCDC), 24th Chinese 23-25 May 2012.
 5. Li Li, Feng Guangli. The License Plate Recognition System Based on Fuzzy Theory and BP Neural Network, IEEE, Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), International Conference on (Volume:1) 2011.
 6. Song Qing-kun, Yuan Hui-jun, Zhou Teng. License Plate Recognition Based On Mathematical Morphology Method and RBF Neural Network, IEEE, Measurement, Information and Control (MIC), 2012 International Conference on (Volume:2)18-20 May 2012.
 7. Huang Lin, Yang Tie-jun. Vehicle license plate Recognition Based on Wavelet Transform Modulus Maxima and BP Neural Network, IEEE, Natural Computation (ICNC), Eighth International Conference on 29-31 May 2012.
 8. Wikipedia,Kernel (image processing) [Web resource]. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_\(image_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(image_processing))
 9. Lorita Angeline, Wei Yeang Kow, Wei Leong Khong, Mei Yeen Choong, Kenneth Tze Kin Teo. License Plate Character Recognition via Signature Analysis and Features Extraction, 2 IEEE, Computational Intelligence, Modelling and Simulation (CIMSIM), Fourth International Conference on 25-27 Sept. 2012.
 10. Telnov, Yu.F. Intelligent Information Systems / Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics. – М.: MESI, 2004.

Kononenko Dmytro
deadpharaoh1@gmail.com
Kyiv National University of
Technologies and Design

Pylypenko Yurii
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4093-7298>
pyl20453@gmail.com
Kyiv National University of
Technologies and Design

**Улучшение качества распознавания номерных знаков транспортных средств
Кононенко Д. В., Пилипенко Ю. Н.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследование проблемы распознавания номерных знаков транспортных средств с целью повышения качества распознавания.

Методика. В работе предложен метод многоуровневого разбиения, метод бинаризации и алгоритм обучения нейронной сети с обратным распространением ошибки распознавания изображений номерных знаков.

Результаты. Проведено исследование способов предварительной обработки изображения, сегментации символов с последующим распознаванием номерного знака.

Научная новизна. Разработана рабочая модель для повышения качества изображения с применением нейронных сетей и техники многоуровневого разбиения при его сегментации.

Практическая значимость. Представленная техника позволяет улучшить уровень качества распознавания на 3,76% по сравнению с методом ОЦУ.

Ключевые слова: бинаризация изображения, метод ОЦУ, искусственная нейронная сеть, нейронное распознавание образов, выделение особенностей, устройство LPR, метод многоуровневого разбиения, отделения пятен, алгоритм нейронной сети с обратным распространением ошибки, метод корреляции изображений

Quality improvement in vehicle license plate recognition

Kononenko D. V., Pylypenko Y. M.

Kyiv National University of Technology & Design

Purpose. Study of the problem of recognition of license plates of vehicles in order to improve the quality of recognition.

Methodology. A multi thresholding method, a binarization method and a neural network training algorithm with the back propagation of license plate recognition errors are proposed.

Findings. A study of the methods of image pre-processing, segmentation of characters with subsequent recognition of the license plate.

Originality. A working model has been developed to improve image quality using neural networks and multi thresholding techniques during its segmentation.

Practical value. The presented technique allows to improve the recognition quality level by 3,76% in comparison with the OTsU method.

Keywords: image binarization, OTsU method, artificial neural network, neural pattern recognition, feature extraction, LPR device, multi thresholding, blob extraction, back propagation neural network algorithm, image correlation method