

Поперешняк С. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інформатики та програмної інженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-0531-9809

Чорнобривець Д. В., студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0009-0006-3647-93181

ПІДХІД ДО ВИЯВЛЕННЯ ДОСТУПНОСТІ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Зростання кількості транспортних засобів у міських районах створює значний тиск на інфраструктуру та загострює проблему нестачі паркувальних місць. Традиційні методи управління паркуванням часто не адаптуються до динамічного попиту та не забезпечують оновлення в режимі реального часу, тоді як існуючі рішення на основі датчиків є дорогими в установці та обслуговуванні. У цій статті представлено підхід на основі зору для виявлення доступності паркувальних місць у режимі реального часу, використовуючи досягнення комп'ютерного зору та технологій глибокого навчання.

Розроблена система інтегрує модель виявлення транспортних засобів на основі YOLO з аналізом геометричної області інтересу (ROI) для точного визначення статусів зайнятості паркувальних місць з відеопотоків. Гнучкий графічний інтерфейс користувача (GUI) був розроблений за допомогою PySide6 для візуалізації статусів паркування, підтримки інтерактивного управління паркувальним місцем та забезпечення динамічного налаштування через файли YAML.

Експериментальна перевірка на тестових наборах відеоданих продемонструвала ефективність системи у виявленні транспортних засобів у режимі реального часу, динамічній візуалізації доступності паркувальних місць та зручній адаптації до різноманітної геометрії паркувальних майданчиків.

Запропоноване рішення підвищує ефективність управління міськими паркувальним простором, скорочує час пошуку транспортних засобів, зменшує вплив на навколишнє середовище та закладає основу для майбутніх розширень, включаючи інтеграцію із системами бронювання, платіжними платформами та модулями розпізнавання номерних знаків. Модульна архітектура системи забезпечує масштабованість та застосовність до ініціатив «розумного міста», спрямованих на сталий міський рух.

Ключові слова: комп'ютерний зір, паркування, розпізнавання зображень, інтелектуальні транспортні системи, машинне навчання, відеоаналітика, міська інфраструктура, Інтернет всього, розумне місто.

Popereshnyak S. V., Chornobryvets D. V. A Computer Vision-Based Approach to Parking Space Availability Detection

The increasing number of vehicles in urban areas places significant pressure on infrastructure, exacerbating the problem of parking space shortages and causing congestion, elevated air pollution levels, and significant time losses for drivers searching for available spaces. In central areas of large cities, the inefficient distribution and utilization of parking resources is particularly critical. Traditional parking management methods often fail to address dynamic demand fluctuations and lack capabilities for real-time information updates. Moreover, existing sensor-based solutions are associated with high installation and maintenance costs, limiting their scalability and adoption.

To address these challenges, this paper presents a vision-based approach for real-time parking space availability detection, utilizing modern computer vision and deep learning technologies. The developed system leverages a pretrained YOLO (You Only Look Once) model, adapted and optimized for the detection of vehicles within parking environments based on live video streams. For accurate space monitoring, a geometric analysis of predefined regions of interest (ROIs) is implemented to match detected vehicles to specific parking spots and determine their occupancy status.

A flexible, user-friendly graphical user interface (GUI) has been developed using the PySide6 framework, providing real-time visualization of parking status, dynamic highlighting of available or occupied spaces, and interactive features for space assignment and guidance. An integrated ROI editor allows administrators to define and adjust parking layouts directly within the interface, facilitating rapid deployment and adaptation across various parking facility geometries. Configuration management via YAML files ensures system flexibility, supporting adjustable detection thresholds, resource paths, and modular scalability.

The system has been validated on test video datasets, demonstrating robust performance in detecting vehicles under different lighting and environmental conditions. It provides accurate, dynamic updates of parking space availability, significantly

reducing the time drivers spend searching for parking, improving traffic flow, and contributing to the reduction of fuel consumption and associated emissions.

The proposed approach advances the automation of urban parking management, aligning with the broader Smart City initiatives focused on enhancing the sustainability and livability of urban spaces. Furthermore, the modular architecture of the developed platform allows future extensions, including the integration of reservation systems, payment processing, license plate recognition (LPR) modules, and advanced analytics for predictive occupancy modeling.

The vision-based solution offers a cost-effective, scalable, and flexible alternative to traditional parking monitoring systems, positioning itself as a promising technological foundation for next-generation intelligent parking infrastructures.

Key words: computer vision, parking, image recognition, intelligent transportation systems, machine learning, video analytics, urban infrastructure, Internet of Everything, smart city.

Постановка проблеми. Станом на 2025 рік безперервна урбанізація та зростання кількості транспортних засобів, зокрема в містах України, істотно загострили проблему паркування, перетворивши її на один із ключових викликів сучасної міської мобільності. Нестача паркувальних місць, неефективне використання наявного простору, затори та тривалий час, витрачений водіями на пошук вільних місць, стали глобальними проблемами. Це призводить не лише до індивідуальних незручностей і підвищення рівня стресу серед водіїв, але й спричиняє серйозні соціально-економічні та екологічні наслідки: перевитрату пального, зростання викидів шкідливих речовин в атмосферу, поглиблення транспортних заторів і зниження загальної якості міського життя.

Традиційні методи управління паркувальним простором, що базуються на фізичному огляді або використанні окремих датчиків для кожного паркомісця, часто є неефективними, трудомісткими, дорогими в установці та обслуговуванні й не завжди забезпечують актуальну інформацію про заповненість паркінгу в реальному часі.

Враховуючи ці обмеження, актуальною є потреба у впровадженні інноваційних, автоматизованих рішень. Перспективною альтернативою виступають системи моніторингу паркувальних місць на основі технологій комп'ютерного зору [1, 2]. Використовуючи відеопотоки з камер спостереження, які часто вже інтегровані в інфраструктуру об'єктів, та сучасні алгоритми обробки зображень і глибокого навчання, такі системи дозволяють автоматично визначати статус паркомісць – виявляти вільні та зайняті місця з високою точністю та оперативністю. Це надає водіям своєчасну інформацію, сприяє оптимізації використання паркувального простору та підвищує ефективність міської мобільності загалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання ефективного моніторингу паркувальних місць привернуло значну увагу дослідників в останні роки, і різні рішення використовують технології комп'ютерного зору та машинного навчання.

У роботі [3] була запропонована вдосконалена система виявлення паркувальних місць з використанням алгоритмів комп'ютерного зору наступного покоління. Це рішення наголошує на інтеграції моделей глибокого навчання для покращення точності виявлення в різних умовах навколишнього середовища. Однак, хоча система досягає високої продуктивності, вона значною мірою зосереджена на контрольованих середовищах і не має широкої валідації в динамічно змінних реальних умовах.

Аналогічно, у [4] була розроблена система моніторингу на основі відео, що включає як традиційні алгоритми машинного навчання, так і методи комп'ютерного зору. У цій роботі підкреслюються переваги безперервного моніторингу та прогнозного аналізу зайнятості паркувальних місць. Тим не менш, система вимагає значних обчислювальних ресурсів і передбачає стабільний та високоякісний відеопотік, що може бути складним завданням у міських умовах.

Попередні зусилля, наприклад, у [5], досліджували простіші підходи до обробки зображень для виявлення доступних паркувальних місць. Хоча ці методи були ефективними в середовищах з низькою складністю, вони продемонстрували обмеження при застосуванні до більш перевантажених та складних міських районів, де часті перекриття та мінливість навколишнього середовища є поширеними.

Інтеграція Інтернету речей (IoT) з комп'ютерним зором, як розглянуто в [6], представляє цікавий напрямок. Її система поєднує візуальні дані з мережами IoT для покращення можливостей моніторингу в режимі реального часу. Однак цей підхід вимагає надійної інфраструктури IoT, яка не завжди може бути доцільною або економічно ефективною, особливо для модернізації існуючого міського середовища.

У сфері спеціалізованих паркувальних споруд, таких як контейнерне перевезення в морських портах, наприклад, у [7], було досліджено використання систем зору на основі штучного інтелекту для оптимізації великомасштабної логістики паркування. Хоча це дослідження демонструє багатообіцяючі результати в конкретних промислових умовах, методи та системні архітектури не можна безпосередньо перенести на загальні сценарії паркування на міських вулицях.

У роботі [8] було запропоновано комплексний підхід до обробки даних в рамках інтелектуальних систем паркування як невід'ємного елемента інфраструктури розумного міста. Ця робота зосереджена на оптимізації збору, передачі та аналізу даних про паркування для підтримки інтелектуальних процесів прийняття рішень. Автори підкреслюють важливість ефективного управління даними для покращення моніторингу в режимі реального часу, зменшення заторів та покращення міської мобільності.

Незважаючи на помітний прогрес, кілька критичних прогалин залишаються невирішеними:

- Існуючі системи часто припускають оптимальні умови та є недостатньо стійкими до змінного освітлення, погоди та реальних сценаріїв оклюзії, поширених у міських ландшафтах.
- Багато запропонованих рішень вимагають дорогого обладнання або інтенсивних обчислювальних ресурсів, що обмежує їх практичну масштабованість для широкого розгортання по всьому місту.
- Забезпечення виявлення, обробки та зручного зворотного зв'язку в реальному часі залишається проблемою, особливо в умовах високого трафіку, де швидке прийняття рішень є важливим.
- Сучасним системам часто бракує інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів для взаємодії з користувачем у реальному часі та вони недостатньо інтегровані з ширшими інфраструктурами розумного міста.

З огляду на ці проблеми, існує очевидна потреба в розробці інтелектуальної, масштабованої системи моніторингу та управління паркуванням у режимі реального часу, яка використовує досягнення глибокого навчання, ефективної відеоаналітики та адаптивних інтерфейсів користувача, зберігаючи при цьому доступність та простоту розгортання. Це дослідження має на меті усунути ці прогалини, запропонувавши нове рішення на основі комп'ютерного зору, адаптоване для динамічного міського середовища.

Постановка завдання. Метою дослідження є підвищення ефективності управління паркувальними ресурсами в умовах міського середовища, зменшити час пошуку вільного місця та покращити зручність для користувачів завдяки створенню інтелектуальної програмної системи для моніторингу та управління зайнятістю паркувальних місць у режимі реального часу на основі методів комп'ютерного зору, здатної до автоматичної детекції транспортних засобів, візуалізації статусів місць та забезпечення базової взаємодії з користувачем через конфігурований інтерфейс.

Для досягнення поставленої мети сформулюємо задачі дослідження:

- Провести аналіз існуючих підходів до моніторингу паркувальних місць та методів комп'ютерного зору для детекції транспортних засобів.
- Імплементувати та адаптувати модель глибокого навчання YOLO для виявлення транспортних засобів на основі Python, OpenCV та PyTorch.
- Розробити алгоритм геометричного аналізу зон інтересу (ROI) для визначення статусу паркомісць.
- Спроекувати інтерактивний інструмент для налаштування полігональних ROI із використанням PySide6.
- Інтегрувати систему управління конфігурацією на основі YAML для підвищення гнучкості налаштування.

Результати розробленого програмного забезпечення можуть стати корисним інструментом для впровадження на комерційних та приватних паркувальних об'єктах, а також слугувати основою для створення комерційних систем управління паркінгами різного типу (ТЦ, офісні центри, житлові комплекси). Обраний підхід дозволяє створити гнучку та адаптивну систему, здатну функціонувати в умовах різних паркувальних середовищ. Інтеграція інструментів для визначення ROI та зовнішньої конфігурації параметрів підвищує практичну цінність розробки та спрощує її впровадження.

Використання таких технологій дозволяє автоматично визначати статус паркувальних місць, скорочуючи час на пошук вільного місця і покращуючи ефективність паркування в місті. Також, охоплює застосування інтелектуальних алгоритмів для ефективного використання паркувальних зон, що має на меті покращення якості життя водіїв і зниження навантаження на транспортні системи в густонаселених районах.

Виклад основного матеріалу. Проаналізувавши переваги та недоліки різних підходів, для реалізації програмного прототипу в межах даної роботи було обрано комбінацію детекції об'єктів за допомогою моделі YOLO та аналізу положення виявлених автомобілів відносно полігональних ROI, визначених вручну користувачем.

Такий вибір обумовлений високою швидкістю роботи YOLO, що є критичним для систем реального часу, та гнучкістю ручного визначення ROI для адаптації до різних конфігурацій паркінгів. Для визначення зайнятості на даному етапі використовується аналіз входження центральної точки виявленого об'єкта в ROI, однак передбачається можливість подальшого вдосконалення з використанням методу IoU. Важливим аспектом є те, що для досягнення максимальної точності в реальних умовах обрана модель YOLO потребуватиме додаткового навчання (fine-tuning) на датасетах, що містять зображення цільового паркувального майданчика за різних умов освітлення та погоди. Для взаємодії з користувачем та конфігурації ROI розроблено спеціалізований графічний інтерфейс. Використання зовнішнього файлу конфігурації забезпечує гнучкість налаштування системи. Даний підхід створює високі вимоги до апаратного забезпечення (бажано наявність GPU) для забезпечення обробки відеопотоку в реальному часі.

Аналіз допоміжних програмних засобів та засобів розробки. Python є кращим вибором для більшості задач машинного навчання та комп'ютерного зору через свою простоту, гнучкість та величезну екосистему бібліотек. Він також добре підходить для розробки десктопних додатків завдяки наявності потужних GUI-фреймворків.

Щодо навчання моделі: У прототипі використовується модель YOLO, тренувана на загальних датасетах, що дає базову здатність до детекції. Однак, для досягнення максимальної точності та надійності

в специфічних умовах цільового паркувального майданчика (унікальні ракурси, освітлення, погодні умови), передбачається подальший етап донавчання (fine-tuning). Використовуючи техніку трансферного навчання (transfer learning), базова модель буде доадаптована на власному, ретельно зібраному та розміченому датасеті зображень саме з цього паркінгу. Це дозволить спеціалізувати детектор для безпомилкового розпізнавання автомобілів навіть за складних умов експлуатації.

Таким чином, для розробки було обрано набір сучасних, потужних та добре інтегрованих між собою інструментів, що дозволяють ефективно реалізувати систему комп'ютерного зору з графічним інтерфейсом користувача. Використання попередньо навченої моделі YOLO з перспективою подальшого донавчання забезпечує швидке прототипування та шлях до досягнення високої точності в реальних умовах.

Розробка вимог до системи моніторингу паркувальних місць. Програмне забезпечення повинно забезпечувати виконання наступних основних функцій (Рис. 1).

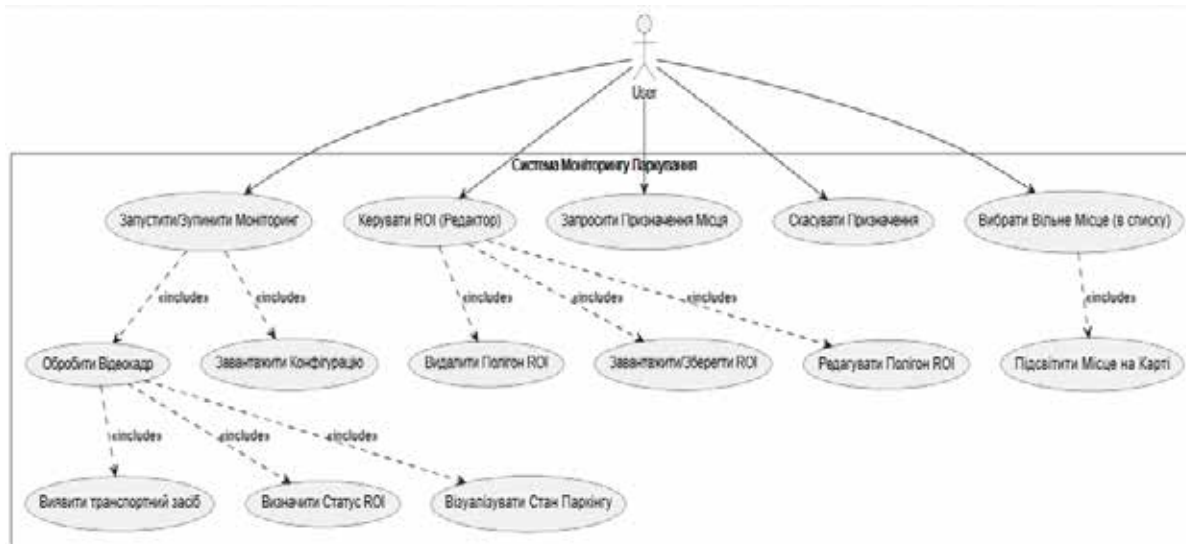


Рис. 1. Діаграма варіантів використання системи

У межах даної роботи реалізується десктопний застосунок, призначений для автоматизованого моніторингу зайнятості паркувальних місць шляхом аналізу відеопотоку з використанням навчаної моделі детекції об'єктів YOLO та аналізу положення виявлених транспортних засобів відносно визначених зон інтересу. Мета даного дослідження досягається шляхом реалізації логічної частини програми та графічного інтерфейсу користувача. Логічна частина відповідає за відеоаналіз (детекція ТЗ, статус ROI, керування зонами), а інтерфейс – за візуалізацію результатів моніторингу та взаємодію з користувачем.

Архітектура програмного забезпечення. Для розробки додатка з інтерфейсом застосовано модульний підхід з розділенням логіки та представлення для гнучкості архітектури. Враховуючи, що основні дані, якими оперує прототип – це конфігурація зон інтересу (ROI) та параметри системи, а також вимогу щодо їх редагування користувачем, ці дані зберігаються локально у файлах (.pkl для ROI, yaml для конфігурації), що є простішим рішенням для прототипу порівняно з розгортанням окремої бази даних.

Взаємодія між компонентами GUI та логікою обробки реалізована з використанням механізму сигналів та слотів фреймворку PySide6 (Qt). Обробка відеопотоку, як найбільш ресурсоємна задача, винесена в окремий потік (QThread), щоб не блокувати основний потік графічного інтерфейсу.

Архітектуру системи детально ілюструють діаграма компонентів (рисунком 2).

Опис використаних алгоритмів та архітектур нейронних мереж. Для реалізації системи моніторингу паркувальних місць було використано комбінацію алгоритмів комп'ютерного зору для детекції об'єктів, геометричного аналізу для визначення статусу місць та стандартних методів для візуалізації та управління даними. Ключовим елементом є нейромережева модель для виявлення транспортних засобів.

Детекція Транспортних Засобів: Архітектура YOLO

Основним завданням є виявлення автомобілів на кадрах відеопотоку. Для цього було обрано модель з сімейства YOLO (You Only Look Once), що належить до класу однопрохідних (single-stage) детекторів об'єктів.

На відміну від двостадійних детекторів (як Faster R-CNN), YOLO обробляє зображення за один прохід нейронної мережі. Основна ідея полягає в наступному:

1. Розділення зображення: Вхідне зображення розділяється на умовну сітку $S \times S$ клітинок (Grid Cells).
2. Прогнозування в кожній клітинці: Кожна клітинка сітки відповідає за детекцію об'єктів, центри яких потрапляють у цю клітинку.

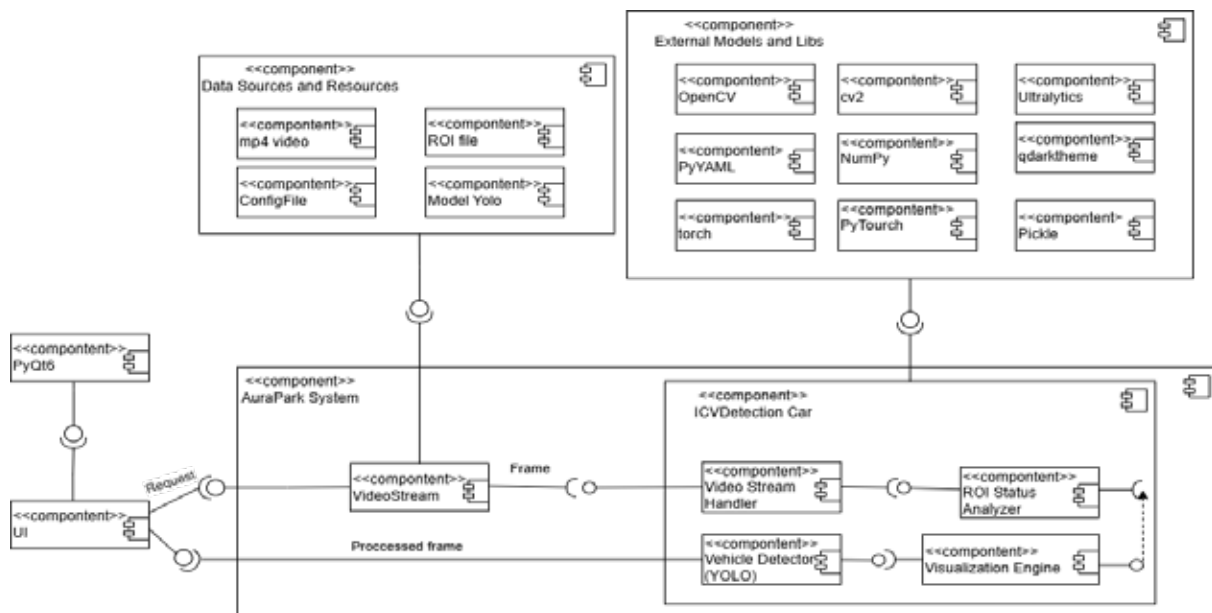


Рис. 2. Діаграма компонентів

Для створення відеопотоку та доступу до окремих кадрів було використано можливості бібліотеки OpenCV (cv2), яка дозволяє ефективно працювати як з відеофайлами (наприклад, у форматі.mp4), так і потенційно з вебкамерами чи IP-камерами. Оскільки обробка відео в реальному часі вимагає отримання кадрів з мінімальною затримкою та не повинна блокувати основний потік графічного інтерфейсу, було використано механізм багатопотоковості, наданий фреймворком Qt через клас QThread (реалізовано у VideoThread). Це дозволяє циклу отримання та аналізу кадрів виконуватися паралельно з роботою GUI, забезпечуючи відгук інтерфейсу.

Метод одноетапної (single-stage) детекції об'єктів на основі архітектури YOLO. Для знаходження транспортних засобів (автомобілів) на кадрі з відеопотоку було обрано неймережеву модель архітектури YOLO (*You Only Look Once*). Підхід YOLO належить до однопрохідних (*single-stage*) детекторів, що за один прохід конволюційної нейронної мережі генерує сітку прогнозів, яка містить:

Обмежувальні рамки (Bounding Boxes, BBox):

$$B = [x_1, y_1, x_2, y_2].$$

Оцінки впевненості (confidence score) для кожного виявленого об'єкта:

$$S = P(object) \cdot \max_{c \in C} P(c | object),$$

де C – набір можливих класів об'єктів.

Ймовірності класів:

$$P(c | object), c \in C$$

Процес детекції можна представити у вигляді таких схем – YOLO model in car detection (рисунок 3, 4).

Використана у прототипі попередньо навчена модель YOLO (рисунок 5) (.pt-файл), натренована на великих датасетах здатна з високою швидкістю виявляти об'єкти класу «автомобіль», що критично для систем реального часу.

Детекція автомобілів здійснюється шляхом аналізу вхідного зображення розміром 608×608, яке пропускається через глибоку згорткову нейронну мережу з коефіцієнтом зменшення 32×32, що призводить до отримання вихідного тензора розміром 19×19×5×85.

Інтерфейс бібліотеки Ultralytics (на базі PyTorch) дозволяє зручно завантажити модель та отримати результати детекції:

$$\text{model.predict}(\dots) \rightarrow \{B, C, S\},$$

де вихід містить список рамок B , класи об'єктів C та відповідні оцінки впевненості S

Метод геометричного аналізу зайнятості паркувальних місць на основі просторового розташування виявлених об'єктів. Для визначення статусу зайнятості конкретного паркувального місця використовується геометричний аналіз положення виявлених автомобілів відносно попередньо визначених зон інтересу (ROI).

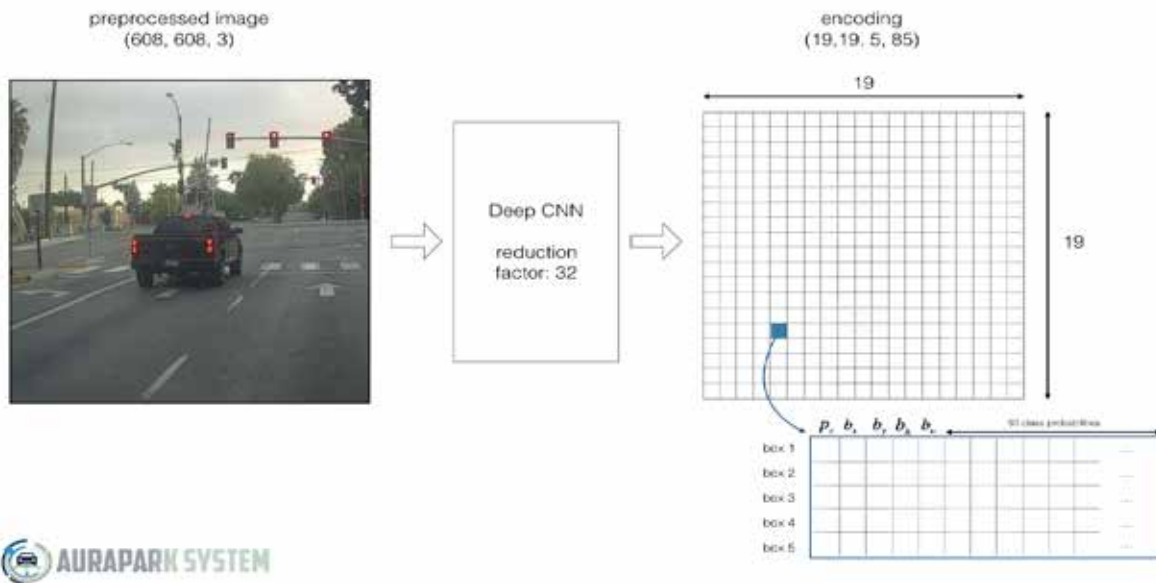


Рис. 3. Вигляд процесу обробки зображення автомобіля в Yolo

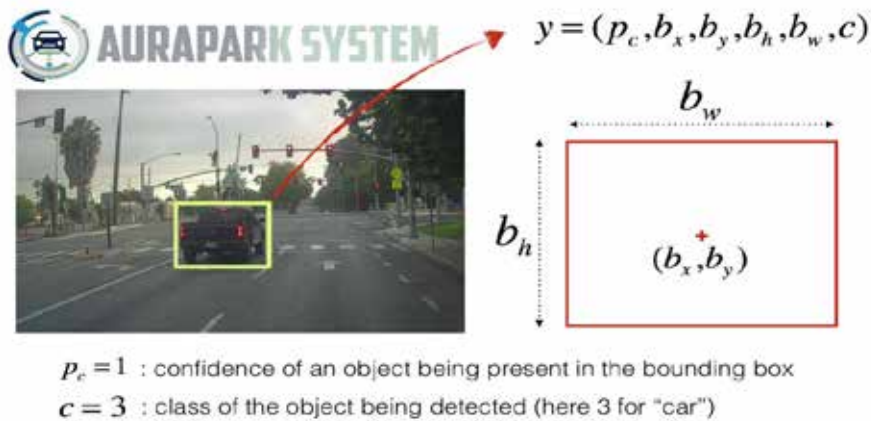


Рис. 4. Кінцевий вигляд обробленого автомобіля трекінгом в Yolo

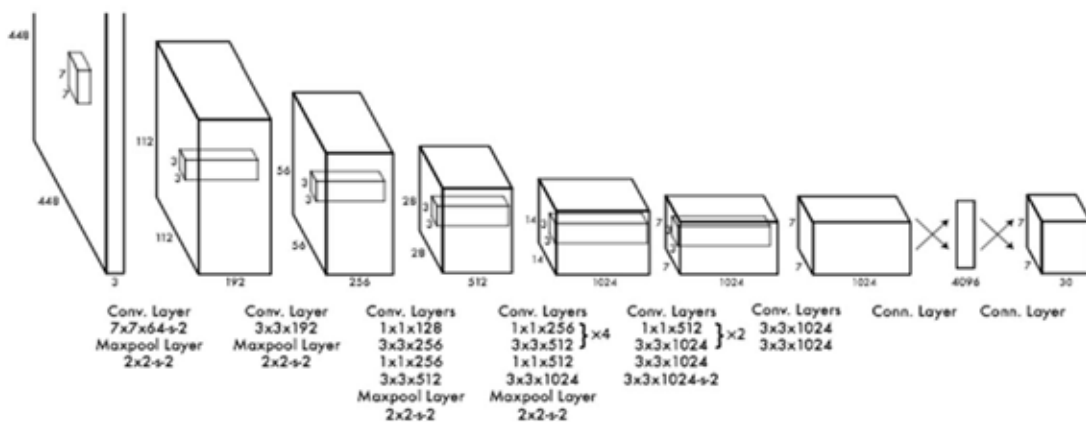


Рис. 5. Загальний вигляд моделі Yolo

Кожне паркомісце моделюється полігоном (у даній реалізації – чотирикутником), координати вершин якого зберігаються у файлі.pkl.pkl.pkl через модуль Pickle.

Після отримання рамки B для виявленого автомобіля обчислюється центральна точка автомобіля:

$$P_c = (c_x, c_y), c_x = \frac{x_1 + x_2}{2}, c_y = \frac{y_1 + y_2}{2}.$$

Для кожного полігону R (що визначає ROI) перевіряється належність точки $P(c)$ цьому полігону за допомогою OpenCV:

$$cv2.pointPolygonTest(R_{vertices}, P_c, False),$$

де якщо результат ≥ 0 , то місце вважається зайнятим

Альтернативним більш точним підходом є аналіз перетину IoU (Intersection over Union)

$$IoU(B, R) = \frac{|B \cap R|}{|B \cup R|}.$$

Якщо $IoU > T$ (де T – порогове значення, наприклад, 0.5), то місце визначається як зайняте. (Рисунок 6)



Рис. 6. Вигляд зайнятості паркувального місця

Візуалізація результатів (малювання ROI з кольоровим статусом, номерів місць, опціональних BBox автомобілів) та накладання їх на відеокادر здійснюється за допомогою функцій малювання бібліотеки OpenCV (cv2.polyline, cv2.fillPoly, cv2.putText, cv2.rectangle, cv2.addWeighted).

Отже, для розробки було обрано комбінацію: OpenCV для роботи з відео та геометрією, YOLO (через Ultralytics/PyTorch) для детекції ТЗ, аналіз точки в полігоні ROI для визначення статусу, Pickle та YAML для збереження/завантаження даних/конфігурації, та PySide6 для GUI. Це створює вимоги до апаратного забезпечення (бажано GPU) для забезпечення роботи в реальному часі.

Шляхи вдосконалення та подальшого розвитку. Можна виділити 3 основні напрямки подальшого розвитку розробленої системи:

1. Підвищення точності та надійності ядра системи: Перехід від аналізу центральної точки до визначення зайнятості на основі IoU, донавчання моделі YOLO на специфічному датасеті цільового паркінгу для адаптації до локальних умов.

2. Розширення функціональних можливостей: Додавання підтримки реальних IP-камер (RTSP), інтеграція LPR, впровадження аналітики використання паркінгу.

3. Масштабування та розгортання: Перехід на клієнт-серверну архітектуру для підтримки багатьох камер/користувачів, використання бази даних для зберігання стану та конфігурацій, розгляд варіантів розгортання на сервері або з використанням Edge-пристроїв.

Висновки. У ході виконання роботи було повністю реалізовано поставлену мету – покращення ефективності управління паркувальними майданчиками та надання користувачам актуальної візуальної інформації про стан місць через зручний графічний інтерфейс, за рахунок створення функціонального прототипу системи автоматизованого моніторингу паркувальних місць на основі відеоаналітики, що інтегрує сучасні підходи глибокого навчання та засоби комп'ютерного зору з гнучким інтерфейсом для реального використання.

В результаті дослідження були досягнуті всі завдання дослідження. Було створено універсальний прототип, який поєднує швидку та надійну детекцію зручним інтерфейсом, що не має прямих аналогів серед існуючих програмних рішень з відкритим кодом. Наукова новизна роботи полягає в запропонованій інтеграції методів детекції об'єктів YOLO з гнучким механізмом управління ROI через графічний інтерфейс та візуалізацією стану паркомісць в реальному часі в рамках єдиного конфігурованого застосунку. Реалізована система є працездатною, демонструє баланс між точністю, швидкістю та гнучкістю налаштування, досягаючи поставлених цілей. Архітектурні рішення щодо модульності, паралельної обробки (QThread) та конфігураційності забезпечують зручне розгортання прототипу у нових середовищах. Виявлено перспективи для подальших досліджень, зокрема в напрямку поліпшення точності визначення зайнятості за допомогою глибшої аналітики, IoU-перетинів та багатокамерної обробки.

Список використаних джерел:

1. Чорнобривець Д.В., Поперешняк С.В., Каплюк В.О. Система моніторингу місць для паркування з використанням комп'ютерного зору. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2024. 4 (85). С. 62-72. DOI: <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2024.045775>
2. Чорнобривець Д. В., Поперешняк С.В. Автоматизована система доступу до зарядних станцій для електромобілів з використанням блокаторів паркувальних місць. *Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії*: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 2-3 грудня 2024 р. С. 147-150
3. Sriramdharnish K., Arun R., Parvin Raj R., Haseeb Batcha H., Sanjay A. Vision Park – Next Gen Computer Vision for Efficient Parking Space Monitoring. *International Conference on Emerging Research in Computational Science (ICERCS)*. Coimbatore, India. 2024. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICERCS63125.2024.10895085>.
4. Sujitha B., Ponraj A., Parabrahmachari S., Hyma Lakshmi T., Annamani T. Video Based Car Parking Management and Monitoring Using Computer Vision and Machine Learning. *International Conference on Multi-Agent Systems for Collaborative Intelligence (ICMSCI)*. Erode, India. 2025. 1204-1208. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICMSCI62561.2025.10893979>.
5. Bachtiar M., Besari A., Lestari A. Parking Management by Means of Computer Vision. *Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*. Surabaya, Indonesia. 2020. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICVEE50212.2020.9243264>.
6. Giampaoli L., Hessel F. Parking Space Occupancy Monitoring System Using Computer Vision and IoT. *7th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*. New Orleans, LA, USA. 2021. 7-12. DOI: <https://doi.org/10.1109/WF-IoT51360.2021.9595935>.
7. H. Lee, Chatterjee I., Cho G. Enhancing Parking Facility of Container Drayage in Seaports: A Study on Integrating Computer Vision and AI. *6th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)*. Sapporo, Japan. 2023. 384-387. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICKII58656.2023.10332699>.
8. Popereshnyak S., Yurchuk I. Car Parking Data Processing Technique for Smart Parking System as Part of Smart City. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*. ISDMCI. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. vol 1246. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3>

References:

1. Chornobryvets' D.V., Popereshnyak S.V., Kaplyuk V.O. (2024) Systema monitorynhu mist's' dlya parkuvannya z vykorystannyam komp'yuternoho zoru. *Telekomunikatsiyni ta informatsiyni tekhnolohiyi*, (85), 62-72. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2024.045775> [Ukrainian]
2. Chornobryvets', D. & Popereshnyak, S. (2024) Avtomatyzovana systema dostupu do zaryadnykh stantsiy dlya elektromobiliv z vykorystannyam blokatoriv parkoval'nykh mist's'. *II Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Suchasni aspekty didzhytalizatsiyi ta informatyzatsiyi v prohramniy ta komp'yuterniy inzheneriyi»*, 147-150 [Ukrainian]
3. Sriramdharnish, K.; Arun, R., Parvin Raj, R.; Haseeb Batcha, H., Sanjay, A. (2024) Vision Park – Next Gen Computer Vision for Efficient Parking Space Monitoring. *International Conference on Emerging Research in Computational Science (ICERCS)*, Coimbatore, India, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICERCS63125.2024.10895085>.
4. Sujitha, B., Ponraj, A., Parabrahmachari, S., Hyma Lakshmi, T., Annamani, T. (2025) Video Based Car Parking Management and Monitoring Using Computer Vision and Machine Learning. *International Conference on Multi-Agent Systems for Collaborative Intelligence (ICMSCI)*, Erode, India, 1204-1208. <https://doi.org/10.1109/ICMSCI62561.2025.10893979>.
5. Bachtiar, M., Besari, A., Lestari, A. (2020) Parking Management by Means of Computer Vision. *Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*, Surabaya, Indonesia, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICVEE50212.2020.9243264>.
6. Giampaoli, L., Hessel, F. (2021) Parking Space Occupancy Monitoring System Using Computer Vision and IoT. *IEEE 7th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, New Orleans, LA, USA, 7-12. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT51360.2021.9595935>.

-
7. Lee, H., Chatterjee, I., Cho, G. (2023) Enhancing Parking Facility of Container Drayage in Seaports: A Study on Integrating Computer Vision and AI. *IEEE 6th International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)*, Sapporo, Japan, 384-387. <https://doi.org/10.1109/ICKII58656.2023.10332699>.
 8. Popereshnyak, S., Yurchuk, I. (2021) Car Parking Data Processing Technique for Smart Parking System as Part of Smart City. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI. Advances in Intelligent Systems and Computing*, (1246). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3>