СЕКЦІЯ 6
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.932:656.2

https://doi.org/10.68134/ah.2026-11-20.021

Воротнікова Злата Євгенівна
кандидат технічних наук, доцент, Приазовський державний технічний університет
ORCID: 0000-0002-0746-5981

Левицька Катерина Романівна
студент, Приазовський Державний Технічний Університет

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ ШЛЯХОМ АДАПТИВНОЇ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація. Автоматизація обліку залізничних вагонів за допомогою відеокамер ускладнюється низкою чинників: перепадами освітлення, забрудненням і корозією поверхні, розмиттям у русі та низькою роздільною здатністю кадрів. Оскільки один фіксований алгоритм покращення зображення не здатний однаково ефективно усунути всі типи спотворень, актуальним є розроблення методу адаптивної попередньої обробки залежно від якості конкретного відеокадру. Метою роботи є дослідження впливу методів попередньої обробки зображень на якість автоматизованого розпізнавання номерів залізничних вагонів, а також розроблення підходу до вибору відповідного методу залежно від характеристик вхідного зображення. Пропонується система, у якій для пошуку та вирізання ділянки з номером вагона застосовується нейромережева модель YOLO, а для розпізнавання символів — Tesseract OCR. Між цими етапами розташовується адаптивний модуль попередньої обробки, що обирає спосіб покращення зображення залежно від оцінених характеристик фрагмента: яскравості, контрастності, рівня шуму, чіткості контурів і розміру. Застосування адаптивної попередньої обробки зображень дає змогу не виконувати зайві операції над якісними кадрами та підбирати спосіб покращення відповідно до наявних спотворень, що підвищує точність автоматизованого розпізнавання номерів залізничних вагонів.

Ключові слова: розпізнавання номерів вагонів, адаптивна попередня обробка зображень, YOLO, Tesseract OCR, CLAHE, комп'ютерний зір, залізничний рухомий склад.

Abstract. Automation of railway wagon accounting using video cameras is complicated by a number of factors: lighting variations, surface contamination and corrosion, motion blur, and low frame resolution. Since a single fixed image enhancement algorithm cannot equally effectively eliminate all types of distortions, the development of an adaptive pre-processing method depending on the quality of a specific video frame is relevant. The aim of the work is to study the influence of image pre-processing methods on the quality of automated recognition of railway wagon numbers, as well as to develop an approach to selecting the appropriate method depending on the characteristics of the input image. A system is proposed in which the YOLO neural network model is used to detect and crop the wagon number region, and Tesseract OCR is used for character recognition. Between these stages, an adaptive pre-processing module selects the image enhancement method based on evaluated fragment characteristics: brightness, contrast, noise level, edge sharpness, and fragment size. The application of adaptive image pre-processing makes it possible to avoid unnecessary operations on high-quality frames and to select the enhancement method according to the existing distortions, thereby increasing the accuracy of automated railway wagon number recognition.

Keywords: wagon number recognition, adaptive image pre-processing, YOLO, Tesseract OCR, CLAHE, computer vision, railway rolling stock.

Вступ

Постановка задачі. Автоматизація обліку залізничних вагонів за допомогою відеокамер ускладнюється низкою чинників: перепадами освітлення, забрудненням і корозією поверхні, розмиттям у русі та низькою роздільною здатністю кадрів. Оскільки один фіксований алгоритм покращення зображення не здатний однаково ефективно усунути всі типи спотворень, актуальним є розроблення методу адаптивної попередньої обробки залежно від якості конкретного відеокадру.

Мета і завдання

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження впливу методів попередньої обробки зображень на якість автоматизованого розпізнавання номерів залізничних вагонів, а також розроблення підходу до вибору відповідного методу залежно від характеристик вхідного зображення. Для досягнення цієї мети необхідно розглянути основні чинники, які погіршують якість зображень номерів вагонів, проаналізувати методи усунення їх впливу, визначити послідовність роботи системи розпізнавання, реалізувати базовий варіант без додаткової обробки та порівняти його з варіантами, у яких застосовуються різні методи покращення зображень, а також розробити алгоритм адаптивного вибору обробки та визначити показники оцінки його ефективності.

Результати та обговорення

Результати дослідження. Під час розроблення системи автоматичного розпізнавання необхідно враховувати умови, у яких отримуються зображення вагонів. Однією з поширених проблем є недостатнє або нерівномірне освітлення, а також низька контрастність, коли колір символів майже не відрізняється від кольору поверхні вагона. Важливим чинником є стан самої поверхні: пил, бруд, іржа та механічні пошкодження можуть перекривати частини цифр або створювати додаткові елементи, які заважають розпізнаванню. Також на результат впливають цифрові шуми, розмиття через рух вагона або камери та недостатня кількість пікселів після виділення ділянки номера. Отже, перед розпізнаванням бажано оцінювати стан зображення та за потреби покращувати його [1].

Попередня обробка зображень потрібна для того, щоб зробити символи більш помітними та полегшити роботу алгоритмів комп'ютерного зору [2]. До основних методів попередньої обробки належать:

- Перетворення кольорового зображення у відтінки сірого зменшує обсяг даних і спрощує подальше застосування методів фільтрації та підвищення контрастності [1].
- Метод CLAHE підвищує контрастність локально, тобто для окремих ділянок зображення, що особливо корисно тоді, коли номер освітлений нерівномірно. Водночас надмірне підсилення контрасту може зробити шуми помітнішими, тому параметри методу потрібно підбирати обережно [3].
- Фільтрація (медіанний фільтр та гаусове згладжування) допомагає прибирати окремі завади та зменшувати кількість шумів, проте за сильного впливу може зробити межі цифр менш чіткими [1].
- Адаптивна бінаризація перетворює зображення на чорно-біле з визначенням порогу для окремих ділянок зображення, що корисно за нерівномірного освітлення, але якщо цифри пошкоджені або закриті брудом, може призвести до втрати важливих деталей [2].
- Методи відновлення та підвищення чіткості покращують видимість дрібних деталей за низької роздільної здатності або сильного розмиття, але потребують додаткових обчислювальних ресурсів і можуть створювати штучні деталі [1, 2].

Для дослідження пропонується використовувати систему, у якій процес розпізнавання складається з кількох послідовних етапів. Для пошуку та вирізання ділянки з номером вагона

застосовується нейромережева модель YOLO. Після виділення фрагмента виконується оцінювання його якості за такими характеристиками, як середня яскравість, контрастність, рівень шуму, чіткість контурів і розмір фрагмента. Для розпізнавання символів використовується Tesseract OCR, який аналізує підготовлений фрагмент і формує текстове значення номера з подальшою перевіркою на відповідність установленому формату. Попередня обробка розташовується між етапами роботи YOLO [4] та OCR [5].

Оскільки використання одного методу обробки для всіх зображень не завжди дає хороший результат, доцільно використовувати адаптивний підхід, за якого метод обробки вибирається залежно від стану конкретного зображення. Якщо якість зображення достатня, фрагмент одразу передається до OCR. Якщо виявлено низьку контрастність, застосовується CLAHE; за наявності помітних шумів працює фільтрація; за нерівномірного освітлення задіємо адаптивну бінаризацію; для фрагментів із недостатньою роздільною здатністю або розмиттям використовуються методи підвищення роздільної здатності та відновлення чіткості. Загальну послідовність роботи такого підходу продемонстровано на рис. 1.

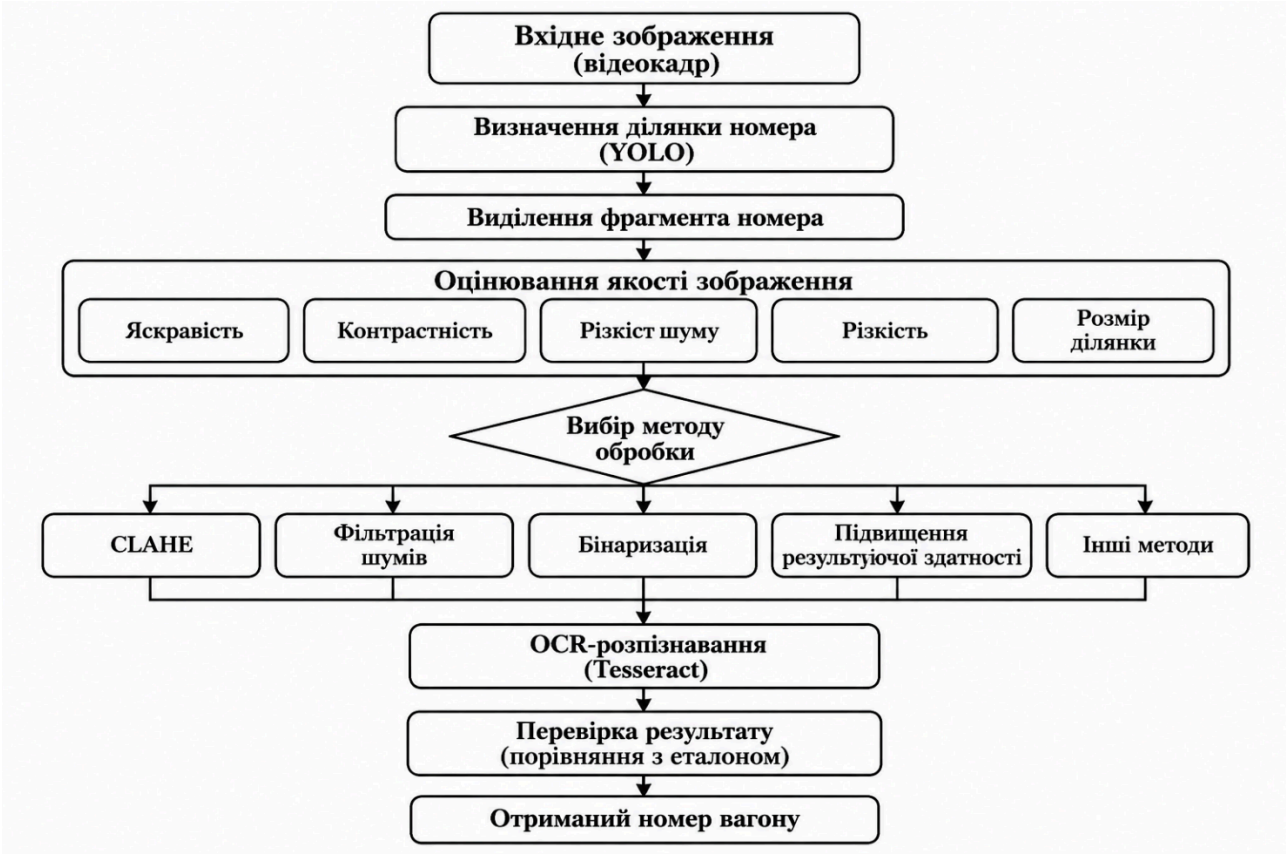

Рис. 1. Узагальнена схема роботи системи автоматизованого розпізнавання номерів залізничних вагонів з адаптивною попередньою обробкою зображень.

Запропонований підхід також передбачає можливість відмови від автоматичного розпізнавання, якщо зображення має надто низьку якість (наприклад, за сильного розмиття або значного пошкодження символів), що краще, ніж виводити результат із суттєвими помилками.

Для перевірки ефективності підходу сформовано методику експериментального дослідження на наборі зображень залізничних вагонів, отриманих у різних умовах, із заздалегідь записаними еталонними номерами. Спочатку виконується базове розпізнавання без попередньої обробки, далі окремо перевіряється вплив CLAHE, фільтрації шумів, адаптивної бінаризації та їх комбінацій, а на завершальному етапі йде робота адаптивного алгоритму. Оцінювання результатів здійснюється за точністю розпізнавання окремих символів, точністю

розпізнавання повного номера, рівнем помилок CER та часом обробки одного зображення. Програмна реалізація системи базується на мові програмування Python, бібліотеці OpenCV, моделі YOLO [4] та Tesseract OCR [5] у середовищі Google Colab.

Висновки

Висновки та перспективи. Застосування адаптивної попередньої обробки зображень дає змогу не виконувати зайві операції над якісними кадрами та підбирати спосіб покращення відповідно до наявних спотворень, що підвищує точність автоматизованого розпізнавання номерів залізничних вагонів. Практичне значення роботи полягає в можливості використання розробленого модуля попередньої обробки як частини програмної системи автоматизованого контролю залізничного рухомого складу між системою виявлення номера та засобом розпізнавання символів.

Перспективою подальших досліджень є проведення порівняльних експериментів зі штучно зміненими характеристиками освітленості, шуму та розмиття, побудова порівняльних таблиць і графіків точності та швидкодії, а також впровадження системи для автоматичного збору номерів вагонів під час проходження рухомого складу через контрольні ділянки.

Список використаних джерел

1. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. Pearson. 2018.

2. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer. 2022.

3. Zuiderveld K. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. Graphics Gems IV. Academic Press. 1994. P. 474–485. DOI: 10.1016/b978-0-12-336156-1.50061-6

4. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. P. 779–788. DOI: 10.1109/cvpr.2016.91

5. Smith R. An Overview of the Tesseract OCR Engine. Proceedings of the Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). 2007. P. 629–633. DOI: 10.1109/icdar.2007.4376991