

А. О. Подорожняк, Н. Ю. Любченко, Г. В. Гейко

Національний технічний університет “Харківський політехнічний університет”, Харків, Україна

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОНОМЕРА

Анотація. Предметом дослідження є нейромережева система ідентифікації автомобільних номерів на зображеннях, отриманих за допомогою відеореєструючих засобів. Метою роботи є забезпечення процесу розпізнавання номерних знаків транспортних засобів в широких межах зміни кутів спостереження і рівнів освітленості. Завдання – дослідження нейромережевої системи розпізнавання автономерів на зображеннях, отриманих за допомогою засобів відеофіксації в широких межах зміни кутів спостереження і рівнів освітленості. Аналіз проблем методів та алгоритмів автоматизованого розпізнавання номерів автомобілів показав, що найбільш перспективно використовувати нейромережеві алгоритми, які підлаштовуються до зміни умов спостереження засобів контролю дорожнього руху. Рішення завдання розпізнавання автомобільних номерів можна представити у вигляді ряду підзадач, що включають в себе первинну обробку зображення, виявлення області номера на зображенні, сегментацію символів і розпізнавання символів.

Висновки: запропонована нейромережева система розпізнавання автономера, що дозволяє здійснювати пошук текстових областей під довільним кутом в різних умовах освітленості. Система дозволяє забезпечити розпізнавання автомобільних номерів в широких межах зміни відстані до автомобіля, кутів спостереження і рівнів освітленості.

Ключові слова: вимірювальна система, температурні вимірювання, мікропроцесорний вимірювач, обробка даних.

Вступ

Масова інтеграція інформаційних технологій під різні аспекти сучасного світу призвела до того, що транспортні засоби розглядаються як ресурси в інформаційних системах. Оскільки автономна інформаційна система не має значення без будь-яких даних, існує необхідність у реформуванні інформації про транспортні засоби між реальністю та інформаційною системою. Цього можуть досягти або люди або спеціальне інтелектуальне обладнання, яке дозволить ідентифікувати транспортні засоби за їх реєстраційними номерами у реальному середовищі.

В даний час в світі на дорогах знаходиться понад 1,2 мільярда автомобілів, а на території України понад 9 мільйонів одиниць (згідно результатів досліджень Міжнародної асоціації автовиробників (OICA) у 2015 році) [1].

У якості інтелектуального обладнання може виступати система виявлення та розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Система виявлення та розпізнавання номерних знаків транспортного засобу використовується для виявлення автономерів на зображеннях автомобілів, а потім робить розпізнавання автономера, тобто має розпізнати символи, зображені на номері (цифри та букви української та латинської абетки) [2, 3].

Система виявлення та ідентифікації номерних знаків є інтелектуальною системою, що може бути застосована у багатьох областях (паркування, управління рухом транспорту, виявлення порушників, передпродажна перевірка автомобілів, які вже були у вжитку тощо).

З урахуванням перерахованих факторів, виникає необхідність розробки нових і поліпшення існуючих алгоритмів виявлення та розпізнавання автономерів.

ючих алгоритмів виявлення та розпізнавання автономерів.

Мета статті. Дана стаття присвячена розробці та дослідженню моделі системи розпізнавання автономерів. Для досягнення поставленої мети поставлені наступні задачі: проведено вибір методів та алгоритмів для вирішення завдання розпізнавання автономерів, розроблено власну модель системи розпізнавання автономерів та досліджено розроблену систему розпізнавання автономерів.

Основна частина

Перед розглядом основних задач дослідження було розглянуто специфіку задач та умов функціонування системи розпізнавання автономерів в Україні. Особливостями функціонування таких систем в сучасних умовах є ймовірні недостатнє освітлення, наявність забруднень та великі геометричні спотворення пластин автономерів на зображеннях, що вимагає великих обчислювальних потужностей і особливих алгоритмів обробки [4, 5]. Детально було розглянуто особливості побудови та функціонування апаратних та програмних систем розпізнавання автономерів. Запропонована структурна схема системи розпізнавання номерів (рис. 1), яка повністю визначається основними етапами автоматичного розпізнавання [5].

Підсистема попередньої обробки необхідна підготовки зображення до розпізнавання (ми застосували фільтрацію високочастотних шумів на базі медіанної фільтрації та гаусове розмиття, після чого еквалізація гістограми для розширення можливого динамічного діапазону вхідних зображень. Для таких перетворень використали функції, що входять до складу бібліотеки OpenCV [6, 7].

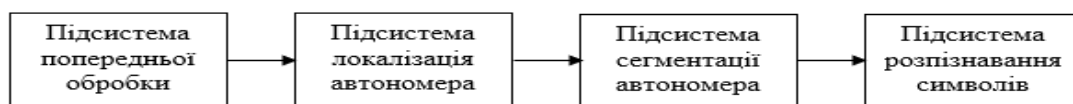


Рис. 1. Структурна схема системи розпізнавання автономерів

Знаходження об'єктів на зображенні або в відеопотоці – це завдання з області комп'ютерного зору, яка вирішується різними підходами, але найчастіше за допомогою, так званих, згорткових нейронних мереж [8-10]. Нам потрібно знайти не просто область на фотозображенні в якій зустрічається шуканий об'єкт (номерна пластина), але і відокремити усі його точки від інших об'єктів або фону. Цей різновид завдань називається «Instance Segmentation». Із сучасних архітектур згорткових мереж для задач сегментації часто використовують: U-Net або Mask R-CNN. Ми вибрали Mask R-CNN [11-13] (рис. 2).

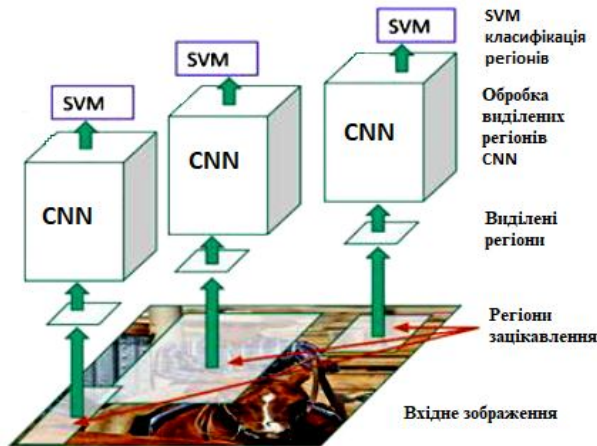


Рис. 2. Пояснення принципу локалізації номера та його сегментації нейромережею Mask R-CNN

На першому етапі вхідне зображення довільним чином розбивається на множину регіонів зацікавлення, які поступають на входи згорткових мереж (CNN, Convolution Neural Networks), які вирішують завдання місцезнаходження автономера на вхідному зображенні та формує на виході багатовимірний вектор ознак (4096 у нашому випадку). Отримані вектори ознак поступають на вхід класифікатора SVM (support vector machine,), лінійних класифікаторів на базі методу опорних векторів [14-16]. На виході Mask R-CNN нейромережі отримуємо місцеположення пластини автономера на фотозображенні автомобіля (рис. 3).



Рис. 3. Виділене коліром місцеположення пластини автономера на фотозображенні автомобіля

Далі – щоб нормалізувати область з номерним знаком (привести його в такий вид, при якому розпізнавання тексту буде можливим). Основну частину по «вирівнювання» тексту для подальшого розпізнавання робить алгоритм перспективної трансформації з бібліотеки OpenCV, але в той же час досить нелінійної є завдання визначення «опорних» точок, які подаються на вхід цього алгоритму. Перед класифікацією номерного знаку його потрібно «вирізати» із зображення і нормалізувати, іншими словами по максимуму прибрати всі спотворення і отримати акуратний прямокутник, який буде піддаватися подальшому аналізу. На наступному етапі проводимо перетворення чотирикутної області в прямокутну, тобто деформованої проєкційними спотвореннями чотирикутної області в прямокутну. Текст номера автомобіля розташований під деяким кутом щодо основного зображення, в зв'язку з цим пропонується використовувати афінні перетворення чотирикутної області в прямокутну. Останнє можна здійснити при використанні формул перетворення точки з однієї двомірної площини xu в іншу $x'u$ [5]:

$$x' = \frac{a \cdot x + b \cdot y + c}{g \cdot x + h \cdot y + 1}, \quad y' = \frac{d \cdot x + e \cdot y + f}{g \cdot x + h \cdot y + 1}, \quad (1)$$

де a, b, c, d, e, f, g, h – коефіцієнти перетворення.

Знаючи координати 4-х точок області яка перетворюється, а також координати 4-х точок прямокутної області, представлені на рис. 4, підставляємо їх у формулу (1), отримуємо з кожної пари точок по два рівняння, таким чином, з 4-х пар точок виходить 8 рівнянь з 8-ма невідомими. Вирішуючи цю систему, отримуємо шукані коефіцієнти a, b, c, d, e, f, g, h . Підставляємо їх в (1) і отримуємо формули для перетворення чотирикутної області в прямокутну.

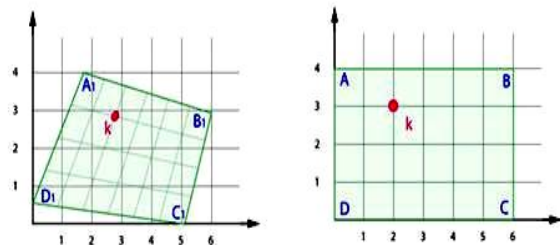


Рис. 4. Пояснення процесу перетворення довільної чотирикутної області номера в прямокутну

На рис. 5 представлений результат перетворення фрагмента зображення автономера з певними вершинами чотирикутної області, що обмежують область, що відповідає номеру транспортного засобу, в прямокутну область, придатну для подальшої сегментації і розпізнавання одиночних символів.



Рис. 5. Результат перетворення фрагмента зображення автономера у прямокутну область, придатну для подальшої сегментації і розпізнавання одиночних символів

Ще один інструмент, який використовуємо – це бібліотека з розпізнавання текстів, яка б могла працювати з різними мовами і яку можна легко налаштувати під специфіку автономерів, які ми будемо розпізнавати. Застосовуємо бібліотеку Tesseract від Google [16-18]. Подаючи на її вхід оброблене прямокутне зображення номеру – отримуємо розпізнані букви і цифри номеру AX0763AH.

У підсумку, було побудовано модель системи розпізнавання автономерів.

У ході дослідження було отримано обмеження розробленої моделі: розрізнення фото повинно бути не менше 300x300, максимальна роздільна здатність обмежується продуктивністю комп'ютера (при використанні GPU Nvidia, то при розрізненні вхідного зображення 1920x1080 точок розпізнавання займе часу близько 500 ms / зображення, тоді як на звичайному CPU будуть одиниці-десятки секунд на одне зображення); імовірність розпізнавання дорівнює майже 1, якщо розмір знайденого номерного знаку на зображенні по вертикалі має 32 і більше точок, межі номера знаходяться навіть при сильному повороті (до 70 градус), розмите або зашумлене зображення буде розпізнаватися набагато гірше.

Для зменшення часу розпізнавання номеру автомобіля розроблену систему було розгорнуто на сторонньому сервері (Montreal data centers) із такими базовими характеристиками: два процесори Intel

(R) Xeon (R) CPU E5-2630 v4 @ 2.20GHz; оперативна пам'ять – 128GB; жорсткий диск – два SSD 1.9TB в апаратному рейді; мережеві характеристики – два порти по 100 Mbps.

Оцінка якості роботи системи розпізнавання автономера проводиться на тестовій вибірці. У якості критерію ефективності було обрано оцінку ймовірності правильного розпізнавання всіх символів автономеру P_{np} , яка оцінювалася за формулою [17] (2):

$$P_{np} = n_{npX} / N_X, \quad (2)$$

де n_{npX} – кількість правильно розпізнаних автомобільних номерів на зображеннях з вибраним кутом зйомки X ; N_X – загальна кількість зображень з вибраним кутом зйомки X ; X – кут зйомки фотозображення автомобіля (у градусах).

Порівняння якості розпізнавання автономера проводилося у співвідношенні до програми SeeAuto.USA [19].

На рис. 6 представлено отриману залежність оцінки ймовірності правильного розпізнавання всіх символів автономеру P_{np} для розробленої системи та програми SeeAuto.USA на тестовій вибірці (складалася з 800 фотозображень автомобілів, по 100 зображень для кутів зйомки 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70) градусів. Результуюча якість класифікації досліджуваної системи склала 96 відсотків для кутів зйомки менше 63 градусів.

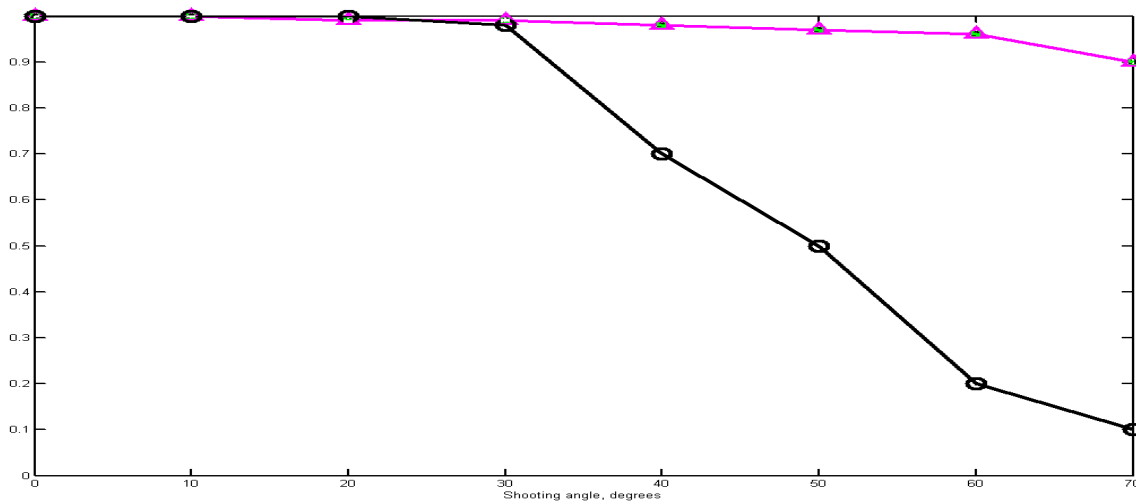


Рис. 6. Графік оцінки ймовірності правильного розпізнавання всіх символів автономеру P_{np} для досліджуваної системи та програми SeeAuto.USA

Представлені результати показують, що розроблена система розпізнавання автономерів має значно кращі характеристики якості від програми SeeAuto.USA для великих значень кута зйомки номерної пластини автономера (понад 30 градусів), на малих значеннях кутів зйомки характеристики систем майже співпадають.

При куті зйомки понад 70 градусів ймовірність правильного розпізнавання менше ніж 0,9.

Висновки

В статті наведені модель та досліджено ефективність розробленої моделі нейромережевої систе-

ми розпізнавання автономерів. Застосовані технології дозволили організувати процес розпізнавання номерного знаку автомобіля на віддаленому сервері.

Для покращення показників якості було використано сучасну модель нейромережі сегментації та детектування об'єктів Mask R-CNN, навчену на великій кількості реальних зображень автомобілів, що підтверджується отриманими результатами у співставленні із існуючими сучасними рішеннями.

Результати дослідження можуть бути застосовані при розробці нових, та модифікації існуючих систем розпізнавання номерів транспортних засобів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers (OICA). [Електронний ресурс] Режим доступу: www.oica.net/wp-content/uploads//Total_in-use-All-Vehicles.xlsx.
2. Кийко В.М. Локализация и распознавание автомобильных номеров на изображениях / В.М. Кийко // Управляющие системы и машины. – 2017. – № 6. – С. 26-40. – doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2017.06.026>.
3. Любченко Н.Ю. Метод автоматизированной идентификации автомобильных номеров на основе обработки одноразовых изображений / Н.Ю. Любченко, А.А. Наконечный, А.О. Подорожняк // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – Харків: ХНАДУ. – Вип. 61-62 – 2013. – С. 292-295.
4. ДСТУ 4278:2019 Дорожній транспорт. Знаки номерні транспортних засобів. Загальні вимоги. Чинний від 16.03.2020. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2020. – 31 с.
5. Liubchenko N. Automation of vehicle plate numbers identification on one-aspect images / N. Liubchenko, O. Nakonechnyi, A. Podorozhniak, H. Siulieva // Advanced Information Systems. – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2018 – Vol.2, N.1. – pp. 52 – 55. – doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.10>.
6. Szeliski R. Computer Vision. Algorithms and Applications / R. Szeliski. – London: Springer -Verlag, 2011. – 812 p. – doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0>.
7. Rosebrock A. OpenCV: Automatic License/Number Plate Recognition (ANPR) with Python. [Електр. ресурс] Режим доступу: <https://www.pyimagesearch.com/2020/09/21/opencv-automatic-license-number-plate-recognition-anpr-with-python/>.
8. LeCun, Y. Convolutional Networks and Applications in Vision / Y. LeCun, K. Kavukcuoglu, C. Farabet // Proceedings of 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'10), IEEE, Paris, 2010, pp. 253–256. – doi: <https://doi.org/10.1109/ISCAS.2010.5537907>.
9. Podorozhniak A. Neural network approach for multispectral image processing / A. Podorozhniak, N. Liubchenko, O. Balenko, D. Zhuikov // 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET 2018) February 20 – 24, 2018. – Lviv-Slavske, Ukraine: proc. – Lviv, 2018. – P. 978-981. – doi: <https://doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336357>.
10. Li H. Toward end-to-end car license plate detection and recognition with deep neural networks / H. Li, P. Wang, C. Shen // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2019. – Vol. 20, Is. 3. – pp. 2351–2363. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2639020>.
11. Abdulla W. Mask R-CNN for object detection and instance segmentation on keras and tensorflow / W. Abdulla. – 2017. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://github.com/matterport/Mask_RCNN.
12. Uijlings J.R.R. Selective Search for Object Recognition / J.R.R. Uijlings, K.E.A. van de Sande, T. Gevers, A.W.M. Smeulders // International Journal of Computer Vision. – 2013. – Is. 104. – pp. 154–171. doi: <https://doi.org/10.1007/s11263-013-0620-5>.
13. Girshick R. Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation / R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2016. – Vol. 38, Is. 1. – pp. 142–158. doi: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2015.2437384>.
14. Святюк Д.Р. Застосування згорткових нейронних мереж для безпеки розпізнавання об'єктів у відеопотоці / Д.Р. Святюк, О.Р. Святюк, О.І. Белей // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2020. – № 4 (8). – С. 97-112. – doi: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2020.8.97112>.
15. Selmi Z. DELP-DAR system for license plate detection and recognition / Zied Selmi, Mohamed Ben Halima, UmapadaPal, M. Adel Alimi // Pattern Recognition Letters. – 2020 – Vol. 129, pp. 213-223. – doi: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2019.11.007>.
16. Распознавание номеров. Практическое пос. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/432444/>.
17. Томилов А.А. Обзор средств распознавания государственного регистрационного знака автомобиля / А.А. Томилов // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и автоматизация управления». – Омск: ОГТУ. – 2019. – С. 320-326.
18. Bulan O. Segmentation-and annotation-free license plate recognition with deep localization and failure identification / O. Bulan, V. Kozitsky, P. Ramesh; M. Shreve // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2017. – Vol. 18, Is. 9. – pp. 2351–2363. doi: <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2639020>.
19. Контролируй парковку с SeeAuto. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ff-group.org/> контролируй-парковку-с-seeauto.

Received (Надійшла) 01.10.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 11.11.2020

Neural network system for license plates recognizing

A. Podorozhniak, N. Liubchenko, H. Heiko

Abstract. The subject of this research is the neural network system of identification of car license plates on images obtained by means of video recording means. The purpose of this work is to ensure the process of recognition of license plates of vehicles in a wide range of changing angles of observation and light levels. The task is to study the neural network system for recognizing license plates on images obtained by means of video recording in a wide range of changes in the angles of observation and light levels. The analysis of problems of methods and algorithms of automated recognition license plates of cars has shown that it is most perspective to use neural network algorithms which are adjusted to change of conditions of supervision of means of traffic control. The solution to the problem of recognizing car license plates can be presented in the form of a number of subtasks, which include primary image processing, detection of the area of the license plate in the image, character segmentation and character recognition. Conclusions: the proposed neural network system for license plate recognition, which allows you to search for text areas at any angle in different lighting conditions. The system allows you to recognize car license plates in a wide range of changes in distance to the car, viewing angles and light levels.

Keywords: measuring system, temperature measurement, microprocessor meter, data processing.