

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ МІСЦЬ ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розроблено комп'ютерну систему моніторингу місць паркування автомобілів на основі нейронної мережі. Система дозволяє ефективно відслідковувати стан зайнятості місць паркування, що надає можливість більш передбачувано реалізовувати їх контроль.

Ключові слова: згорткові нейронні мережі, розпізнавання, камери відеоспостереження

Abstract

The paper develops a computer system for monitoring parking spaces based on a neural network. The system allows for effective tracking of parking space occupancy, enabling more predictable utilization of these spaces.

Keywords: convolutional neural networks, recognition, video surveillance cameras

Вступ

Швидке зростання населення в містах та зростання рівня автомобілізації призводять до значних викликів в управлінні транспортною інфраструктурою. Однією з найгостріших проблем є пошук вільних місць паркування, що безпосередньо спричиняє затори, збільшує викиди шкідливих речовин та завдає економічних збитків як для бізнесу, так і для індивідуальних користувачів [1]. Традиційні методи моніторингу місць паркування часто вимагають високоякісного в обслуговуванні обладнання, тому використання камер відеоспостереження та засобів розпізнавання може бути перспективним напрямом розвитку технології.

Основна частина

Реалізацію системи моніторингу місць паркування можна розділити на два основних функціональних блоки: розпізнавання та локалізація автомобіля в кадрі та аналізу стану зайнятості місця паркування. У першому блоці здійснюється визначення автомобіля та його локалізація в кадрі, в другому блоці відбувається визначення його положення відносно місця паркування [2].

Архітектура системи складається із таких модулів: модуль захоплення кадру відповідає за отримання кадрів зображення, модуль попередньої обробки кадру та модуль візуалізації. Отримання кадру реалізується за допомогою бібліотеки OpenCV з підтримкою декількох джерел вхідного сигналу, включаючи USB-камери, IP-камери з потоками RTSP та відеофайли, що дозволяє налаштувати відповідні параметри. Це дозволяє отримувати та відображати властивості відео, включаючи роздільну здатність і частоту кадрів. Попередня обробка включає в себе формування розміру вхідного кадру відповідно до очікуваного нейронною мережею. Для забезпечення високої продуктивності та обробки в режимі реального часу, виконання основних обчислювальних задач здійснюється на апаратній платформі з підтримкою графічних прискорювачів, що є критично важливим для швидкодії системи.

В контексті підвищення точності локалізації транспортних засобів, особливо на щільно заповнених або діагональних місцях паркування, розглядається впровадження механізму орієнтованих обмежувальних рамок (Oriented Bounding Boxes, OBB). На відміну від стандартних горизонтальних (Axis-Aligned) рамок, OBB використовують обернені прямокутники для більш точного охоплення автомобіля, мінімізуючи площу фону всередині рамки. Це дозволяє суттєво зменшити похибку при визначенні центральної точки автомобіля, оскільки рамка тісніше прилягає до об'єкта, що

безпосередньо покращує точність подальшого аналізу зайнятості.

Для реалізації функціоналу розпізнавання та локалізації обмежувальними рамками було використано попередньо навчену модель нейронної мережі YOLOv11, яка є одноступеневою, тобто здатна обробляти все зображення в один прохід. Процес локалізації в даній архітектурі базується на регресійному підході, де вхідне зображення розбивається на сітку, і для кожної комірки мережа прогнозує координати обмежувальної рамки (x, y, ширина, висота) та оцінку впевненості належності об'єкта до класу «автомобіль». Оскільки на паркінгах транспортні засоби часто розміщені щільно один до одного, система застосовує алгоритм придушення немаксимальних значень. Цей алгоритм фільтрує дубльовані рамки, залишаючи для кожного автомобіля лише одну рамку з найвищою визначеною ймовірністю. Це дозволяє бути такій мережі наочі швидше за двоступеневі мережі типу R-CNN, що є важливим критерієм для систем, що працюють в режимі реального часу на комп'ютерному пристрої [3].

Аналіз стану місця паркування відбувається методом перевірки центральної точки транспортного засобу у межі визначеної зони паркування. Для кожної зони паркування система перетворює координати зони в багатокутник і перевіряє центральну точку кожного транспортного засобу щодо цього багатокутника за допомогою функції геометричного тестування OpenCV.[4]. Якщо центральна точка транспортного засобу знаходиться всередині або на краю багатокутника місця паркування, ця зона позначається як зайнята. Алгоритм припиняє перевірку додаткових транспортних засобів для місця після підтвердження зайнятості конкретного місця, оптимізуючи продуктивність за рахунок зменшення непотрібних обчислень. Модуль візуалізації відображає відомості про стан місця паркування: обмежувальні рамки навколо автомобілів та багатокутники місць паркування, що динамічно змінюють колір (наприклад, зелений/червоний) залежно від визначеного статусу зайнятості.

З використанням набору даних PKLot було проведено навчання нейронної мережі. Для цього набір даних було розділено на навчальний та валідаційний, та проведено навчання з застосуванням методу оберненого поширення помилки. Як функція втрат використовувалася комбінація, що включала втрату локалізації (для точності рамок), втрату достовірності (для оцінки наявності об'єкта) та втрату класифікації (для визначення класу). Оптимізатор Adam був використаний для коригування ваг мережі з адаптивним темпом навчання.

Запропонований підхід може бути використаний у комп'ютерних системах моніторингу місць паркування автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Reforming off-street parking is the key to fewer emissions and more livable cities. Institute for Transportation and Development Policy. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itdp.org/2023/09/12/reforming-off-street-parking-fewer-emissions-livable-cities/>
2. Abdul Rani W. N. H. B., Fadzil L. M. Object detection algorithms for parking detection - survey. International journal of electrical and electronics engineering. 2024. Т. 11, № 4. С. 167–174. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.14445/23488379/ijeee-v11i4p118>.
3. Muthulakshmi R., Anusha K., Divyatharshni M. A comparative analysis of SSD, mask R-CNN and yolo for object detection. Tijer. 2024. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tijer.org/tijer/papers/TIJERC001183.pdf>.
4. Ji A., Ma X. Vehicle detection and classification for traffic management and autonomous systems using YOLOv10. Alexandria engineering journal. 2025. Т. 127. С. 804–816. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.06.049>.

Лучко Євген Миколайович — студент групи 2KI-24м, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: eweismann03@gmail.com

Мартинюк Тетяна Борисівна — доктор технічних наук, професор кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Очкуров Микола Андрійович — старший викладач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Luchko Yevhen M. — student of the 2KI-24m group, faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: eweismann03@gmail.com

Martyniuk Tetiana B. — Dr. Sc. (Eng), Professor of department of the computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Ochkurov Mykola A. — Senior lecturer of department of the computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.