

В.О. Шевченко¹, В.М. Бредіхін¹, Т.С. Сенчук¹, В.І. Вербицька²

¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ НОМЕРІВ

У статті представлені результати дослідження методів автоматичного розпізнавання автомобільних номерів. Показано, що ефективний підхід може бути заснований на застосуванні методів Віюлі – Джонса, Харра, аналізу гістограм яркостей і методу SVM. Описаний підхід дозволяє одержати досить високу точність розпізнавання при різних кутах повороту автомобільного номера щодо камери.

Ключові слова: автоматичне розпізнавання, автомобільні номери, локалізація, нормалізація, сегментація, розпізнавання символів.

Постановка проблеми

Автоматичне розпізнавання автомобільних номерів (ANPR) — це здатність автоматично виділяти символи номерного знаку автомобіля з зображення з камер відеоспостереження для подальшої обробки системою безпеки [1]. Системи автоматичного розпізнавання автомобільних номерів дозволяють контролювати наявність автомобілів у зоні обслуговування, визначати час обслуговування автомобілів клієнтів, кількість вільних місць на паркуванні, фіксувати час перебування автомобіля в конкретній зоні, організувати автоматичний в'їзд і виїзд автомобілів і т.д. Крім того, можливість автоматичного розпізнавання номера автомобіля є важливим аспектом контролю і забезпечення безпеки дорожнього руху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема автоматичного розпізнавання автомобільних номерів на цифрових зображеннях і відео знаходиться в центрі уваги багатьох дослідників, серед яких автори вважають виділити . Сомаліна С., Рана Д. [2], Ней Хет Діна та ін. [3], Лубна Л., Навід М., Заел С. [4], Шумейка А, Веремейченка Н, Шевченка Г. [5], але, як і раніше, є актуальною через відсутність достатньої для багатьох прикладних програмно-апаратних систем ефективності вирішення задачі розпізнавання.

Алгоритми розпізнавання номерних знаків в таких системах повинні бути стійкими до недоліків зображень номерних пластин, викликаних: різною швидкістю руху транспортних засобів, розташуванням камери щодо номерного знаку транспортного засобу, дефектами пластини

автомобільного номера (забруднення, деформація), а також змінами в умовах зовнішнього освітлення.

Мета статті

Метою даної роботи є порівняння сучасних методів що використовуються для автоматичного розпізнавання номерних знаків.

Виклад основного матеріалу дослідження

В основі автоматичного розпізнавання автомобільних номерів лежать наступні процедури [4]:

- а) локалізація;
- б) нормалізація;
- в) сегментація;
- г) розпізнавання;
- д) синтаксичний аналіз.

Перша процедура призначена для виявлення і локалізації на зображенні області з реєстраційним номером автомобіля. Далі знайдена область вирізається з вихідного зображення і розглядається окремо.

Нормалізація полягає в приведенні розмірів і орієнтації отриманого на попередньому кроці зображення з номером до необхідного виду завдяки геометричним перетворенням, зниженню рівня шуму, зміні яркості та контрасту.

Процедура сегментації забезпечує поділ зображення на знакоміста, тобто виділення областей окремих символів.

Процедура розпізнавання призначена для формування рядка символів автомобільного номеру.

Процедура синтаксичного аналізу виконується для визначення елементів рядка, що містить символи номера. Дані елементи можуть відрізнитись

згідно стандартів країн реєстрації автотранспортних засобів.

Для локалізації області номера на зображенні застосовуються різні алгоритми. Здебільшого вони базуються на бінарзації, виділенні контурів, морфологічній обробці зображень. При цьому вихідне кольорове зображення перетворюється в півтонову форму. Бінарзація зображень полягає в поділі всіх пікселів півтонового зображення по яскравості на два класи – об'єкт і фон. У системах автоматичного розпізнавання номерів можуть застосовуватися як методи глобальної, так і локальної бінарзації зображень. Однак адаптивні підходи є більш кращими через можливість компенсації впливу перешкод на різні ділянки зображення, наприклад, розподіл тіней через неоднорідність висвітлення. Разом з бінарзацією може також застосовуватися виділення контурів [5]. Для усунення дрібних деталей і розривів часто застосовуються морфологічні методи обробки зображень. У результаті зазначених процедур формуються зв'язані послідовності точок бінарного зображення – контури. На заключному етапі процедури локалізації визначається, який з отриманих контурів є межею області автомобільного номера.

Альтернативний підхід для локалізації області автомобільного номера на зображенні базується на методі Віюлі–Джонса [6]. Вказаний метод є одним з найвідоміших методів пошуку об'єктів на зображенні в реальному часі, оскільки дозволяє знаходити область номера в складних і нетипових умовах. Він заснований на застосуванні набору ознак Хаара. Ознака Хаара складається із суміжних прямокутних областей, які позиціонуються на зображенні, далі відбувається підсумовування інтенсивності пікселів в областях, потім між сумами обчислюється різниця. На етапі виявлення заданої області використовується вікно певного розміру, яке рухається по зображенню. Ознака Хаара розраховується для кожної області зображення, над якою проходить вікно. Наявність або відсутність предмета у вікні визначається різницею між значенням ознаки та навченим порогом. Високу точність виявлення заданих об'єктів на зображенні забезпечує каскадний класифікатор.

Підходи, засновані на аналізі контурів, дозволяють знаходити номер різного розміру і під різним нахилом. Однак у них є деякі недоліки:

- а) на зображенні автомобіля може бути багато прямокутних об'єктів, схожих своїми обрисами на автомобільний номер;
- б) відносно висока трудомісткість обчислень – навіть на зображенні;
- в) вони засновані на аналізі меж номера, що не завжди можливо визначити в реальних умовах.

Наприклад, на зображеннях запилених автомобілів відсутні чітко виражені межі.

Відповідна процедура фактично аналізує область на предмет наявності в ній характерних для номера рис, крапок або градієнтів, виявлених на етапі навчання позитивними і негативними прикладами. При цьому, використовуючи деякі відомі співвідношення, які можуть ще більше підвищити ефективність пошуку. Наприклад, початкове значення скануючого вікна можна задати, виходячи з розмірів автомобільного номера 520x115мм.

Недоліком даного підходу є відносно невисокий ступінь інваріантності до викривлень об'єктів на зображеннях.

Після локалізації області зображення з автомобільним номером необхідно сформувати зображення, що містить тільки номер, і виконати його нормалізацію. У найпростішому випадку нормалізація полягає в повороті відповідної прямокутної області таким чином, щоб його орієнтація збігалася з орієнтацією всієї системи координат зображення.

Але, як правило, часто доводиться виконувати обрізання рамки номера по горизонталі та по вертикалі. Крім того, можна виконати фільтрацію з метою шумозаглушення або підвищення контрасту.

Основною умовою для ефективної сегментації є правильне визначення рамки номера на етапі нормалізації, а будь-яке відхилення від реальних габаритів буде сприяти погіршенню сегментації символів номера.

Багато методів у реальних алгоритмах прямо або побічно опираються на наявність меж номера. Навіть якщо межі не використовуються при визначенні номера, то вони мають можливість бути використаними для подальшого аналізу.

Для статистичних алгоритмів складним випадком може виявитися навіть відносно чистий номер у хромованій (світлій) рамці на білій машині, тому що воно трапляється куди рідше брудних номерів і може не зустрітися достатню кількість разів при навчанні.

Як правило, виділена область із номером має порівняно невеликий розмір, містить межі номера, горизонтальні смуги меж бампера та радіаторних ґрат. Тому для визначення кута повороту рамки номера можливо застосувати алгоритм на основі перетворення Харра для ліній [7]. Означений алгоритм полягає в наступному:

- 1) визначаються лінії, довжина яких більше половини ширини пластини номера;
- 2) формується пряма лінія із середніх значень усіх точок отриманих ліній;
- 3) обчислюється кут між отриманою прямою і лінією обрію.

Наступний етап нормалізації полягає в пошуку меж рамки автомобільного номеру. Для цього використовуються гістограми інтенсивності по горизонталі та вертикалі відповідно. Для побудови гістограм необхідно просумувати значення всіх пікселів бінарного зображення по рядках або стовпчиках, потім виділити максимум і відсіяти всі значення, які менші 20% від максимуму.

У такого підходу є істотний мінус – машина по розміру повинна бути порівнянна з розміром кадру, тому що фон може містити написи або інші деталізовані об'єкти.

Для виділення знакоміст на зображенні (сегментації) використовують шаблони [8]. Шаблон можна представити у вигляді зображення темних прямокутників, які відповідають символам на світлому полі, як показано на рис. 1.



Рис. 1. Шаблон розташування символів на номерній пластині автомобіля

Підхід заснований на побудові горизонтальної проекції середньої інтенсивності і зводиться до того, що обчислюється середня інтенсивність у кожному стовпці зображення номеру та визначаються стовпці, у яких середня інтенсивність значно відрізняється від граничного значення (рис. 2) [9].



Рис. 2. Гістограма розподілу яскравості пікселів номерної пластини

Ще один метод базується на проведенні контурного аналізу [10]. Після одержання контурів, які являють собою зв'язані послідовності точок бінарного зображення, визначаються ті з них, які є межами областей символів номеру автомобіля. Це досягається шляхом фільтрації контурів, які задовольняють певним вимогам до співвідношення геометричних характеристик, рис. 3.



Рис. 3. Результат сегментації символів автомобільного номеру

Метод, заснований на використанні шаблонів, дуже простий у реалізації та не вимагає складних операцій, пов'язаних з аналізом зображення для пошуку символів, але для його роботи необхідно точно виділення меж рамки номеру, що в реальних умовах не завжди можливе. Гістограмний аналіз зображення має високу чутливість до шумів і дефектів на зображенні, особливо в проміжках між символами. У результаті цього гістограми можуть не дати можливості виявити яскраво виражені максимуми в проміжках між символами. Сегментація на основі контурного аналізу є менш вимогливою до умов реалізації, оскільки тут використовуються узагальнені геометричні ознаки.

Сформульовані висновки щодо ефективності реалізації кожної з процедур були підтверджені в результаті проведення експериментів з розробленим програмним забезпеченням на мові *python 3* із застосуванням бібліотеки комп'ютерного зору *cv2*. Результати експериментів наведено в табл. 1-3.

Таблиця 1

Розпізнавання номеру при повороті в площині

Кут повороту	-25	-20	-15	-10	0	10	15	20	25
Відсоток правильного розпізнавання	50	82	95	100	100	98	96	79	37

Таблиця 2

Розпізнавання номеру при повороті в просторі по вертикалі

Кут повороту	-70	-60	-40	-20	0	20	40	60	70
Відсоток правильного розпізнавання	53	87	98	98	100	97	98	90	52

Таблиця 3

Розпізнавання номеру при повороті в просторі по горизонталі

Кут повороту	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
Відсоток правильного розпізнавання	63	95	98	100	100	100	99	92	57

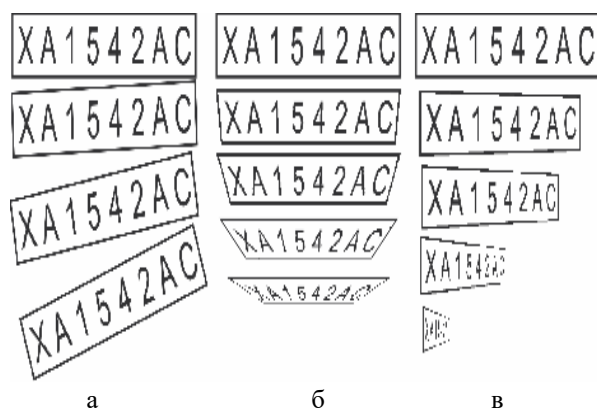


Рис. 4. Повороти площини зображення на площині (а), у просторі по вертикалі (б), у просторі по горизонталі (в)

Висновки

Таким чином, ефективна система автоматичного розпізнавання автомобільних номерів може бути побудована на основі методу Віюлі – Джонса для локалізації області номера на зображенні, методів Хаара і аналізу гістограм яркостей пікселів для нормалізації контурного аналізу для сегментації та методу SVM для розпізнавання символів.

Розроблені алгоритми, як показав експеримент, дозволили забезпечити розпізнавання автомобільних номерних знаків з точністю не менш 85% при різних кутах повороту.

Література

1. Автоматичне розпізнавання номерного знака [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.upwiki.one/wiki/automatic_number_plate_recognition (дата звернення 17.08.2022)
2. Somalin S., Rana D. (2017) Automatic Car Number Plate Recognition System for Authorization. *Circulation in Computer Science MCSP2017(01)* : 30-34. DOI: <https://doi.org/10.22632/ccs-2017-mcsp036>
3. Nay Htet Lin, Yan Lin Aung, Win Kay Khaing (2017) Automatic Vehicle License Plate Recognition System for Smart Transportation *IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*. DOI: <https://doi.org/10.1109/IOTAIS.2018.8600829>
4. Lubna L., Naveed M., Syed S. (2021) Automatic Number Plate Recognition: A Detailed Survey of Relevant Algorithms. *Sensors* 2021, 3028. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21093028>
5. Шумейко А. Об одном методе построения адаптивной сегментации изображений. [Електронний ресурс] / А. Шумейко, Н. Веремейченко, Г. Шевченко // Інформаційні системи та технології: матеріали статей 9-ї Міжнародної науково-технічної конференції. - Харків, 2020. – Режим доступу: https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/16180/1/IST_2020.pdf (дата звернення 27.08.2022)
6. P. Viola and M.J. Jones, (2014) «Robust real-time face detection». *International. Journal of Computer Vision*, 57, 2, 137–154.
7. OpenCV крок за кроком. Перетворення Хафа

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://robocraft.ru/computervision/502> (дата звернення 27.08.2022)

8. Шаблон автономеру україни в форматі psd [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pastelink.net/i97u> (дата звернення 01.09.2022)

9. Компанов В.О. Нормалізація зображень у системах розпізнавання тексту [Електронний ресурс] / В.О. Компанов // Матеріали V Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 2018, с/ 156-157. – Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii> (дата звернення 07.09.2022)

10. Розпізнавання автомобільних номерів web камерою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bugulma-lada.ru/uk/cat/raspoznvanie-avtomobilnyh-nomerov-web-kameroi-prosmotr-video.html> (дата звернення 08.09.2022)

References

1. Avtomatychnе rozpoznavannia nomernoho znaka URL: https://uk.upwiki.one/wiki/automatic_number_plate_recognition (data zvernennia 17.08.2022)
2. Somalin S., Rana D. (2017) Automatic Car Number Plate Recognition System for Authorization. *Circulation in Computer Science MCSP2017(01)* : 30-34. DOI: <https://doi.org/10.22632/ccs-2017-mcsp036>
3. Nay Htet Lin, Yan Lin Aung, Win Kay Khaing (2017) Automatic Vehicle License Plate Recognition System for Smart Transportation. *IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*. DOI: <https://doi.org/10.1109/IOTAIS.2018.8600829>
4. Lubna L., Naveed M., Syed S. (2021) Automatic Number Plate Recognition: A Detailed Survey of Relevant Algorithms. *Sensors* 2021, 3028. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21093028>
5. A. Shumeiko, N. Veremeichenko, H. Shevchenko (2020) Ob odnom metode postroyeniya adaptivnoi sehmentatsyy yzobrazhenyi. *Informatsiini systemy ta tekhnolohii: materialy statei 9-yi Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii*, URL: https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/16180/1/IST_2020.pdf (data zvernennia 27.08.2022)
6. P. Viola and M.J. Jones, (2014) «Robust real-time face detection». *International. Journal of Computer Vision*, 57, 2, 137–154.
7. OpenCV krok za krokom. Peretvorennia Khafa URL: <https://robocraft.ru/computervision/502> (data zvernennia 27.08.2022)
8. Shablon avtonomeru ukrainy v formati psd URL: <https://pastelink.net/i97u> (data zvernennia 01.09.2022)
9. V.O. Kompanov (2018) Normalizatsiia zobrazhen u systemakh rozpoznavannia tekstu. *Materialy V Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi Internet-konferentsii «Suchasni metody, informatsiine, prohranne ta tekhnichne zabezpechennia system keruvannia orhanizatsiino-tekhnichnymy ta tekhnolohichnymy kompleksamy»*, 156-157. URL: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii> (data zvernennia 07.09.2022)
10. Rozpoznavannia avtomobilnykh nomeriv web kameroiu URL: <https://bugulma-lada.ru/uk/cat/raspoznvanie-avtomobilnyh-nomerov-web-kameroi-prosmotr-video.html> (data zvernennia 08.09.2022)

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Л. Литвинов, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ШЕВЧЕНКО Віктор Олександрович
студент 2 курсу магістратури навчально-наукового інституту енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – viktor.shevchenko@kname.edu.ua

Автор: БРЕДІХІН Володимир Михайлович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – bredixinv@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6063-5046>

Автор: СЕНЧУК Тетяна Сергіївна
ст. викладач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – tetyana.senchuk@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0751-5149>

Автор: ВЕРБИЦЬКА Вікторія Іванівна
кандидат економічних наук, доцент, доцент каф. обліку і оподаткування
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – verbytska67@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7103-6738>

COMPARISON OF METHODS FOR AUTOMATIC LICENSE NUMBER RECOGNITION

V. Shevchenko¹, V. Bredikhin¹, T. Senchuk¹, V. Verbytska²

¹O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The paper is devoted to the problem of automatic detection and recognition of license plates, the solution of which has many potential applications, from security to traffic management. The purpose of this work was to compare the methods of finding and recognizing car number plates, based on the application of deep learning algorithms, which takes into account different regional standards of car number plates, video quality, different speeds of vehicles, the location of the camera in relation to the vehicle license plate, defects of the car number plate (pollution, deformation), as well as changes in external lighting conditions. The advantages and disadvantages of localization and segmentation of car number plates on cars using image binarization, Viola–Jones and Harr methods are given. It was determined that adaptive approaches are better due to the possibility of compensating the impact of obstacles on different areas of the image, for example, the distribution of shadows due to the heterogeneity of illumination. It was determined that many methods in real algorithms rely directly or indirectly on the presence of number limits. Even if the limits are not used when the number is determined, they have the possibility to be used for further analysis. The methods of templates, image histograms, and contour analysis were compared to identify familiar features in the image (segmentation). It is shown that an effective approach for recognition of car license plates can be based on the application of the methods of Viola–Jones, Harr, the analysis of brightness histograms and the SVM method. Formulated conclusions on the effectiveness of the implementation of each of the procedures were confirmed as a result of conducting experiments with the developed software in the python 3 language using the cv2 computer vision library. The described approach makes it possible to obtain a fairly high recognition accuracy at different angles of rotation of the license plate relative to the camera.

Keywords: automatic recognition, license plates, localization, normalization, segmentation, character recognition.