

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та  
робототехніки  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Розробка програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматичного  
визначення ознак транспортних засобів  
(тема)

Виконав:  
студент II курсу, групи КТРСм-23-1

Васенко А. В.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 174 Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютеризовані та  
робототехнічні системи  
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Цимбал О.М.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Невлюдов І.Ш.  
(прізвище, ініціали)

Харків 2025

## ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологійКафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехнікиРівень вищої освіти другий (магістерський)Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехнікаТип програми освітньо-професійнаОсвітня програма Комп'ютеризовані та робототехнічні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУстудентові Васенку Антону Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка програмного модуля комп'ютеризованої системи для автоматичного визначення ознак транспортних засобівзатверджена наказом університету від 25 листопада 2024 р. № 1239 Ст2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 29.01.2025 р.3. Вихідні дані до роботи: 3.1 Мова програмування Python, 3.2 Відео з зображенням транспортних засобів, 3.3 Бібліотеки Tensorflow, YOLOv5, EasyOCR, 3.4 Програмне забезпечення ОС Microsoft Windows 10 та вище, Google Chrome версії 101.0.4951.67 та вище, Visual Studio Code версії 8.0 та вище. 3.5 Технічне забезпечення: IBM-сумісний персональний комп'ютер.4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: 4.1 Аналіз предметної області, 4.2 Аналіз аналогічних рішень, 4.3 Постановка задачі, 4.4 Спроекувати архітектуру системи, 4.5 Створити діаграми класів взаємодії, 4.6 Провести експериментальні дослідження, 4.7 Зробити висновки відповідно до отриманих даних

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): слайди у форматі PowerPoint у кількості 10 слайдів з розширенням .pptx

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд існуючих принципів розпізнавання та проведення аналізу аналогічних рішень	02.09.2024 - 07.10.2024	Виконано
2.	Опис об'єкта досліджень та постановка задачі досліджень	08.10.2024 - 14.10.2024	Виконано
3.	Проектування архітектури системи	15.10.2024	Виконано
4.	Дослідження алгоритмів навчання ШІ моделей для розпізнавання ознак транспортних засобів	16.10.2024 - 10.11.2024	Виконано
5.	Розроблення модулю для обробки відео	11.11.2024 - 15.12.2024	Виконано
6.	Проведення експериментальних досліджень	16.12.2024- 05.01.2025	Виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки	06.01.2025- 13.01.2025	Виконано
8.	Нормоконтроль, рецензування	23.01.2025	Виконано
9.	Допуск до захисту у зав. кафедри		

Дата видачі завдання “1” вересня 2024 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Васенко А.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

проф. Цимбал О.М.  
(посада, прізвище, ініціали)

Я, Васенко Антон Володимирович, як студент ХНУРЕ розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

"5" січня 2025 р.

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'В.А.В.' with a flourish at the end.

Васенко А.В.

## РЕФЕРАТ

Робота містить: 80 с., 28 рис., 1 дод., 22 джерела.

### КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, РОЗПІЗНАВАННЯ ОЗНАК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.

Мета – створення програмного модуля з інтегрованим ШІ для точного визначення та класифікації транспортних об'єктів, що покращує аналіз, контроль руху та безпеку на дорогах.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого визначення ознак транспортних засобів для їхньої ідентифікації та класифікації.

Предметом дослідження є алгоритми та методи обробки зображень і відео для виявлення, класифікації та розпізнавання об'єктів на основі їхніх візуальних ознак.

Методи дослідження – аналіз зображень, визначення ключових ознак, алгоритми виділення ознак транспортного засобу на зображеннях або відео, розпізнавання контурів для ідентифікації специфічних частин.

Результат розробки – програмний модуль автоматичного визначення ознак транспортних засобів, що інтегрується із системами комп'ютерного зору.

Отримані результати кваліфікаційної роботи можна віднести до Цілей сталого розвитку України: ЦСР 9 “Промисловість, інновації та інфраструктура”, ЦСР 11 “підтримка сталих міст і громад”.

## ABSTRACT

The work includes: 80 p., 28 fig., 1 app., 22 sourc.

COMPUTER VISION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, VEHICLE SIGN RECOGNITION.

The goal – is to create a software module with integrated AI for accurate identification and classification of transport objects, which improves analysis, traffic control and road safety.

The object of the study is the process of automated determination of vehicle features for their identification and classification.

The subject of the research – is image and video processing algorithms and methods for detecting, classifying and recognizing objects based on their visual features.

Research methods – image analysis, identification of key features, algorithms for identifying vehicle features in images or videos, contour recognition for identifying specific parts.

The result of the development – is a software module for automatic identification of vehicle features, which integrates with computer vision systems.

The obtained results of the qualification work can be attributed to the Sustainable Development Goals of Ukraine: SDG 9 "Industry, innovation and infrastructure", SDG 11 "supporting sustainable cities and communities".

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	12
1.1 Визначення ознак транспортних засобів.....	12
1.2 OpenCV.....	14
1.3 Аналіз аналогічних рішень .....	15
1.3.1 OpenALPR.....	16
1.3.2 YOLO.....	18
1.4 Актуальність та недоліки.....	19
1.5 Постійне вдосконалення системи аналізу ознак транспортних засобів....	22
1.6 Дані, які потрібні для визначення ознак транспортних засобів.....	23
1.7 Висновки до розділу.....	25
2 Проектування архітектури системи.....	25
2.1 Опис об'єкта розробки.....	25
2.2 Посановка задачі.....	26
2.3 Розпізнавання об'єктів на основі YOLO.....	27
2.4 Архітектура системи.....	30
2.5 Висновки до розділу.....	33
3 Розробка модуля обробки відео та розпізнавання номерних знаків	
3.1 Розробка алгоритму роботи.....	35
3.2 Вибір мов та засобів програмування.....	37
3.3 Розроблення модулю для обробки відео.....	38
3.4 Комп'ютерне моделювання системи автоматичного управління для розпізнавання транспортних засобів та номерних знаків.....	42
3.5 Висновки до розділу.....	53
4 Експериментальні дослідження – експеримент.....	52
5 Охорона праці.....	58

Висновки.....	60
Перелік джерел посилань.....	62
Додаток А Публікації за тематикою роботи.....	64
Додаток Б Лістинг програмного коду.....	76
Додаток В Презентація.....	79

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

API – прикладний інтерфейс для взаємодії між програмами;

CNN – неймережа для аналізу зображень;

OCR – оптичне розпізнавання символів;

ITS – інтелектуальні системи для покращення транспорт;

NMS – алгоритм відбору найкращих передбачень у комп'ютерному зорі;

OCR – технологія розпізнавання тексту на зображеннях;

SGD – алгоритм оптимізації в машинному навчанні;

SSD – неймережа для швидкої детекції об'єктів;

TMS – система для оптимізації транспорту й логістики.

## ВСТУП

Сучасний розвиток інформаційних технологій та систем автоматизації активно впливає на різні сфери людської діяльності, зокрема й на транспортну галузь. Автоматизація процесів ідентифікації транспортних засобів є важливою складовою для підвищення ефективності та безпеки дорожнього руху, контролю транспортних потоків, а також для організації систем відеонагляду й аналізу даних. Застосування програмних рішень для автоматичного визначення ознак транспортних засобів дозволяє зменшити вплив людського фактора, мінімізувати затримки в процесах контролю та підвищити точність і швидкість обробки інформації.

Одним із ключових аспектів такої автоматизації є розробка програмних модулів, які здатні з високою точністю визначати ознаки транспортних засобів, зокрема їх тип, марку, модель, колір та реєстраційні номери. Ці модулі знаходять широке застосування в системах автоматичного управління трафіком, відеоспостереженні та безпеці, що робить дослідження в цьому напрямку актуальним і необхідним.

Актуальність теми визначення ознак транспортних засобів зумовлена зростаючою потребою у підвищенні ефективності та безпеки транспортної інфраструктури. У сучасних умовах збільшення кількості автомобілів створює низку викликів, таких як затори, порушення правил дорожнього руху, зростання аварійності та негативний вплив на екологію. Автоматичне визначення ознак транспортних засобів, зокрема кольору, моделі, номерних знаків та інших характеристик, дозволяє вирішувати ці проблеми через впровадження інтелектуальних систем моніторингу та управління.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка програмного модуля для автоматичного визначення ознак транспортних засобів, який базується на сучасних методах машинного навчання та комп'ютерного зору. У рамках роботи буде досліджено методи обробки зображень, алгоритми розпізнавання

та класифікації, що дозволяють досягти високої точності ідентифікації транспортних засобів у реальних умовах.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого визначення ознак транспортних засобів для їхньої ідентифікації та класифікації.

Предметом дослідження є алгоритми та методи обробки зображень і відео для виявлення, класифікації та розпізнавання об'єктів на основі їхніх візуальних ознак.

Методи дослідження – аналіз зображень, визначення ключових ознак, алгоритми виділення ознак транспортного засобу на зображеннях або відео, розпізнавання контурів для ідентифікації специфічних частин.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі конкретні завдання:

- провести огляд сучасних технологій комп'ютерного зору та алгоритмів розпізнавання для визначення ознак транспортних засобів;
- вивчити існуючі рішення на ринку, їх переваги та недоліки;
- розробити ефективні алгоритми для виділення та розпізнавання ознак транспортних засобів (номерні знаки, типи, марки, кольори);
- використати методи глибокого навчання, такі як нейронні мережі, для підвищення точності розпізнавання;
- визначити оптимальні програмні та апаратні засоби для реалізації модулю, зокрема мови програмування, бібліотеки (наприклад, OpenCV, TensorFlow, Keras) та апаратуру (камери, сервери);
- розробити архітектуру системи для забезпечення модульності та масштабованості;
- написати код для реалізації алгоритмів розпізнавання та забезпечення функціональності модуля;
- зробити висновки про можливість подальшого вдосконалення системи та її застосування в реальних умовах.

Отримані результати кваліфікаційної роботи мають сприяти досягненню таких Цілей сталого розвитку України:

– ЦСР 9 “Промисловість, інновації та інфраструктура” “Головними факторами економічного зростання та розвитку є інвестиції в інфраструктуру та інновації. Понад половина населення світу живе у містах, тому все важливішими стають громадський транспорт і поновлювані джерела енергії, а також розвиток нових галузей промисловості, інформаційних і комунікаційних технологій”;

– ЦСР 11 “Підтримка сталих міст і громад”, “Технологія дозволяє оптимізувати управління транспортними потоками, зменшити затори та покращити екологічну ситуацію у містах через зниження викидів забруднюючих речовин від транспортних засобів”.

В ході підготовки та виконання кваліфікаційної роботи, було визначено актуальність та можливі напрями застосування штучного інтелекту, Пояснювальну записку оформлено згідно з ДСТУ 3008:2015 [1] та керуючись методичними вказівками [2].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Визначення ознак транспортних засобів

Визначення ознак транспортних засобів – це важливий етап у різних задачах комп'ютерного зору, пов'язаних із транспортом, таких як розпізнавання номерних знаків, класифікація типу автомобіля (легковий, вантажний тощо), ідентифікація марки та моделі, а також виявлення інших характеристик, наприклад, кольору або швидкості. Цей процес можна поділити на етапи.

Збір візуальних даних: зображення транспортного засобу або відео можуть бути отримані з різних джерел: камери спостереження, автомобільні реєстратори, камери контролю швидкості або супутники. Система отримує кадри, де транспортні засоби можуть бути під різними кутами та за різних умов освітлення.

Приклад розпізнавання об'єктів на рис. 1.1.

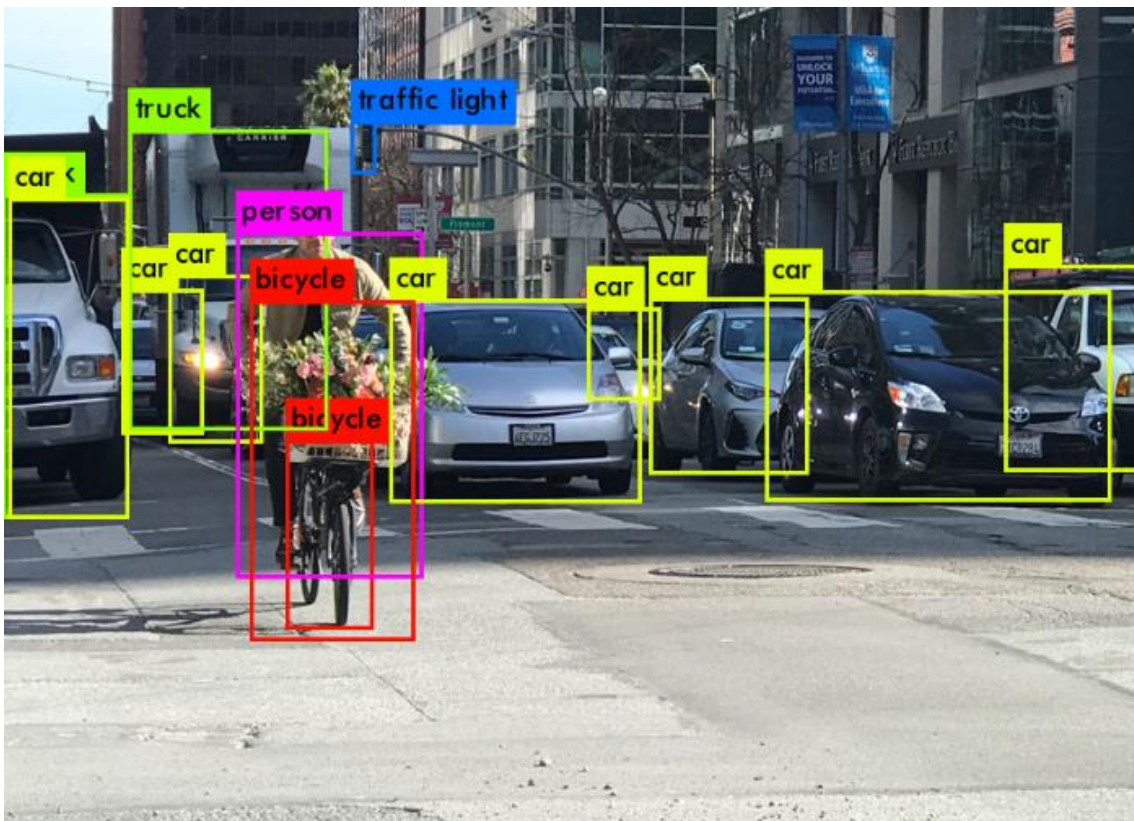


Рисунок 1.1 – Приклад розпізнавання об'єктів

Виділення ознак: геометричні ознаки: форма та розмір транспортного засобу, пропорції його частин (наприклад, довжина та висота).

Текстурні ознаки: вивчення поверхневих характеристик, таких як фарбування, наявність наклейок або логотипів.

Кольорові ознаки: визначення основного кольору транспортного засобу.

Особливі частини: розпізнавання номерних знаків, фар, коліс, дзеркал і решіток радіатора, які можуть допомогти в ідентифікації марки або моделі.

Класифікація транспортного засобу: для класифікації використовують машинне навчання або глибокі нейронні мережі, такі як Convolutional Neural Networks (CNN).

Мережа навчається розпізнавати різні типи транспортних засобів (легкові автомобілі, вантажівки, автобуси тощо), а також марки та моделі на основі набору ознак.

Приклад індивідуальності машин на рис. 1.2.

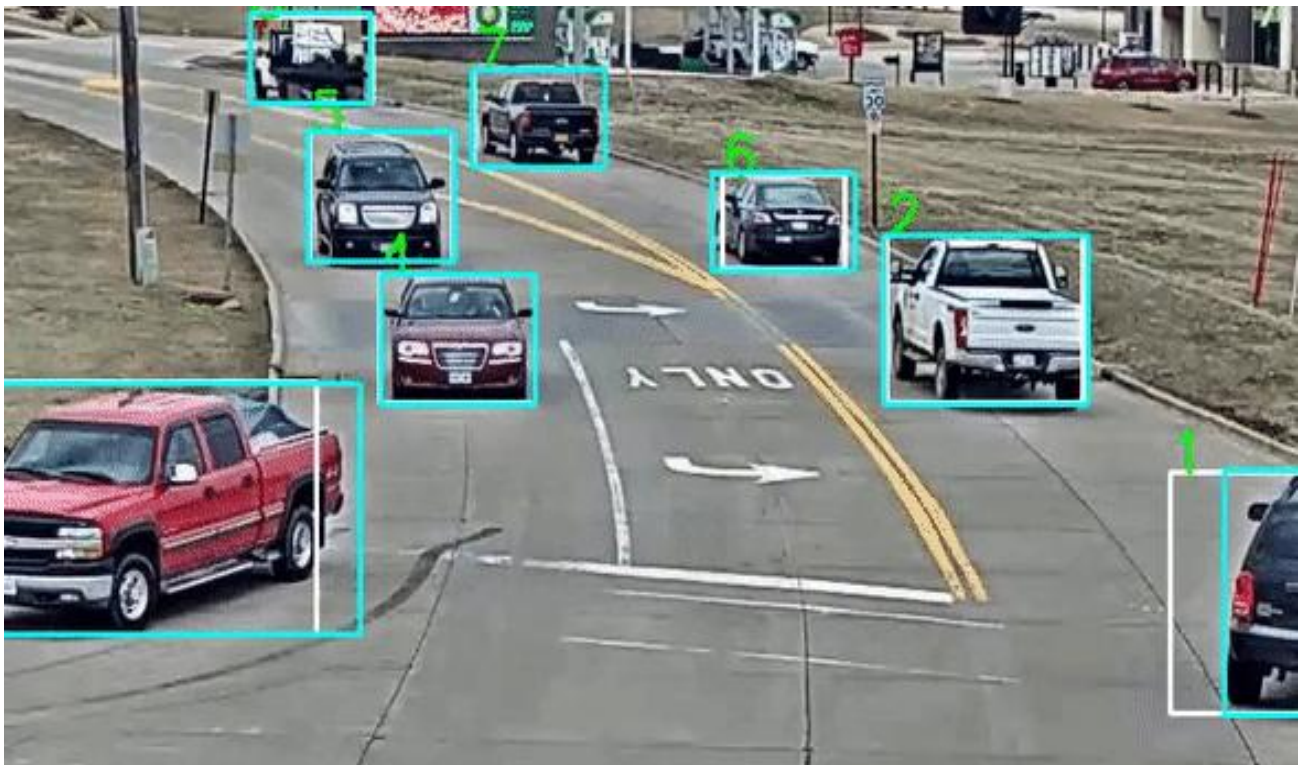


Рисунок 1.2 – Приклад індивідуальності машин

Постпроцесинг та інтерпретація результатів: після того як система визначила ознаки транспортного засобу, можна виконати додаткові дії: порівняти ці дані з базою даних для ідентифікації власника, перевірити, чи не перебуває автомобіль у розшуку, або визначити порушення правил дорожнього руху.

Розпізнавання номерних знаків: для цього використовують спеціалізовані алгоритми, такі як Optical Character Recognition (OCR), які дозволяють розпізнавати текст на номерних знаках.

Виділяється область номерного знака, нормалізується його розмір і контрастність, а потім OCR алгоритм визначає символи на зображенні.

Приклад виділення і розпізнавання номеру на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Приклад виділення і розпізнавання номеру

## 1.2 OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – це бібліотека з відкритим вихідним кодом, розроблена для обробки зображень і комп'ютерного зору. Вона широко використовується для створення застосунків в області

обробки зображень, розпізнавання об'єктів, обробки відеопотоків та машинного навчання. Для задачі автоматичного визначення ознак транспортних засобів OpenCV надає багато функцій та інструментів, які можуть бути корисними. Ось кілька основних напрямів.

**Обробка зображень:** OpenCV дозволяє проводити попередню обробку зображень для покращення якості та точності аналізу. Це включає фільтрацію, зміну кольорових просторів (RGB, HSV), корекцію освітлення та виділення контурів.

**Розпізнавання об'єктів:** OpenCV інтегрується з моделями глибокого навчання, такими як YOLO (You Only Look Once) та MobileNet. За допомогою таких моделей можна виявляти та класифікувати об'єкти на зображеннях, включно з транспортними засобами.

**Аналіз руху:** для задач, пов'язаних з відео, OpenCV підтримує обробку відеопотоків у реальному часі. Можна відстежувати рухомі об'єкти, аналізувати траєкторії транспортних засобів, обчислювати швидкість та напрямок руху.

**Розпізнавання ознак:** OpenCV має вбудовані алгоритми для розпізнавання контурів, кутів, текстур, що можуть бути використані для визначення певних ознак транспортних засобів, таких як тип кузова, розміри чи інші деталі.

### 1.3 Аналіз аналогічних рішень

Автоматичне визначення ознак транспортних засобів за номерним знаком, маркою чи кольором є важливим напрямком у галузі комп'ютерного зору та машинного навчання. Ця технологія активно використовується у таких сферах, як безпека на дорогах, трафік та управління дорожнім рухом, логістика, страхування.

У сфері безпеки використовуються системи автоматизованого контролю швидкості та розпізнавання номерних знаків (ANPR). Вони застосовуються для фіксації швидкості автомобілів, автоматичного розпізнавання номерних знаків,

що дозволяє ідентифікувати автомобілі та перевіряти їх на предмет порушень наприклад викрадення або несплату штрафів.

У сфері трафіку та управління дорожнім рухом це інтелектуальні транспортні системи (ITS) які використовують датчики та камери для оптимізації руху для зменшення заторів та системи моніторингу дорожнього руху які збирають дані про транспортні потоки що допомагають управляти дорожнім рухом.

У логістиці це системи управління транспортом (TMS) , які оптимізують перевезення, планують маршрути та відстежують вантажі за допомогою розпізнавання номерних знаків та системи автоматизованого складу, які включають технологію комп'ютерного зору для ідентифікації товарів та управління запасами на складі.

У страхуванні використовують автоматичне розпізнавання номерних знаків та марок автомобілів для аналізу інформації про водіїв та їхні автомобілі, Та застосовують комп'ютерний зір для обробки фото аварій та оцінки збитків. Також перевіряють інформації про автомобілі за номерним знаком для підтвердження правдивості заявлених даних.

### 1.3.1 OpenALPR

Платформа OpenALPR може автоматично виявляти та розпізнавати номерні знаки на зображеннях або відео, перетворюючи їх у текстовий формат. Вона працює з відеопотоками в реальному часі, що дозволяє здійснювати контроль за транспортними засобами у режимі реального часу.

OpenALPR дозволяє зберігати розпізані номерні знаки разом із метаданими, такими як час, дата, місце та зображення, що може бути корисним для аналізу та звітності.

OpenALPR використовує алгоритми комп'ютерного зору для обробки зображень та відео. Це включає обробку зображень, виявлення об'єктів, розпізнавання тексту (OCR). Платформа навчена на великій кількості даних

номерних знаків, що дозволяє їй досягати високої точності розпізнавання. Вона використовує моделі машинного навчання, щоб адаптуватися до різних умов освітлення, кута огляду та якості зображень. Також використовує відкриті бібліотеки, такі як OpenCV, для обробки зображень. Це дозволяє виконувати різноманітні операції, такі як фільтрація, сегментація та виявлення країв.

OpenALPR надає API для інтеграції з іншими системами та мовами програмування, такими як Python, C++, Java, що робить його доступним для широкого кола розробників. Приклад розпізнавання номерних знаків платформою OpenALPR показано на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Приклад розпізнавання номерних знаків ALPR

### 1.3.2 YOLO

YOLO (You Only Look Once) – це потужна архітектура для детекції об'єктів, яка може бути ефективно використана для автоматичного визначення ознак транспортних засобів. Вона обробляє зображення за один раз, поділяючи його на сітку. Кожен елемент сітки відповідає за виявлення об'єктів, що розташовані у його межах. Це дозволяє моделі швидко генерувати результати, що є важливим для систем, які працюють в реальному часі, наприклад, у відеоспостереженні або контролі за дорожнім рухом.

Модель навчена для розпізнавання різних класів транспортних засобів, таких як легкові автомобілі, вантажівки, мотоцикли, автобуси тощо, а також для визначення їхніх характеристик (колір, марка, модель). Вона може використовуватися для виявлення номерних знаків, наявності пасажирів, технічних особливостей та ін.

YOLO побудовано на основі конволюційних нейронних мереж (CNN), які використовуються для автоматичного виділення особливостей зображення, що допомагає моделі ідентифікувати об'єкти.

Для навчання використовуються великі набори даних, що містять зображення транспортних засобів з розміткою. Це можуть бути набори даних, як-от COCO, PASCAL VOC, а також спеціалізовані набори для автомобілів, що включають різноманітні умови освітлення, ракурси та типи транспортних засобів.

Алгоритми оптимізації, такі як Adam або SGD (Stochastic Gradient Descent), застосовуються для покращення ваг моделі на основі похибки. Це допомагає моделі краще адаптуватися до специфіки даних, пов'язаних з транспортними засобами.

YOLO може бути реалізовано в популярних фреймворках, таких як TensorFlow, PyTorch або Keras, що спрощує процес навчання та впровадження.

Контроль дорожнього руху: використання в системах для моніторингу та аналізу дорожнього руху, що дозволяє виявляти порушення (перевищення швидкості, проїзд на червоне світло тощо).

Автоматизовані системи паркування: визначення наявності вільних місць на парковках та моніторинг транспортних засобів.

Безпека: виявлення викрадених автомобілів та порушників на основі номерних знаків.

Страхування: автоматизована оцінка збитків на основі характеристик автомобіля після ДТП.

Приклад розпізнавання номерних знаків детектором YOLO показано на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – розпізнавання об'єктів детектором YOLO

#### 1.4 Актуальність та недоліки.

Розробка програмних модулів для автоматичного визначення ознак транспортних засобів є надзвичайно актуальною через необхідність

покращення управління дорожнім рухом, підвищення рівня безпеки, інтеграції інтелектуальних транспортних систем та боротьби з незаконними діями. Технологічний прогрес у цій галузі сприятиме розвитку "розумних" міст та значно покращить інфраструктуру сучасних транспортних систем.

Зростання кількості транспортних засобів: кожним роком кількість автомобілів на дорогах зростає, що підвищує потребу в ефективних системах моніторингу та керування дорожнім рухом. Автоматичне визначення ознак транспортних засобів дозволяє значно спростити аналіз і обробку великої кількості візуальних даних про транспортні потоки.

Приклад зростання кількості транспортних засобів на рис. 1.6.

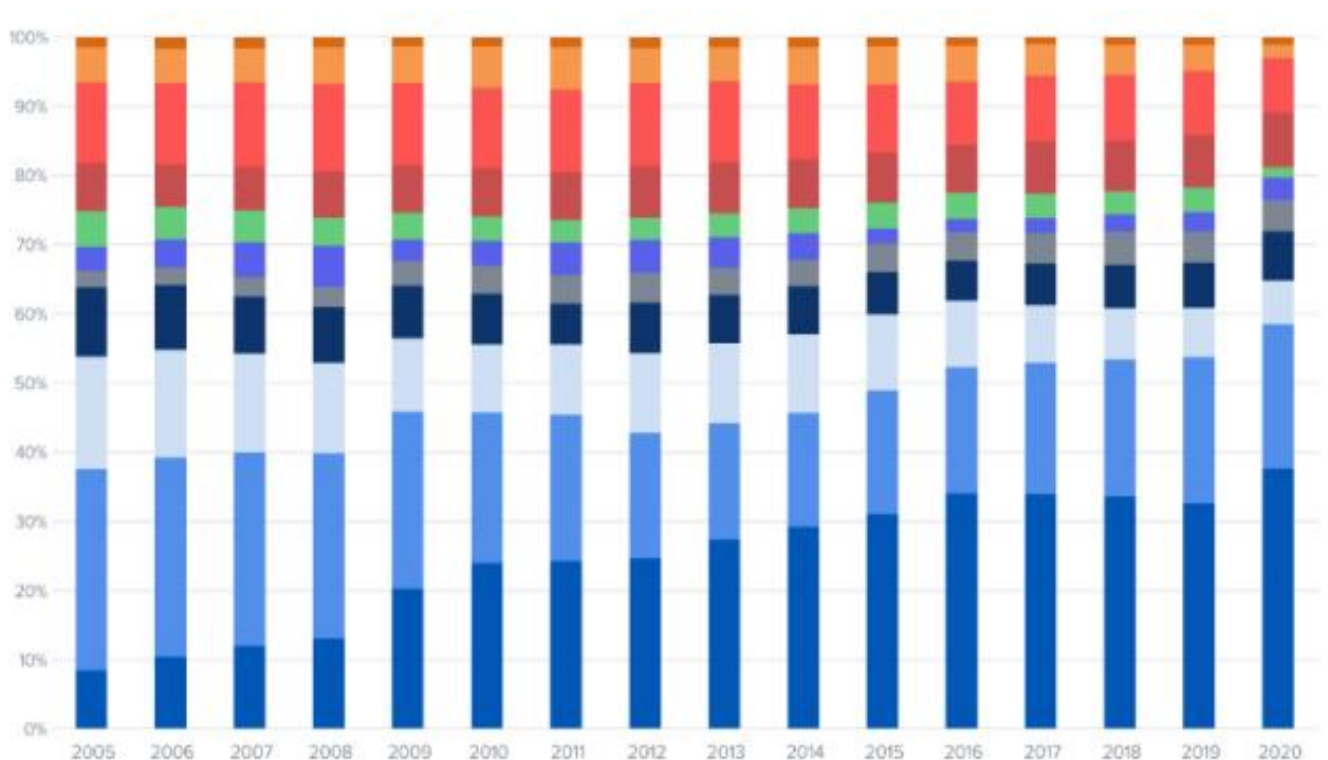


Рисунок 1.6 – Приклад зростання кількості транспортних засобів

Перелік країн: Китай, Європа, США, Японія, Індія, Країни СНГ, Великобританія, Близький Схід, інші країни.

Безпека дорожнього руху: одним із ключових завдань сучасних транспортних систем є забезпечення безпеки на дорогах. Автоматизовані

системи, здатні розпізнавати ознаки транспортних засобів, можуть оперативно виявляти порушників правил дорожнього руху (перевищення швидкості, проїзд на червоне світло, недотримання дорожніх знаків) і попереджати аварійні ситуації. Це також включає виявлення транспортних засобів, що знаходяться в розшуку або є причетними до незаконної діяльності.

Інтелектуальні сучасні системи: сучасні міста прагнуть стати "розумними" (smart cities), інтегруючи інтелектуальні транспортні системи для керування дорожнім рухом, паркуванням та іншими інфраструктурними процесами. Модулі для автоматичного визначення ознак транспортних засобів є невід'ємною частиною таких систем, оскільки вони дозволяють відслідковувати потік автомобілів, оптимізувати рух на перехрестях та забезпечувати ефективне керування трафіком.

Боротьба з незаконними діями: автоматичне розпізнавання номерних знаків і характеристик транспортних засобів відіграє ключову роль у боротьбі з незаконними діями, такими як крадіжки автомобілів, тероризм або контрабанда. Ці системи можуть швидко ідентифікувати підозрілі транспортні засоби та надавати необхідну інформацію правоохоронним органам.

Підвищення ефективності роботи дорожніх і митних служб: установлення таких модулів на митницях, контрольно-пропускних пунктах та в системах автоматизованого збору штрафів за порушення ПДР значно підвищує ефективність їхньої роботи. Це дозволяє оперативно обробляти велику кількість транспортних засобів, зменшуючи людський фактор та ризик помилок.

Автономні транспортні засоби: розвиток автономних автомобілів потребує постійного вдосконалення систем комп'ютерного зору та розпізнавання ознак транспортних засобів. Автомобілі, що рухаються без водіїв, повинні вміти коректно визначати транспортні засоби навколо них, аналізувати їхні характеристики для безпечної навігації та приймати рішення в режимі реального часу.

Економічна ефективність: автоматизовані системи зменшують необхідність у великій кількості персоналу для моніторингу транспортних

потоків і аналізу даних. Вони дозволяють значно скоротити час на обробку інформації, підвищують точність і надійність роботи систем, що, у свою чергу, зменшує витрати на управління транспортною інфраструктурою.

Однак при дослідженні даної області знайдено ряд недоліків, які обмежують їхню універсальність та надійність:

Погана освітленість: у нічний час або в умовах поганого освітлення система може працювати з меншим рівнем точності через недостатню видимість деталей транспортних засобів.

Погодні умови: дощ, туман, сніг або пил можуть суттєво знижувати якість вхідного зображення, що призводить до помилок у розпізнаванні.

Тіні та відблиски: сонячне світло або яскраві лампи можуть створювати відблиски або тіні, що ускладнює процес аналізу об'єктів.

### 1.5 Постійне вдосконалення системи аналізу ознак транспортних засобів

Оптимізація методів розпізнавання: для вдосконалення точності виявлення та класифікації ознак транспортних засобів можна використовувати сучасні алгоритми, такі як глибокі нейронні мережі (CNN, YOLO, Faster R-CNN).

Удосконалення предобробки зображень: можна експериментувати з техніками обробки зображень, такими як покращення контрасту, фільтрація шуму або вирівнювання освітлення для покращення якості вхідних даних.

Додаткові ознаки для навчання: важливо постійно додавати нові характеристики транспортних засобів, наприклад, форма фар, дзеркал, тип кузова або розмір. Це підвищить здатність системи до правильного розпізнавання у складних умовах.

Моделі глибокого навчання: використання вже навченої моделі (Transfer Learning) для підвищення продуктивності та точності, замість навчання моделі з нуля.

Збір більш різноманітних даних: щоб система могла аналізувати різні види транспортних засобів, необхідно збільшувати обсяг набору даних, додаючи приклади з різними умовами (ніч, день, дощ, сніг).

Аугментація даних: можна використовувати техніки аугментації (зміна кутів огляду, масштабування, відбиття зображень) для підвищення стійкості моделі до змін умов.

Зменшення затримок у реальному часі: якщо система працює у реальному часі, можна оптимізувати модель для швидшого виконання, зменшити обчислювальні вимоги.

Паралельна обробка даних: використання багатопоточності або розподілених обчислень для прискорення процесу аналізу.

Оновлення класифікаторів: систему потрібно постійно оновлювати, щоб вона могла розпізнавати нові моделі транспортних засобів або типи (електромобілі, гібриди).

## 1.6 Дані, які потрібні для визначення ознак транспортних засобів

Зображення транспортного засобу: основним джерелом даних є фотографії або відеозаписи транспортного засобу, отримані з камер спостереження, дорожніх камер, камер на перехрестях тощо.

Номерний знак (License Plate): дані про номерні знаки можуть бути отримані за допомогою технології автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR/ALPR). Це дозволяє ідентифікувати транспортні засоби на основі їх реєстраційних номерів.

Марка та модель: для визначення марки та моделі використовуються бази даних виробників транспортних засобів, а також алгоритми розпізнавання об'єктів (Object Detection), які можуть класифікувати транспортний засіб на основі його візуальних ознак.

Колір: аналіз кольору транспортного засобу здійснюється через обробку зображень, де використовуються алгоритми для визначення домінуючих кольорів на поверхні автомобіля.

Тип кузова (Body Type): тип кузова (седан, хетчбек, позашляховик тощо) може бути визначений за допомогою моделей машинного навчання, які класифікують транспортні засоби за їхньою формою та пропорціями.

Розмір: деякі системи можуть оцінювати приблизний розмір транспортного засобу, виходячи з пропорцій у порівнянні з іншими об'єктами на зображенні або відео.

Додаткові ознаки: наявність спеціальних позначок (наприклад, логотипи на кузові, наклейки, багажники на даху) також може бути важливою для точної ідентифікації.

Контекстні дані: можуть включати інформацію про місце та час зйомки, умови освітлення, кут камери, що також впливає на точність визначення ознак транспортних засобів.

## 1.7 Висновки до розділу

У ході дослідження було розглянуто можливості використання OpenCV для автоматизованого визначення транспортних засобів, зокрема виявлення номерних знаків, та інших характеристик. Аналіз аналогічних рішень, таких як Yolo та TensorFlow Object Detection API, показав їх високу ефективність, але виявив недоліки, які пов'язані зі складністю адаптації до змінних умов та високими вимогами до ресурсів. Актуальність цього дослідження в обумовлена потребою у вдосконаленні систем моніторингу транспорту, що широко застосовуються в безпеці, логістиці та дорожньому контролі. Основна мета полягає у створенні програмного модуля з інтегрованим ШІ для точного визначення та класифікації транспортних об'єктів, що покращує аналіз, контроль руху та безпеку на дорогах.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ

### 2.1 Опис об'єкта розробки

Об'єктом розробки є програмний модуль, призначений для автоматичного визначення ознак транспортних засобів із зображень або відеопотоку. Цей модуль призначений для інтеграції в системи моніторингу та аналізу дорожнього руху, системи безпеки, контролю доступу на парковки та інші додатки, що вимагають ідентифікації транспортних засобів за допомогою відеоаналітики.

До основних компонентів об'єкта розробки відносяться:

- обробка зображень та відео;
- автоматичне розпізнавання номерних знаків (ANPR/ALPR);
- визначення марки, моделі та типу кузова;
- розпізнавання кольору;
- класифікація додаткових ознак;
- виведення результатів.

Основними технологіями, що застосовуються під час розробки, є: комп'ютерний зір, глибинне навчання нейронних мереж та методи сегментації зображень.

До основних галузей застосування належать:

- системи безпеки: для виявлення та ідентифікації транспортних засобів у публічних місцях або на заходах з великою кількістю людей. Модуль може допомагати у пошуку підозрюваних автомобілів за описом або на основі інформації про номерні знаки, марку, модель і колір автомобіля;
- управління дорожнім рухом: використовується для моніторингу транспортних потоків, автоматизації контролю трафіку, а також виявлення порушень на дорогах (наприклад, перевищення швидкості або неправильне паркування);

– контроль доступу: при інтеграції з існуючими системами безпеки для поліпшення контролю доступу до приватних або корпоративних територій, наприклад, автоматизованого розпізнавання номерних знаків на паркувальних майданчиках.

Цей об'єкт розробки використовує сучасні алгоритми штучного інтелекту, зокрема комп'ютерний зір і машинне навчання, для створення ефективної системи розпізнавання транспортних засобів. Модуль може бути застосований у різних сферах, від безпеки до управління логістикою, що дозволяє покращити автоматизацію процесів і підвищити ефективність роботи різних систем.

## 2.2 Постановка задачі

Метою розробки є створення програмного модуля, який дозволяє автоматично визначати ознаки транспортних засобів на основі вхідних зображень або відео. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання.

Розробка алгоритмів для обробки зображень: створення механізмів попередньої обробки вхідних зображень або відеопотоку, які включають нормалізацію, покращення якості зображення та фільтрацію шумів. Це дозволить підвищити точність подальшого аналізу.

Автоматичне розпізнавання номерних знаків: розробити систему для виявлення та ідентифікації номерних знаків транспортних засобів. Це завдання включає застосування алгоритмів автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR/ALPR) з урахуванням різних кутів, умов освітлення та якості зображення.

Аналіз кольору транспортного засобу: реалізувати алгоритми для визначення домінуючого кольору автомобіля. Це завдання є важливим для точного розпізнавання, оскільки колір часто використовується для ідентифікації транспортних засобів.

### 2.3 Розпізнавання об'єктів на основі YOLO

YOLO (You Only Look Once) – це популярна архітектура для об'єктного детектування, яка дозволяє виявляти та локалізувати об'єкти на зображеннях у реальному часі.

YOLO була розроблена командою дослідників, очолюваною Джозефом Редмоном (Joseph Redmon) у 2015 році.

Основні характеристики YOLO.

Швидкість і ефективність: YOLO обробляє зображення за один прохід, що робить його дуже швидким. Це дозволяє використовувати його в реальному часі для відеоаналізу, що є критично важливим для багатьох застосувань, таких як системи безпеки чи управління дорожнім рухом.

Цілісний підхід: на відміну від традиційних методів, які спочатку виділяють області інтересу (region proposals), а потім класифікують ці області, YOLO обробляє зображення як єдине ціле. Це дозволяє зменшити кількість помилок, пов'язаних з виділенням об'єктів.

Сіткова архітектура: YOLO використовує згорткові нейронні мережі (CNN) для видобутку ознак зображення. Воно розбиває зображення на сітку, де кожен квадрат відповідає за виявлення об'єктів, що потрапляють у його межі (рис. 1.7).

Принцип роботи YOLO.

Видобуток ознак: згорткова нейронна мережа аналізує зображення та виділяє важливі ознаки. Вона навчається на великій кількості зображень, щоб розпізнавати різні об'єкти.

Передбачення: кожна клітина сітки генерує передбачення для об'єктів, які вона може містити. Ці передбачення включають:

- координати об'єкта (центра, ширини та висоти об'єкта);
- ймовірність того, що об'єкт належить до певного класу;
- обробка результатів.

Результати передбачень комбінуються, і проводиться фільтрація низькоякісних передбачень за допомогою порогу ймовірності.

Використовується метод non-maximum suppression (NMS) для усунення дублюючих передбачень, що можуть виникнути при перетині об'єктів (рис. 2.1).

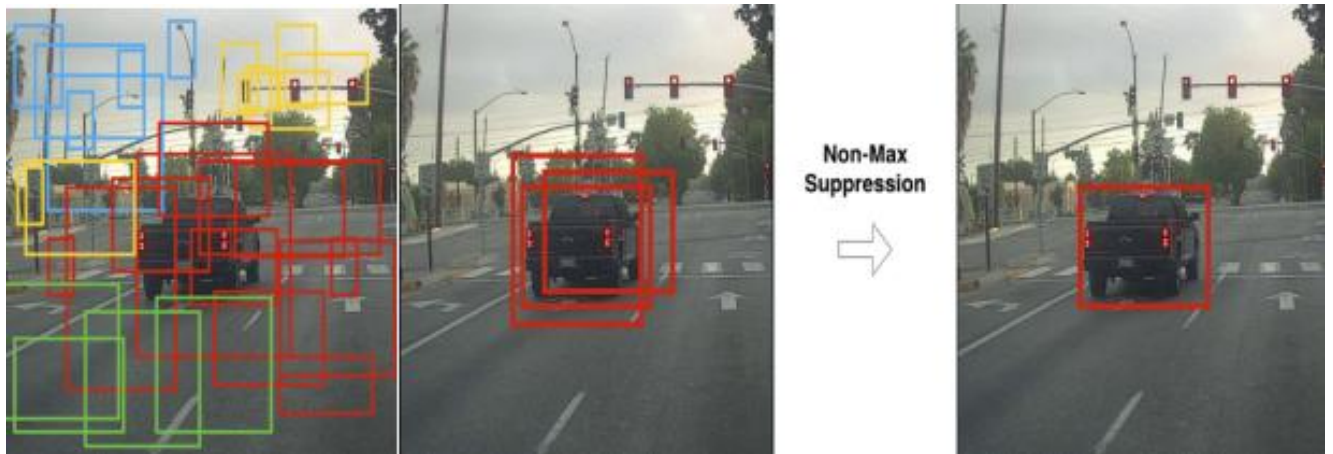


Рисунок 2.1 – Рисунок до і після NMS(non-max suppression)

Розбиття зображення на сітку: зображення ділиться на невеликі сіткові клітини. Кожна клітина несе відповідальність за передбачення певної кількості об'єктів.

Приклад розбиття зображень на сітку показано на рис. 2.2.

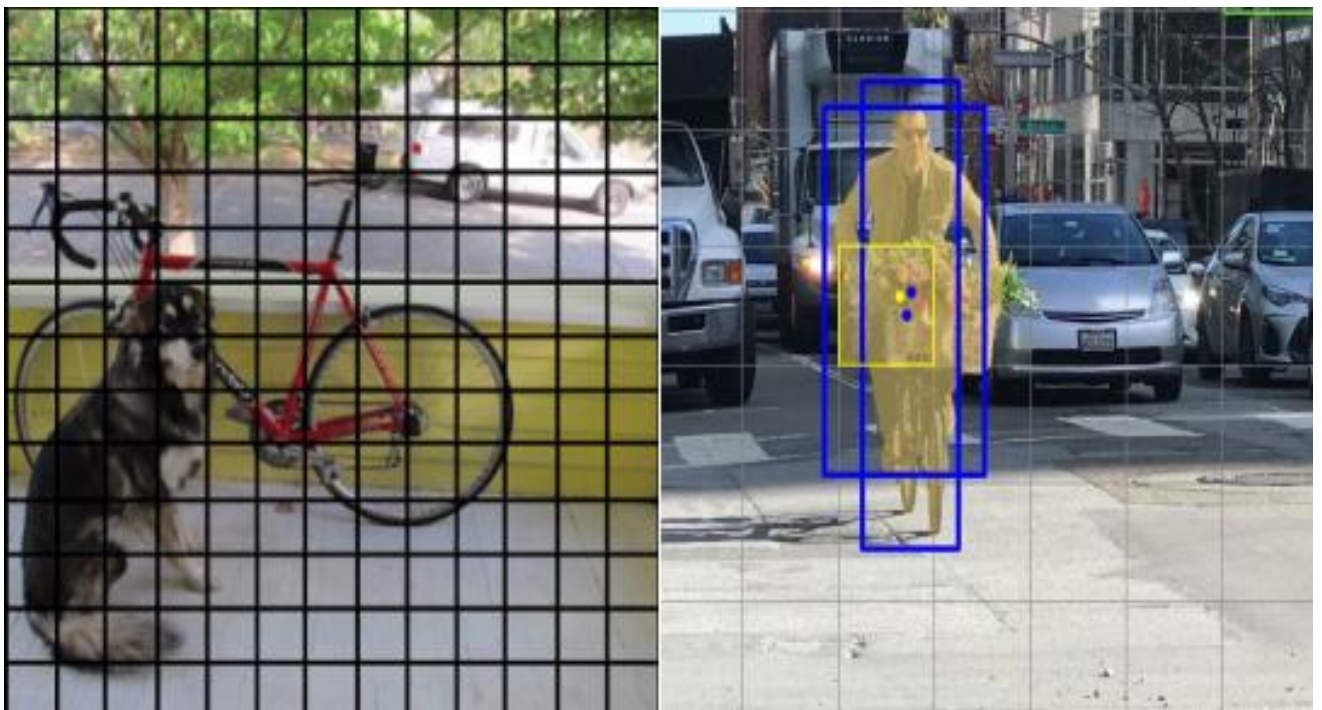


Рисунок 2.2 – Приклад розбиття зображень на сітку

Основними конкурентами YOLO є:

- Faster R-CNN: використовує регіональні пропозиції для детектування об'єктів, що забезпечує високу точність, але повільнішу обробку;
- SSD (Single Shot MultiBox Detector): швидший, ніж Faster R-CNN, але може поступатися в точності;
- RetinaNet: комбінує швидкість та точність за рахунок використання фокусу на важких для розпізнавання об'єктах.

Переваги:

- швидкість: YOLO є дуже швидким, що робить його підходящим для реального часу;
- простота: весь процес детектування об'єктів здійснюється в одному проході нейронної мережі;
- гнучкість: можна використовувати з різними архітектурами базових мереж.

Недоліки:

- точність: у порівнянні з деякими конкурентами, може мати нижчу точність, особливо при детектуванні малих об'єктів;
- залежність від якості даних: для досягнення кращих результатів потрібні якісні навчальні дані;
- проблеми з локалізацією: може бути менш точним у визначенні границь об'єктів у складних сценах.

Застосування:

- системи безпеки: виявлення підозрілих об'єктів у публічних місцях;
- контроль дорожнього руху: розпізнавання номерних знаків, марок і моделей автомобілів;
- аналіз відео: виявлення і відстеження об'єктів у спортивних подіях, розвагах і т.д;
- розпізнавання об'єктів у ритейлі: аналіз поведінки споживачів та їхньої взаємодії з продуктами.

YOLO є потужним інструментом для розпізнавання об'єктів, який забезпечує високу швидкість і точність, що робить його ідеальним вибором для реальних застосувань у системах безпеки, контролі дорожнього руху та інших сферах. Завдяки своїй архітектурі та можливості роботи в реальному часі, YOLO продовжує залишатися популярним вибором серед дослідників і розробників.

## 2.4 Архітектура системи

Система має вміти аналізувати зображення та відеопотоки, розпізнаючи транспортні засоби на основі їхніх зовнішніх ознак. Це дозволить ідентифікувати транспортні засоби або класифікувати їх за такими характеристиками, як номерний знак, марка, модель, колір та тип кузова.

Для досягнення високої точності розпізнавання система повинна використовувати алгоритми машинного навчання, глибокі нейронні мережі та технології комп'ютерного зору. Це забезпечить аналіз великої кількості параметрів, таких як структура транспортного засобу, його зовнішні атрибути та загальний вигляд.

Система повинна працювати в режимі реального часу, що дозволить оперативно отримувати інформацію з відеопотоків, миттєво виявляючи та класифікуючи транспортні засоби на основі їх зовнішніх ознак.

Система проєктується так, щоб бути модульною і легко масштабованою, що дозволить додавати нові функції або розширювати обсяги оброблюваних даних. Вона зможе інтегруватися з іншими системами, такими як дорожні камери спостереження або системи контролю доступу на паркувальних майданчиках.

Забезпечення конфіденційності даних користувачів та захист від несанкціонованого доступу до системи є ключовим аспектом проєктування. Це передбачає використання шифрування даних та контроль доступу на основі рівнів прав користувачів.

На рисунку 2.3 ми можемо спостерігати діаграму яка описує загальний контекст роботи застосунку для автоматичного визначення ознак транспортних засобів.

Основна функція – застосунок виконує автоматичне визначення транспортних засобів та їх ознак, таких як номерні знаки та типи. Він отримує відеопотік, обробляє його і надає результати у вигляді розпізнаних даних.

Входи – основним вхідним елементом є відеопотік. Це може бути відеозапис або відео, що транслюється в реальному часі. Ці дані є основою для подальшої обробки.

Виходи – виходом є розпізнані номерні знаки транспортних засобів, які представлені у вигляді тексту. Також система визначає класи транспортних засобів, що включають різні типи, такі як автомобіль, вантажівка, автобус або інші.

Механізми – система використовує модель для виявлення транспортних засобів і технологію для розпізнавання тексту. Для виконання обчислень задіяні ресурси обробки, такі як графічний процесор або центральний процесор.

Управління – управління здійснюється за допомогою алгоритмів, що обробляють зображення та аналізують текст. Також використовуються правила для фільтрації даних, щоб забезпечити точність і релевантність результатів.

Для кращого розуміння роботи системи була розроблена друга діаграма (рис. 2.4), яка деталізує основні етапи та підпроцеси застосунку. Ця діаграма дозволяє чітко уявити, як відеопотік обробляється на кожному етапі, починаючи від захоплення відео та виявлення транспортних засобів, і закінчуючи розпізнаванням номерних знаків та збереженням результатів.

Розгорнута структура показує взаємозв'язок між окремими підпроцесами, такими як:

- захоплення відеопотоку для його підготовки до аналізу;
- виявлення транспортних засобів, що дозволяє визначити їхні координати та типи;
- розпізнавання номерних знаків для отримання текстової інформації;

- аналіз результатів і збереження даних у вигляді звіту.

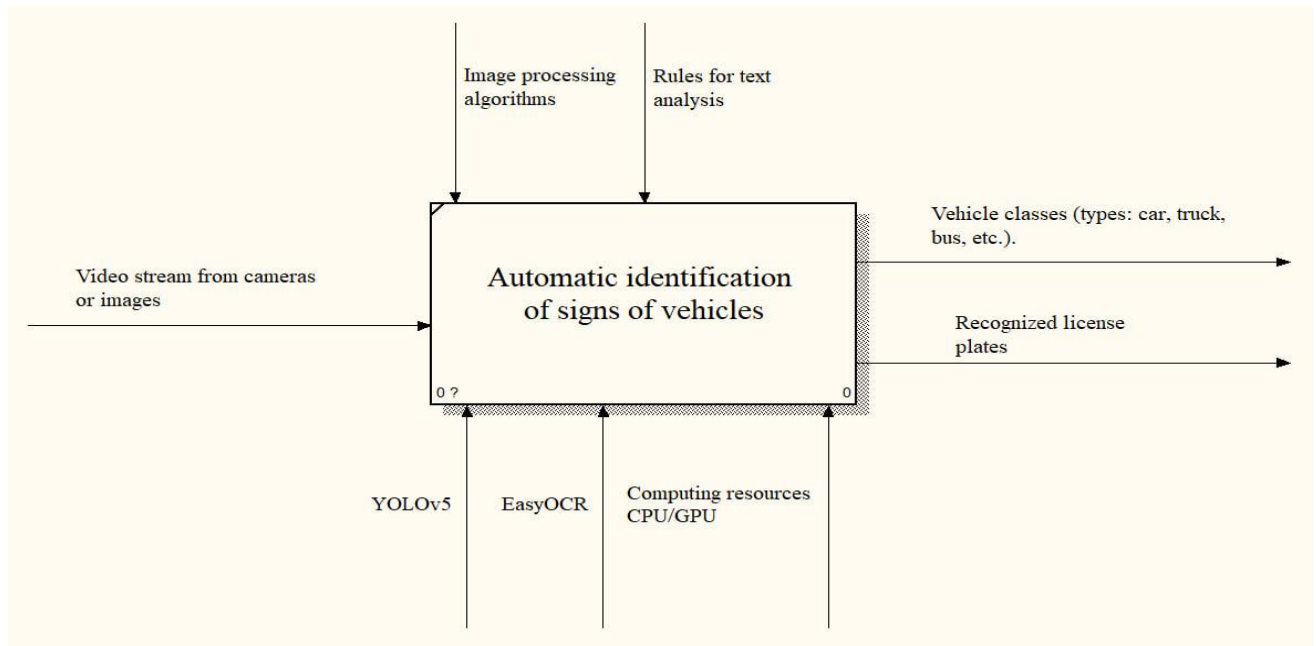


Рисунок 2.3 – IDF0 діаграма процесу розпізнавання ознак транспортних засобів

## 2.5 Висновки до розділу

Під час проєктування архітектури системи, було здійснено опис об'єкта досліджень, а також постановлено задачу досліджень спрямовану на досягнення мети кваліфікаційної роботи та досягненню нових наукових результатів. В ході постановлення задачі визначено: основну мету розвитку системи, основні функціональні можливості та нефункціональні вимоги до проєктованої системи.

В результаті проведеної роботи, було визначено ключові складові архітектури та побудовано її структурну схему, для кращого сприйняття загальну структурну схему було декомпозовано, на більш детальну схему з відображенням вхідних та вихідних даних з використанням механізмів та елементів управління, необхідні для реалізації кожного етапу процесу розпізнавання образів.

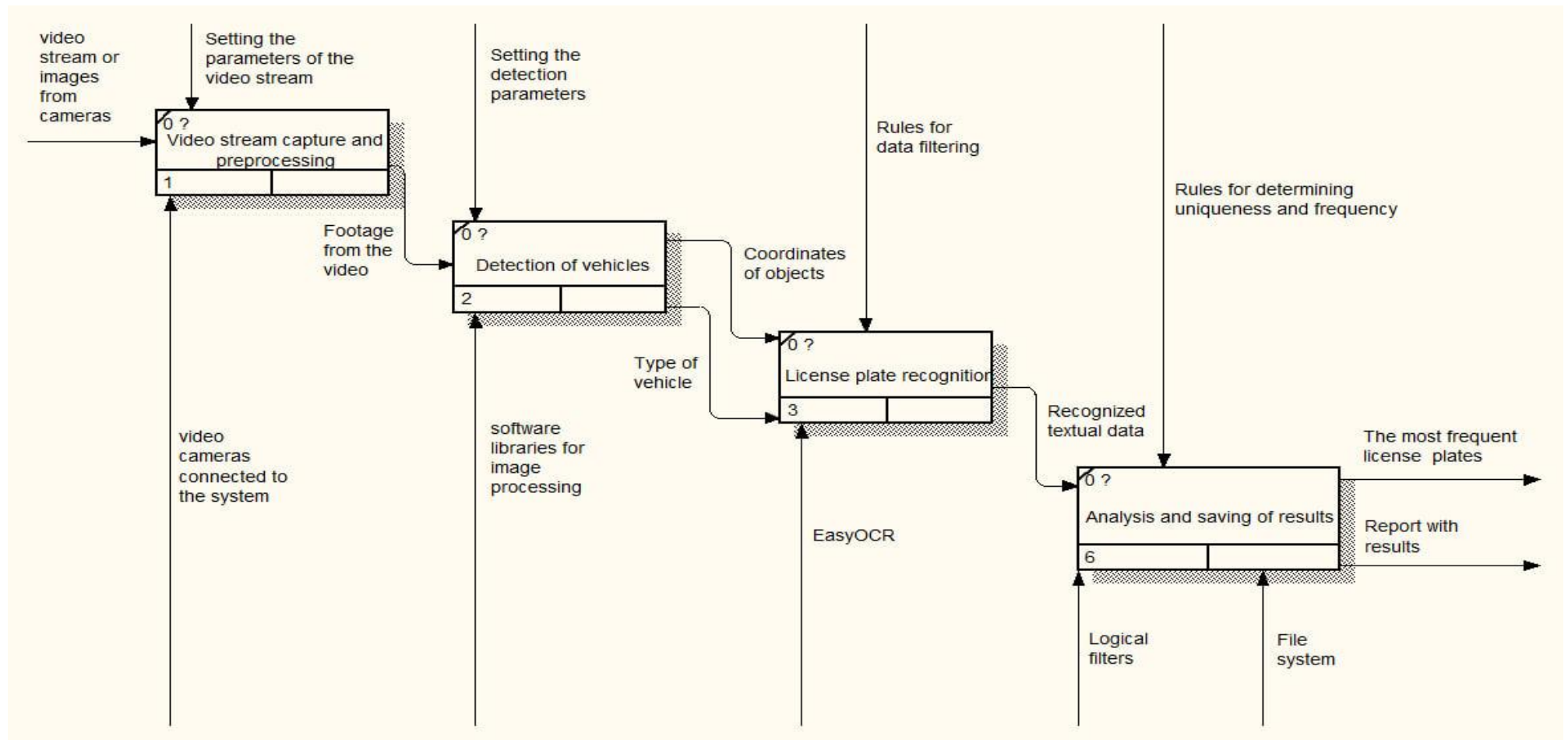


Рисунок 2.4 – Декомпована IDF0 діаграма процесу розпізнавання ознак транспортних засобів

### **3 РОЗРОБКА МОДУЛЯ ОБРОБКИ ВІДЕО ТА РОЗПІЗНАВАННЯ НОМЕРНИХ ЗНАКІВ**

Вибір мов програмування та інструментів для розробки програмного забезпечення є важливим етапом в процесі створення програм для специфічних задач, таких як обробка відео. Враховуючи швидкий розвиток технологій та появу нових фреймворків, вибір мов і засобів розробки може впливати на ефективність, продуктивність і зручність створення кінцевого продукту.

Одним із ключових напрямів у сучасній розробці є обробка відео, яка може включати різноманітні задачі, починаючи від декодування та аналізу зображень, і до застосування складних алгоритмів машинного навчання та комп'ютерного зору. Для вирішення цих задач необхідно вибирати мови програмування та інструменти, які здатні ефективно працювати з великими обсягами даних та забезпечувати швидку обробку відео в реальному часі.

У контексті розробки програм для обробки відео існує кілька мов програмування, кожна з яких має свої переваги. Одна з найбільш популярних мов для таких задач – це Python. Завдяки наявності великої кількості бібліотек для комп'ютерного зору як OpenCV, Python є ідеальним вибором для швидкої розробки прототипів та реалізації складних алгоритмів обробки відео. Легкість в інтеграції з різними фреймворками, наявність потужних бібліотек для роботи з відео та зображеннями роблять Python універсальним інструментом для дослідників та розробників.

Ключовими аспектами розробки алгоритмів для обробки відео є правильне використання бібліотек та інструментів для декодування, аналізу, обробки та маніпулювання відеофайлами.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) є однією з найбільш поширених бібліотек для комп'ютерного зору та обробки зображень, яка підтримує обробку відео та різноманітні техніки, включаючи розпізнавання об'єктів, детекцію руху, аналіз кольору та багато іншого.

Не менш важливим аспектом є інтеграція обробки відео з іншими технологіями та інструментами. Наприклад, для обробки відео в реальному часі, коли важлива затримка, може використовуватися GPU-акселерація через використання таких бібліотек як CUDA.

### 3.1 Розробка алгоритму роботи

На рисунку 3.1 показано алгоритм роботи системи обробки відеопотоку з метою виявлення та розпізнавання номерних знаків транспортних засобів.

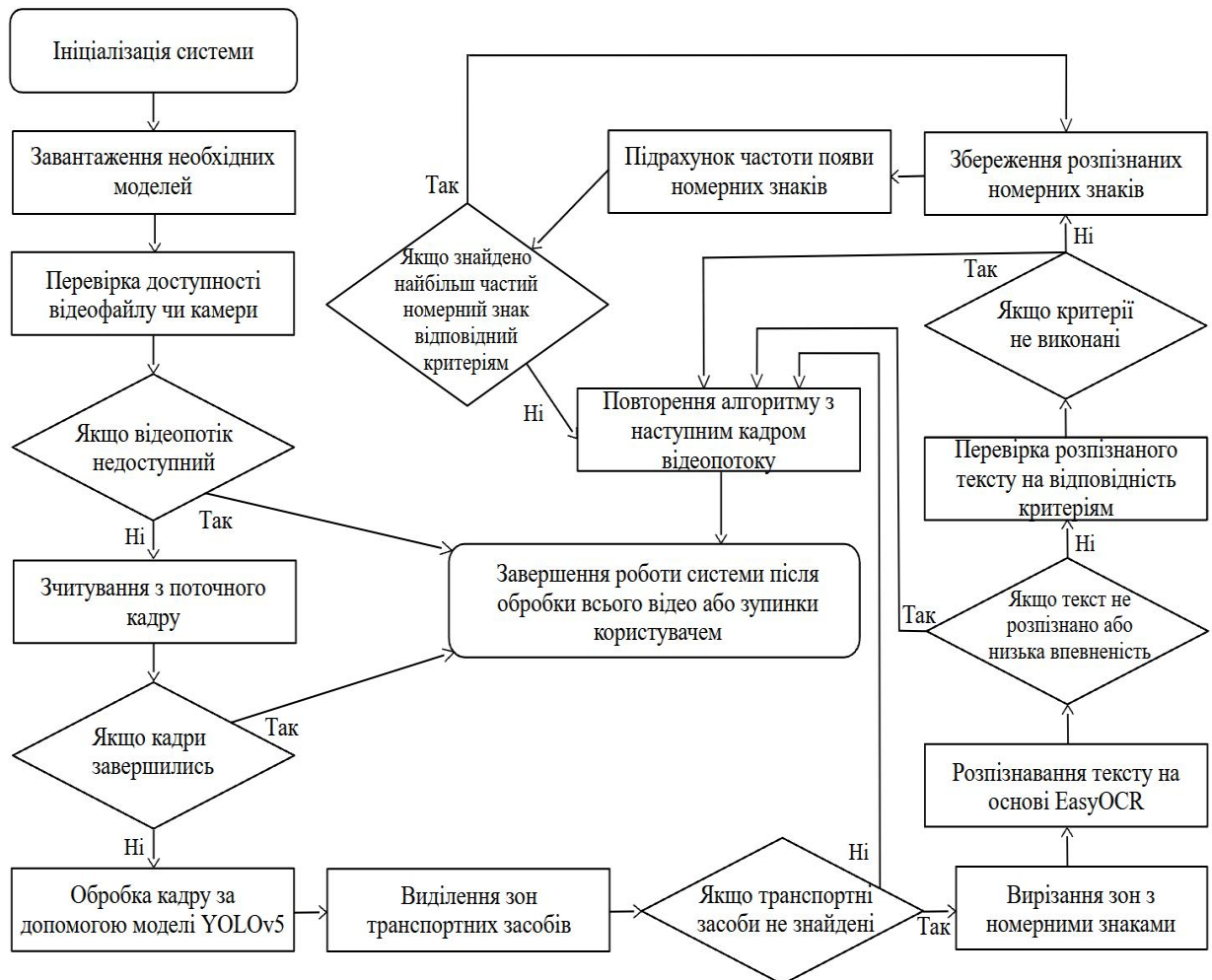


Рисунок 3.1 – Алгоритм з обробки відео та розпізнавання номерних знаків

Алгоритм роботи системи для обробки відеопотоку з метою виявлення та розпізнавання номерних знаків транспортних засобів складається з кількох етапів, що забезпечують ефективну обробку даних. На рисунку 3.1 цей алгоритм представлений у вигляді блок-схеми, що демонструє зв'язки між основними процесами. Алгоритм включає наступні етапи:

- ініціалізація системи – на цьому етапі завантажуються необхідні моделі: YOLOv5 для виявлення об'єктів на зображеннях (транспортні засоби) та EasyOCR для розпізнавання тексту з номерних знаків. Ці моделі є основними компонентами, що забезпечують точність і швидкість аналізу;

- перевірка доступності відеопотоку – система перевіряє, чи доступний відеофайл або камера. Якщо відеопотік недоступний, обробка припиняється з виведенням відповідного повідомлення про помилку;

- обробка кадру – захоплюється поточний кадр з відеопотоку. Якщо кадри завершилися (кінець відео), алгоритм завершує свою роботу;

- виявлення транспортних засобів – кадр аналізується за допомогою моделі YOLOv5, яка виявляє транспортні засоби та виділяє їхні області (ROI). Якщо транспортні засоби на кадрі не виявлені, алгоритм переходить до наступного кадру;

- розпізнавання номерних знаків – в області, що відповідає кожному транспортному засобу, здійснюється розпізнавання тексту за допомогою EasyOCR. Якщо розпізнати текст не вдалося або рівень впевненості низький, система переходить до обробки наступного кадру;

- валідація номерних знаків – розпізнаний текст перевіряється на відповідність певним критеріям, таким як довжина тексту, відсутність пробілів тощо. Якщо номерний знак не відповідає цим критеріям, обробка переходить до наступного кадру;

- аналіз результатів – валідні номерні знаки зберігаються у файл, а також аналізується частота їх появи. Якщо певний номерний знак зустрічається найчастіше і відповідає критеріям, він виводиться на екран;

- повернення до обробки – алгоритм переходить до наступного кадру відеопотоку. Цей процес повторюється, поки не буде оброблено всі кадри;
- завершення роботи – система завершує обробку після перегляду всіх кадрів відеопотоку або за ініціативою користувача. Всі результати обробки зберігаються для подальшого аналізу.

### 3.2 Вибір мов та засобів програмування

Вибір мови залежить від конкретних завдань, інструментів, вимог проєкту. На даний момент для роботи з моделями штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) використовується декілька популярних мов програмування: Python, Java, C++, JavaScript.

Кожна з цих мов має власні переваги та недоліки, але Python являється передовою і має ряд деяких переваг, основні з яких: величезна екосистема бібліотек і фреймворків, простота у використанні, активна спільнота, кросплатформенність, інтеграція з іншими технологіями, підтримка GPU, готові інструменти для розробки.

На сьогоднішній день для розробки програмного забезпечення використовуються різні редактори коду та інтегровані середовища розробки (IDE). Одним із найпопулярніших інструментів є Visual Studio Code (VS Code), але існує також кілька конкурентів, таких як IntelliJ IDEA, PyCharm, Sublime Text, Atom, Vim та Eclipse.

Кожен із цих інструментів має свої переваги та недоліки, але VS Code є передовим вибором і має низку переваг, серед основних: безкоштовність та відкритий код, гнучка розширюваність, простота у використанні, кросплатформенність, інтеграція з Git, підтримка автодоповнення.

На даний момент для розпізнавання тексту (OCR) використовуються різні бібліотеки та інструменти. Одним із найпопулярніших рішень є EasyOCR, але також існує кілька конкурентів, таких як Tesseract OCR, Google Vision API, Azure Cognitive Services OCR, Amazon Textract та ABBYY FineReader SDK.

Кожен із цих інструментів має свої переваги та недоліки, але EasyOCR виділяється серед інших завдяки таким особливостям: простота у використанні, підтримка багатьох мов, глибоке навчання, легка інтеграція, кросплатформенність, відкритий код.

### 3.3 Розроблення модулю для обробки відео

Модуль написаний в середовищі Visual Studio Code на мові Python. Він починається з імпорту необхідних бібліотек та ініціалізації змінних і об'єктів (рис. 3.2):

- cv2 для обробки відео та зображень;
- easyocr для розпізнавання тексту (номерних знаків);
- torch для використання глибинної моделі YOLOv5;
- numpy для роботи з масивами;
- threading для паралельної обробки відео;
- warnings для управління попередженнями.

```
1  import cv2
2  import easyocr
3  import threading
4  import torch
5  import numpy as np
6  import time
7  import warnings
8  from collections import defaultdict
```

Рисунок 3.2 – Імпортуємо необхідні бібліотеки

Ця функція обробляє відеофайл, завантажений за допомогою `cv2.VideoCapture`.

Для кожного кадру відео здійснюється детекція транспортних засобів за допомогою моделі YOLOv5.

Визначаються прямокутники навколо знайдених транспортних засобів, і кожен такий об'єкт передається для подальшої обробки (рис. 3.3).

```
# Функція для визначення транспортних засобів
def detect_vehicles(video_path):
    cap = cv2.VideoCapture(video_path)
    if not cap.isOpened():
        print("Не вдалося відкрити відео.")
        return

    while cap.isOpened():
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            print("Кадр не вдалося прочитати.")
            break

        # Обробка кадру за допомогою YOLOv5
        results = model(frame)

        # Отримуємо детекції
        detections = results.pandas().xxyy[0]

        # Фільтруємо транспортні засоби
        vehicles = detections[detections['class'].isin(VEHICLE_CLASSES.keys())]

        # Обробляємо кожний транспортний засіб
        for _, vehicle in vehicles.iterrows():
            x1, y1, x2, y2 = int(vehicle['xmin']), int(vehicle['ymin']), int(vehicle['xmax']), int(vehicle['ymax'])
            class_id = int(vehicle['class'])
            label = VEHICLE_CLASSES[class_id]

            # Малюємо прямокутник навколо транспортного засобу
            cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), (0, 255, 0), 2)
            cv2.putText(frame, label, (x1, y1 - 10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (0, 255, 0), 2)

            # Вирізаємо область транспортного засобу для розпізнавання
            vehicle_roi = frame[y1:y2, x1:x2]
            recognize_license_plate(vehicle_roi, frame, x1, y1)

        # Відображаємо кадр
        cv2.imshow("Vehicle Detection", frame)

        # Зберігаємо найбільш частий номерний знак
        get_most_common_license_plate()

        # Вийти, якщо натиснуто 'q'
        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
            break

    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()
```

Рисунок 3.3 – Функція для визначення транспортних засобів

Ця функція використовує бібліотеку EasyOCR для розпізнавання тексту (номерного знака) в області інтересу (ROI) транспортного засобу.

Розпізнаний номер зберігається в файл і підраховується кількість його повторів у словнику `plate_counts`.

На кадрі малюється полігон навколо розпізнаного номерного знака (рис. 3.4).

```
# Функція для розпізнавання номерного знака
def recognize_license_plate(vehicle_roi, frame, x1, y1):
    results = reader.readtext(vehicle_roi)
    for detection in results:
        license_plate = detection[1].strip()
        plate_counts[license_plate] += 1

    # Додаємо номерний знак у файл
    with open(output_file, "a") as file:
        file.write(f"Розпізнаний номерний знак: {license_plate}\n")

    # Малюємо рамку навколо розпізнаного номерного знака
    box = detection[0]
    points = np.array(box, dtype=np.int32)
    points[:, 0] += x1
    points[:, 1] += y1
    cv2.polylines(frame, [points], isClosed=True, color=(0, 0, 255), thickness=2)
```

Рисунок 3.4 – Функція для розпізнавання номерних знаків

Ця функція підраховує найбільш часто розпізнаний номерний знак, який задовольняє певні умови (довжина не менше 8 символів без пробілів та мінімум два повтори).

Якщо такий номер знайдений, він виводиться на екран і записується у файл.

Після оновлення частоти номерних знаків, словник очищається, і фіксується новий час останнього оновлення (рис. 3.5).

```

# Функція для оновлення найбільш частого номерного знака
def get_most_common_license_plate():
    global last_update_time
    if plate_counts and (time.time() - last_update_time > update_interval):
        # Фільтруємо номерні знаки
        valid_plates = {
            plate: count
            for plate, count in plate_counts.items()
            if len(plate.replace(" ", "")) == 8 and count >= 2
        }

        if valid_plates:
            most_common_plate = max(valid_plates, key=valid_plates.get)
            print(f"Найбільш частий номерний знак (>=8 символів без пробілів, >=2 повтори): {most_common_plate}")
            with open(output_file, "a") as file:
                file.write(f"Найбільш частий номерний знак (>=8 символів без пробілів, >=2 повтори): {most_common_plate}\n")
        else:
            print("Немає номерних знаків, які відповідають критеріям.")
            with open(output_file, "a") as file:
                file.write("Немає номерних знаків, які відповідають критеріям.\n")

    # Очищуємо словник та оновлюємо час останнього оновлення
    plate_counts.clear()
    last_update_time = time.time()

```

Рисунок 3.5 – Функція для оновлення найбільш частого номерного знака

Ця функція запускає основний процес в окремому потоці. Вона вказує шлях до відеофайлу і передає його в функцію для обробки кадрів.

Використання потоку дозволяє виконувати детекцію без блокування основного потоку програми (рис. 3.6).

```

# Основна функція
def main():
    video_path = 'D:/DIPLOM/yolov5/data/images/test_image.mp4' # Шлях до відео
    detect_thread = threading.Thread(target=detect_vehicles, args=(video_path,))
    detect_thread.start()
    detect_thread.join()

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Рисунок 3.6 – Основна функція

В результаті роботи був розроблений алгоритм роботи модуля, визначено ключові задачі та функції, що мають виконуватися в ході роботи застосунку.

Після проведення аналізу визначено ключові мови програмування серед яких було обрано мову програмування Python через її зручність і легкість

використання, середовищем розробки обрано VS Code. Відповідно до спроектованого алгоритму розроблено модуль розпізнавання автомобілів та їх номерних знаків на відеопотоці.

### 3.4 Комп'ютерне моделювання системи автоматичного управління для розпізнавання транспортних засобів та номерних знаків

Розроблення інтелектуальних засобів комп'ютерного зору для автоматизації ідентифікації транспортних засобів потребує створення системи, яка забезпечує ефективне розпізнавання їхніх ознак у реальному часі.

Основним завданням моделювання є аналіз і оптимізація процесу визначення ключових характеристик транспортних засобів, інтеграція алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) для класифікації таких ознак, як колір, марка та модель, а також забезпечення стабільної роботи системи в умовах змін зовнішнього середовища.

Для досягнення цієї мети необхідно:

- а) розробити математичну модель процесу ідентифікації, яка враховує взаємодію всіх компонентів системи;
- б) визначити критерії якості роботи системи, серед яких:
  - 1) точність (відсоток правильно розпізнаних транспортних засобів);
  - 2) час реакції (затримка між отриманням зображення та виведенням результату);
  - 3) стійкість (здатність системи коректно працювати за різних умов освітлення, погодних факторів чи інших зовнішніх змін);
- в) оптимізувати параметри компонентів системи для досягнення максимальної продуктивності, забезпечуючи високу якість розпізнавання та мінімізацію помилок.

Реалізація таких підходів сприятиме створенню надійного інструмента для автоматичного визначення ознак транспортних засобів, що знайде своє

застосування в інтелектуальних транспортних системах, роботизованому контролю та аналітиці дорожнього руху.

На (рис. 3.7) кожен контур системи регулювання моделі ідентифікації транспортних засобів містить регулятори, що відповідають за обробку шумів, кількість ознак (наприклад, характеристики транспортного засобу, колір, форма, марка тощо) та параметри навчання системи  $W_{PN}$ ,  $W_{PS}$ ,  $W_{PP}$ . Об'єкти регулювання в системі представлені компонентами  $W_{P1}$ ,  $W_{P2}$ ,  $W_{P3}$ .

Кожен внутрішній контур регулювання підлягає оптимізації, тобто визначенню таких параметрів регулятора, які забезпечують задану якість роботи системи. Регулятор у контурі управління виконує роль послідовної коригувальної ланки. Його передавальна функція визначається структурою та параметрами відповідного елемента об'єкта управління, а також обраним критерієм оптимізації.

Таким чином, налаштування регуляторів у кожному контурі спрямоване на забезпечення стабільної та точної роботи системи ідентифікації, враховуючи вплив зовнішніх чинників і змін умов експлуатації.

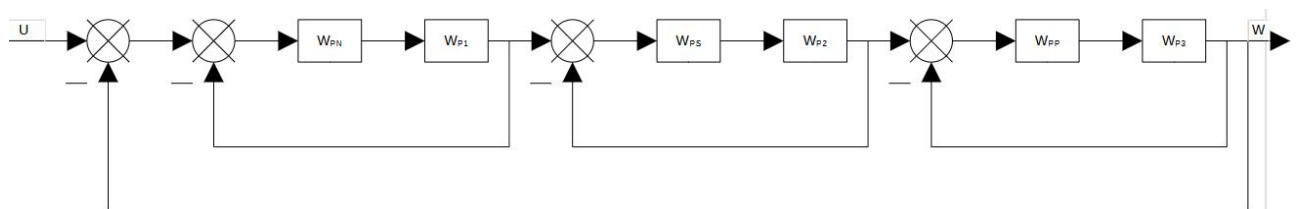


Рисунок 3.7 – Система регулювання моделі розпізнання

Для кожного внутрішнього контуру регулювання, що відповідає за ідентифікацію транспортних засобів, проводиться оптимізація. Це передбачає вибір таких параметрів регулятора, які забезпечують задану якість роботи системи управління.

Під якістю роботи системи розуміється перехідний процес при ступінчастому вхідному сигналі, який характеризується певним рівнем

перерегулювання, швидкодією та стійкістю до зовнішніх впливів. Серед критеріїв оптимізації найбільш поширеними є модульний і симетричний.

Модульний критерій оптимізації передбачає перехідний процес із контрольованим перерегулюванням під час відпрацювання ступінчастого вхідного сигналу. У цьому випадку передавальна функція замкненого контуру системи ідентифікації набуває вигляду коливальної ланки з заданим коефіцієнтом демпфірування, що дозволяє забезпечити необхідний баланс між швидкодією та точністю.

Для аналізу кожного контуру системи використовуємо передавальну функцію регулятора:

$$G_R(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right), \quad (3.1)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт підсилення (пропорційність);

$T_i$  – час інтегрування (впливає на накопичення помилок);

$T_d$  – час диференціювання (враховує швидкість зміни помилок);

$s$  – оператор Лапласа.

Передавальна функція об'єкта регулювання:

$$G_0(s) = \frac{K_0}{T_0 s + 1}, \quad (3.2)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт підсилення об'єкта;

$T_0$  – постійна часу об'єкта.

Передавальна функція замкнутої системи:

$$W(s) = \frac{G_R(s)G_0(s)}{1 + G_R(s)G_0(s)}. \quad (3.3)$$

Контур шуму (WPN) призначений для приглушення впливу завад і шумів на вхідний сигнал.

Передавальна функція регулятора ( $G_{R1}(s)$ ):

$$G_{R1}(s) = K_{p1} \left( 1 + \frac{1}{T_{i1}s} + T_{d1}s \right), \quad (3.4)$$

де  $K_{p1}$  – коефіцієнт пропорційності для регулятора шуму;

$T_{i1}$  – час інтегрування для компенсації систематичних помилок;

$T_{d1}$  – час диференціювання для пригнічення швидких змін (шумів).

Передавальна функція об'єкта ( $G_{O1}(s)$ ):

$$G_{O1}(s) = \frac{K_{O1}}{T_{O1}s+1}, \quad (3.5)$$

де  $K_{O1}$  – коефіцієнт підсилення об'єкта;

$T_{O1}$  – постійна часу, яка визначає інерційність об'єкта.

Передавальна функція замкнутої системи ( $W_{PN}(s)$ ):

$$W_{PN}(s) = \frac{G_{R1}(s)G_{O1}(s)}{1 + G_{R1}(s)G_{O1}(s)}. \quad (3.6)$$

Контур ознак (WPS) відповідає за оптимальне використання кількості ознак (колір, форма, текстура).

Передавальна функція регулятора ( $G_{R2}(s)$ ):

$$G_{R2}(s) = K_{p2} \left( 1 + \frac{1}{T_{i2}s} + T_{d2}s \right), \quad (3.7)$$

де  $K_{p2}$  – коефіцієнт підсилення для регулятора ознак;

$T_{i2}$  – час інтегрування для компенсації похибок;

$T_{d2}$  – час диференціювання для врахування швидких змін.

Передавальна функція об'єкта управління ( $G_{O2}(s)$ ):

$$G_{O2}(s) = \frac{K_{O2}}{T_{O2}s+1}, \quad (3.8)$$

де  $K_{O2}$  – коефіцієнт підсилення об'єкта;

$T_{O2}$  – постійна часу об'єкта.

Передавальна функція замкнутої системи ( $W_{PS}(s)$ ):

$$W_{PS}(s) = \frac{G_{R2}(s)G_{O2}(s)}{1+G_{R2}(s)G_{O2}(s)}. \quad (3.9)$$

Контур навчання (WPP) налаштовує параметри для адаптації системи до зовнішніх умов.

Передавальна функція регулятора ( $G_{R3}(s)$ ):

$$G_{R3}(s) = K_{p3} \left( \frac{1}{T_{i3}s} + T_{d3}s \right), \quad (3.10)$$

де  $K_{p3}$  – коефіцієнт підсилення для регулятора навчання;

$T_{i3}$  – час інтегрування для врахування довготривалих змін;

$T_{d3}$  – час диференціювання для швидких змін у навчанні.

Передавальна функція об'єкта управління ( $G_{O3}(s)$ ):

$$G_{O3}(s) = \frac{K_{O3}}{T_{O3}s+1}, \quad (3.11)$$

де  $K_{O3}$  – коефіцієнт підсилення об'єкта;

$T_{O3}$  – постійна часу.

Передавальна функція замкнутої системи ( $W_{PP}(s)$ ):

$$W_{PP}(s) = \frac{G_{R3}(s)G_{O3}(s)}{1+G_{R3}(s)G_{O3}(s)}. \quad (3.12)$$

Критерії оптимізації для кожного регулятора.

Точність: забезпечується мінімізацією похибки перехідного процесу:

$$e_t = \lim_{t \rightarrow \infty} |r(t) - y(t)|, \quad (3.13)$$

де  $r(t)$  – бажаний сигнал;

$y(t)$  – вихідний сигнал.

Час реакції:

$$t_r = t_{90} - t_{10}, \quad (3.14)$$

де  $t_{90}$  і  $t_{10}$  – часи досягнення 90% і 10% від усталеного значення.

Розрахунок параметрів регуляторів.

Використовуємо підбір параметрів  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  для кожного регулятора:

– шум (WPN): зменшуємо вплив завад. Параметри:  $K_p = 0,5$ ,  $T_i = 0,1$ ,  $T_d = 0,01$ ;

– ознаки (WPS): забезпечуємо точність розпізнавання. Параметри:  $K_p = 1,0$ ,  $T_i = 0,5$ ,  $T_d = 0,1$ ;

– навчання (WPP): оптимізуємо швидкість адаптації. Параметри:  $K_p = 0,8$ ,  $T_i = 0,3$ ,  $T_d = 0,05$ .

Для проведення розрахунків та моделювання, було використано середовище MatLab.

При проведенні моделювання для знаходження оптимальних параметрів було написано функції оптимізації (рис. 3.8).

```

evaluate_performance.m  x  +
1  function cost = evaluate_performance(params, K_0, T_0)
2      K_p = params(1);
3      T_i = params(2);
4      T_d = params(3);
5      s = tf('s');
6      G_R = K_p * (1 + 1/(T_i*s) + T_d*s);
7      G_0 = K_0 / (T_0*s + 1);
8      W = feedback(G_R * G_0, 1);
9      info = stepinfo(W);
10     cost = info.Overshoot + info.SettlingTime; % Мінімізуємо перерегулювання і час налаштування
11     end

1  % Функція оптимізації
2  function [K_p_opt, T_i_opt, T_d_opt] = optimize_controller(K_0, T_0, initial_params)
3      options = optimset('Display', 'iter', 'TolFun', 1e-6);
4      obj_fun = @(params) evaluate_performance(params, K_0, T_0);
5      [opt_params, ~] = fminsearch(obj_fun, initial_params, options);
6      K_p_opt = opt_params(1);
7      T_i_opt = opt_params(2);
8      T_d_opt = opt_params(3);
9      end
10

```

Рисунок 3.8 – Код функції оптимізації

Проте в багатоконтурній системі всі дані необхідно аналізувати окремо. Вихідні дані кожного контуру слугують як початкові параметри для подальшої оптимізації. З метою вдосконалення роботи системи, було проведено розрахунки та оптимізацію параметрів у середовищі MatLab (рис. 3.9).

```

>> % Параметри контурів
% Контур шуму (WPN)
K_p1 = 2; % Коefіцієнт підсилення регулятора
T_i1 = 1; % Час інтегрування
T_d1 = 0.1; % Час диференціювання
K_O1 = 1; % Коefіцієнт підсилення об'єкта
T_O1 = 2; % Постійна часу об'єкта

% Контур ознак (WPS)
K_p2 = 3;
T_i2 = 1.5;
T_d2 = 0.2;
K_O2 = 1.2;
T_O2 = 2.5;

% Контур навчання (WPP)
K_p3 = 4;
T_i3 = 2;
T_d3 = 0.3;
K_O3 = 1.5;
T_O3 = 3;

% Передавальні функції регуляторів і об'єктів
s = tf('s');

% Контур шуму
G_R1 = K_p1 * (1 + 1/(T_i1*s) + T_d1*s);
G_O1 = K_O1 / (T_O1*s + 1);
W_PN = feedback(G_R1 * G_O1, 1);

% Контур ознак
G_R2 = K_p2 * (1 + 1/(T_i2*s) + T_d2*s);
G_O2 = K_O2 / (T_O2*s + 1);
W_PS = feedback(G_R2 * G_O2, 1);

% Контур навчання
G_R3 = K_p3 * (1 + 1/(T_i3*s) + T_d3*s);
G_O3 = K_O3 / (T_O3*s + 1);
W_PP = feedback(G_R3 * G_O3, 1);

% Контур навчання
G_R3 = K_p3 * (1 + 1/(T_i3*s) + T_d3*s);
G_O3 = K_O3 / (T_O3*s + 1);
W_PP = feedback(G_R3 * G_O3, 1);

>> % Оптимізація параметрів для кожного контуру
initial_params1 = [K_p1, T_i1, T_d1];
[K_p1_opt, T_i1_opt, T_d1_opt] = optimise_controller(K_O1, T_O1, initial_params1);

initial_params2 = [K_p2, T_i2, T_d2];
[K_p2_opt, T_i2_opt, T_d2_opt] = optimise_controller(K_O2, T_O2, initial_params2);

initial_params3 = [K_p3, T_i3, T_d3];
[K_p3_opt, T_i3_opt, T_d3_opt] = optimise_controller(K_O3, T_O3, initial_params3);

% Виведення оптимальних параметрів
fprintf('Оптимальні параметри для контуру шуму (WPN): K_p = %.2f, T_i = %.2f, T_d = %.2f\n', K_p1_opt, T_i1_opt, T_d1_opt);
fprintf('Оптимальні параметри для контуру ознак (WPS): K_p = %.2f, T_i = %.2f, T_d = %.2f\n', K_p2_opt, T_i2_opt, T_d2_opt);
fprintf('Оптимальні параметри для контуру навчання (WPP): K_p = %.2f, T_i = %.2f, T_d = %.2f\n', K_p3_opt, T_i3_opt, T_d3_opt);

```

Рисунок 3.9 – Знаходження оптимальних параметрів для системи

При проведенні оптимізації для кожного контуру окремо, було визначено основні параметри системи (рис. 3.10).

```

Optimization terminated:
the current x satisfies the termination criteria using OPTIONS.TolX of 1.000000e-04
and F(X) satisfies the convergence criteria using OPTIONS.TolFun of 1.000000e-06

Оптимальні параметри для контуру шуму (WPN): K_p = 408.17, T_i = 13.11, T_d = -0.00
Оптимальні параметри для контуру ознак (WPS): K_p = 65.51, T_i = 2.20, T_d = -0.03
Оптимальні параметри для контуру навчання (WPP): K_p = 16.24, T_i = 0.03, T_d = -0.12
>>

```

Рисунок 3.10 – Оптимальні параметри системи

В результаті проведеної роботи було отримано наступні оптимальні параметри: для контуру шуму (WPN):  $K_p = 408,17$ ;  $T_i = 13,11$ ;  $T_d = -0,00$ ; для контуру ознак (WPS):  $K_p = 65,51$ ;  $T_i = 2,20$ ;  $T_d = -0,03$ ; для контуру навчання (WPP):  $K_p = 16,24$ ;  $T_i = 0,03$ ;  $T_d = -0,12$ .

Знаходимо перехідну характеристику системи за допомогою розрахунків та моделювання у середовищі MatLab:

$$W(s) = \frac{K_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s) \frac{K_0}{T_0 s + 1}}{1 + K_p(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s) \frac{K_0}{T_0 s + 1}} = \frac{-11,21 s^6 + 2830 s^5 - 9,569e04 s^4 - 2,183e05 s^3 + 2,275e07 s^2 + 1,199e07 s + 7,815e05}{2,249e-06 s^6 + 0,1309 s^5 + 776,8 s^4 + 6,878e05 s^3 + 2,321e07 s^2 + 1,204e07 s + 7,815e05} \quad (3.15)$$

Для перевірки правильності отриманих результатів потрібно перевірити систему на стійкість.

Для перевірки стійкості передавальної функції слід визначити полюси системи, які є коренями знаменника передавальної функції. Полюси можна обчислити, використовуючи функції `pole()` (рис. 3.11).

```

>> W_total = W_PN_opt * W_PP_opt * W_PS_opt

W_total =

    -11.21 s^6 + 2830 s^5 - 9.569e04 s^4 - 2.183e05 s^3 + 2.275e07 s^2 + 1.199e07 s + 7.815e05
-----
    2.249e-06 s^6 + 0.1309 s^5 + 776.8 s^4 + 6.878e05 s^3 + 2.321e07 s^2 + 1.204e07 s + 7.815e05

Continuous-time transfer function.
Model Properties
>> poles = pole(W_total);
>> if all(real(poles) < 0) disp('Система стійка'); else disp('Система не стійка');end
Система стійка

```

Рисунок 3.11 – Перевірка системи на стійкість за розміщенням полюсів

В результаті перевірки розміщення полюсів було встановлено, що система стійка, адже їх значення менше 0, що говорить про їхнє розміщення у лівій напівплощині (для безперервних систем) або всередині одиничного кола (для дискретних систем). Для більш детального аналізу було застосовано вбудовану функцію `rzmap()`, для відображення візуалізації розташування нулів і полюсів системи (рис. 3.12).

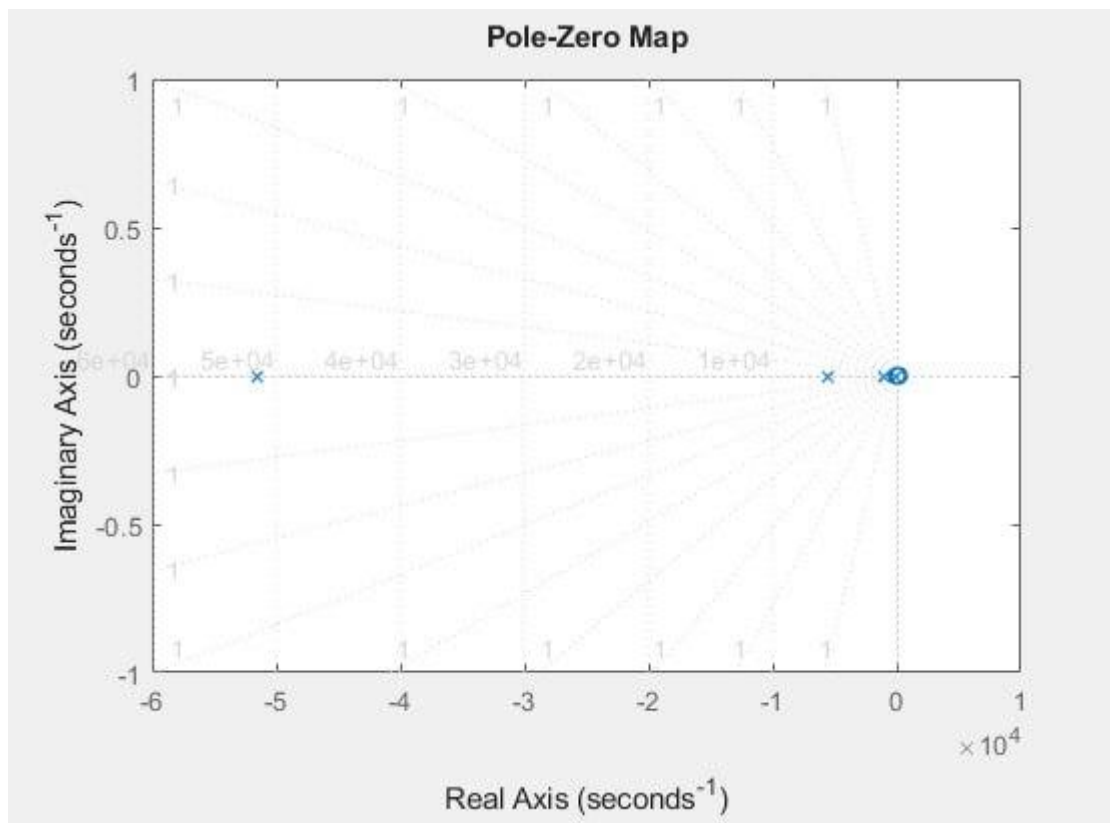


Рисунок 3.12 – Мапа нулів та полюсів отриманої системи

### 3.5 Висновки до розділу

У ході роботи було розроблено алгоритм для обробки відео та ідентифікації об'єктів, який враховує сучасні вимоги до ефективності та точності систем комп'ютерного зору. Було проведено вибір оптимальних засобів програмування, що забезпечують реалізацію поставлених задач, а також проведено комп'ютерне моделювання автоматичної системи управління з використанням потужних інструментів для комп'ютерного моделювання, у середовищі MATLAB.

Результатом роботи стала розробка модуля для обробки відео та ідентифікації транспортних засобів, який включає в себе оптимізовані контури управління, інтеграцію алгоритмів машинного навчання та налаштування параметрів для стабільної роботи системи в умовах змін зовнішнього середовища. Проведене моделювання підтвердило коректність обраних підходів та досягнення поставлених цілей.

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Загальною метою експериментальних досліджень є розроблення та вдосконалення програмного модуля для автоматизованого визначення ознак транспортних засобів. Цей модуль інтегрує сучасні алгоритми комп'ютерного зору та штучного інтелекту для забезпечення високої точності ідентифікації ознак з відео. Реалізація такого рішення спрямована на автоматизацію процесів моніторингу та обробки даних у сферах транспортної логістики, безпеки та управління дорожнім рухом.

Основні задачі дослідження включають:

- проведення дослідження ефективності роботи системи розпізнавання. Перевірка точності ідентифікації ознак транспортних засобів, таких як номерний знак. Аналіз швидкості обробки відео, надійності роботи алгоритмів і стійкості системи до змін умов навколишнього середовища (зокрема, освітлення, погодних умов чи руху);
- оптимізація використання ресурсів. Визначення оптимального використання обчислювальної потужності, обсягу пам'яті та пропускну здатності системи. Аналіз енергоефективності програмних рішень і адаптація алгоритмів до специфічних потреб, таких як мінімізація затримок при обробці даних;
- ідентифікація потенційних вразливостей. Виявлення недоліків у роботі системи, таких як помилки розпізнавання або збої у роботі під час високого навантаження. Аналіз їхнього впливу на загальну безпеку роботи модулю. Розроблення механізмів захисту даних та забезпечення стабільної роботи в реальному часі;
- перевірка відповідності архітектури системи вимогам до експлуатації. Оцінка масштабованості, інтеграції з іншими системами (наприклад, системами моніторингу дорожнього руху чи транспортної логістики), модульності та гнучкості програмного модуля. Забезпечення необхідної точності, стабільності та швидкодії розпізнавання.

### Експериментальні дослідження:

– під час експериментів здійснюється перевірка ефективності розробленої системи на відеозаписах із реальних умов експлуатації. Особлива увага приділяється аналізу точності ідентифікації ознак транспортних засобів, стійкості алгоритмів до змін умов навколишнього середовища та впливу зовнішніх факторів;

– результати експериментів демонструють ефективність розробленої системи, дозволяючи виявити можливості для подальшого вдосконалення програмного модуля. Результати розпізнавання об'єктів на відео показано на рис. 4.1–4.6.

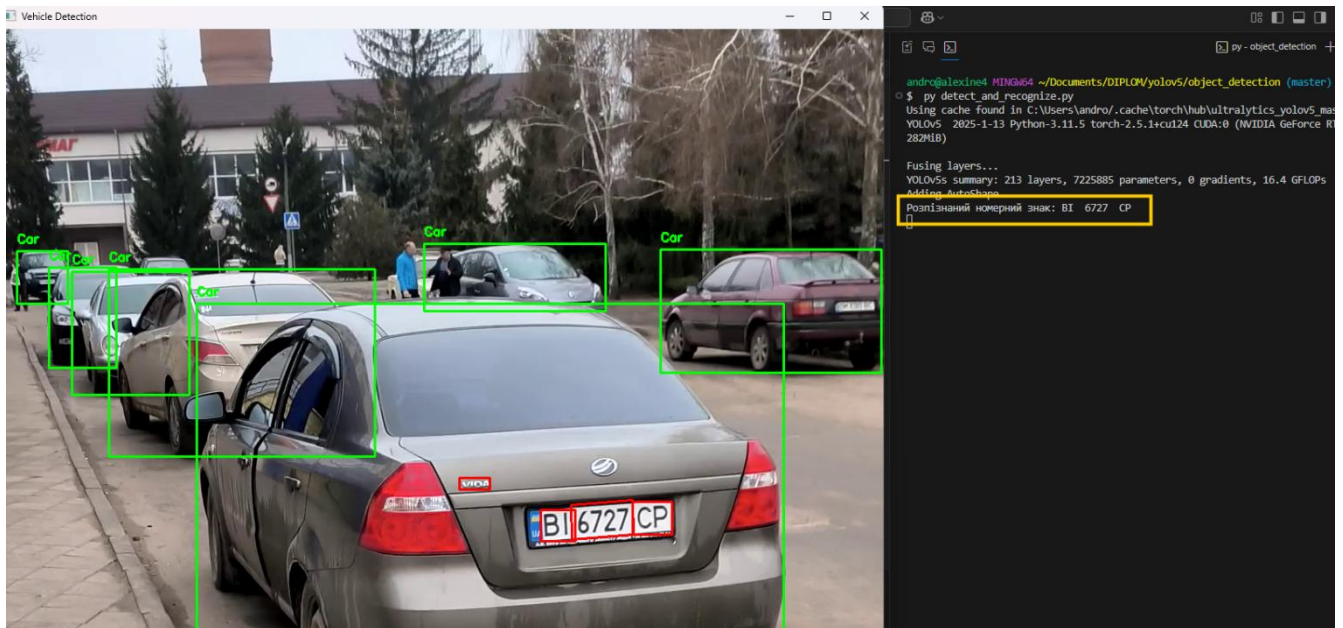


Рисунок 4.1 – Результат розпізнавання заднього номерного знаку

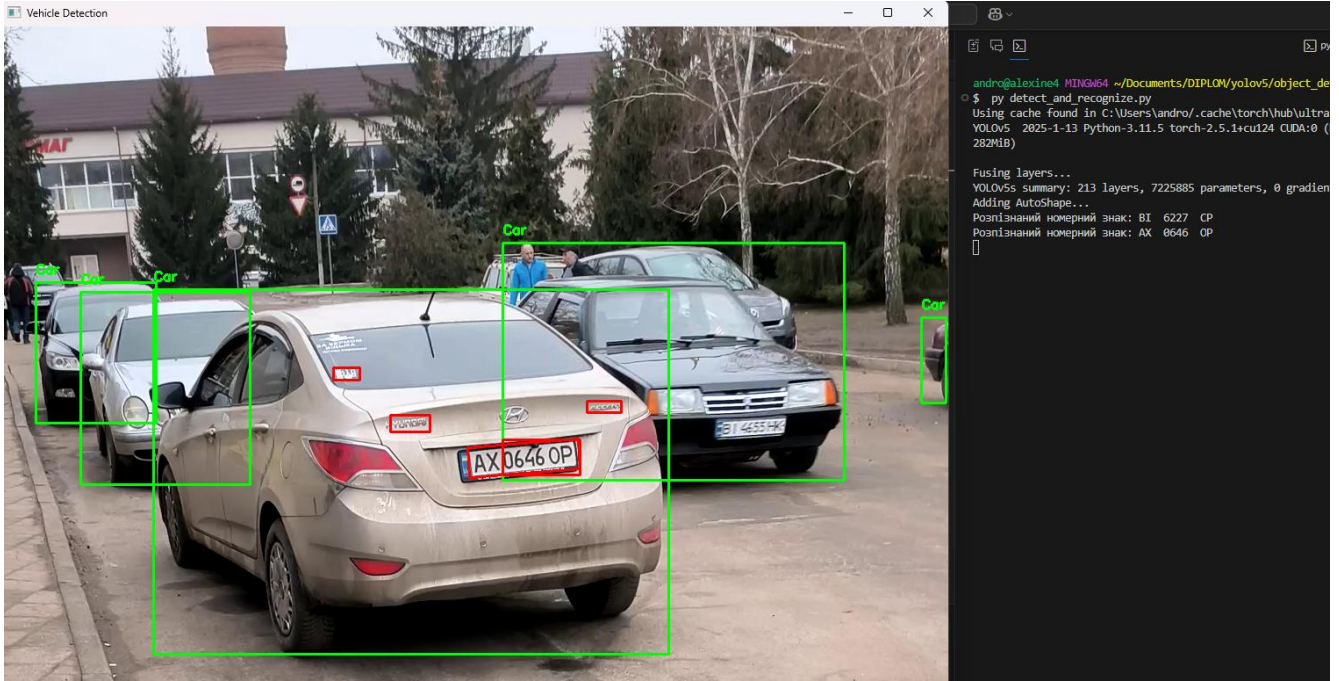


Рисунок 4.2 – Результат розпізнавання двох номерних знаків спереди і ззаду

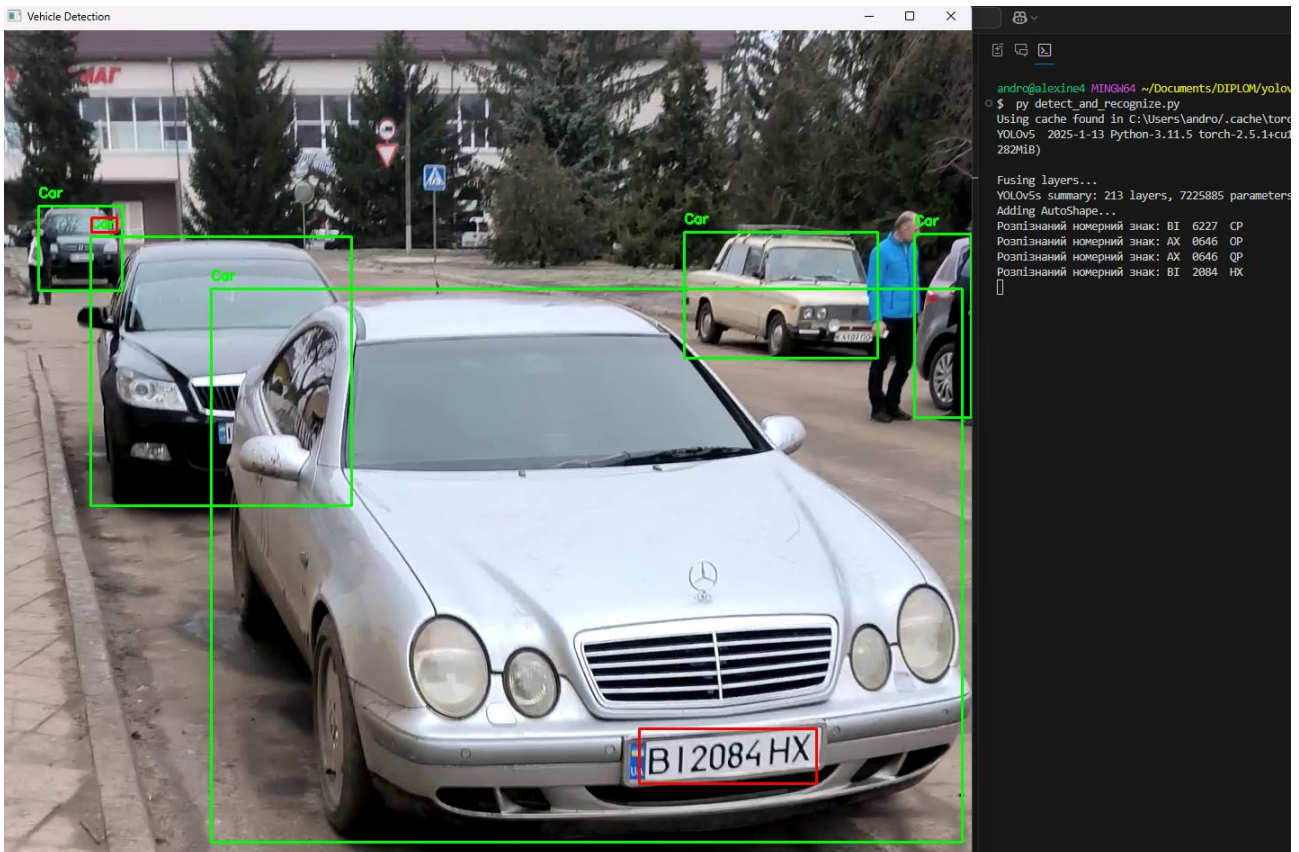


Рисунок 4.3 – Приклад розпізнавання переднього номерного знаку

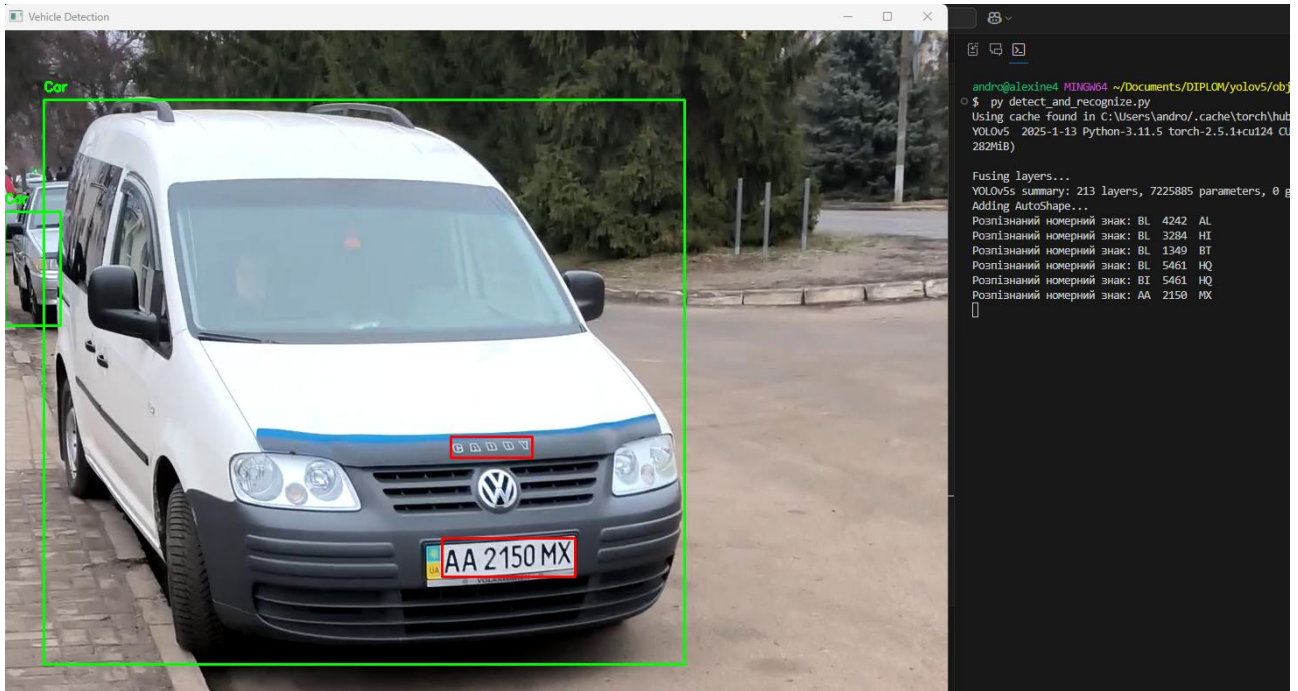


Рисунок 4.4 – Результат розпізнавання переднього номерного знаку

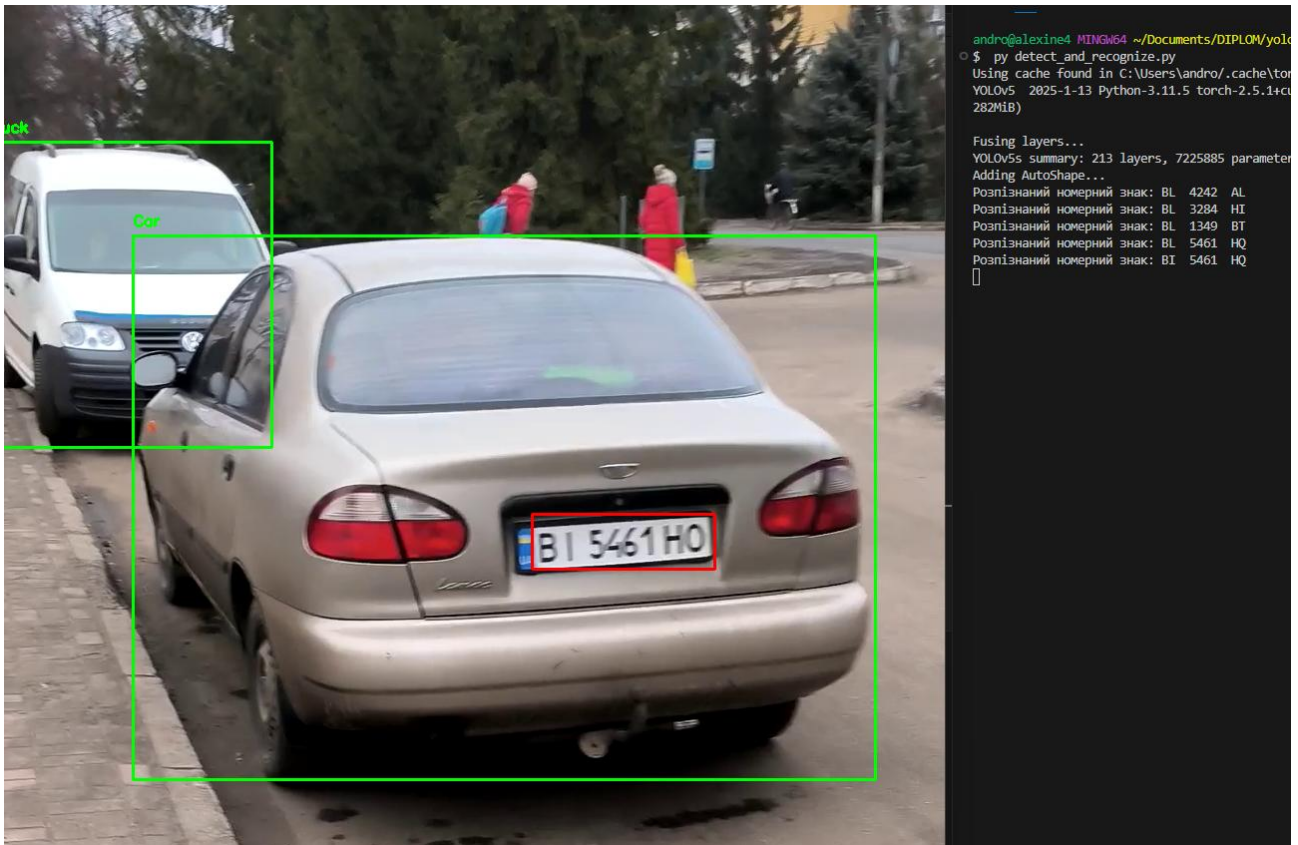


Рисунок 4.5 – Приклад розпізнавання заднього номерного знаку

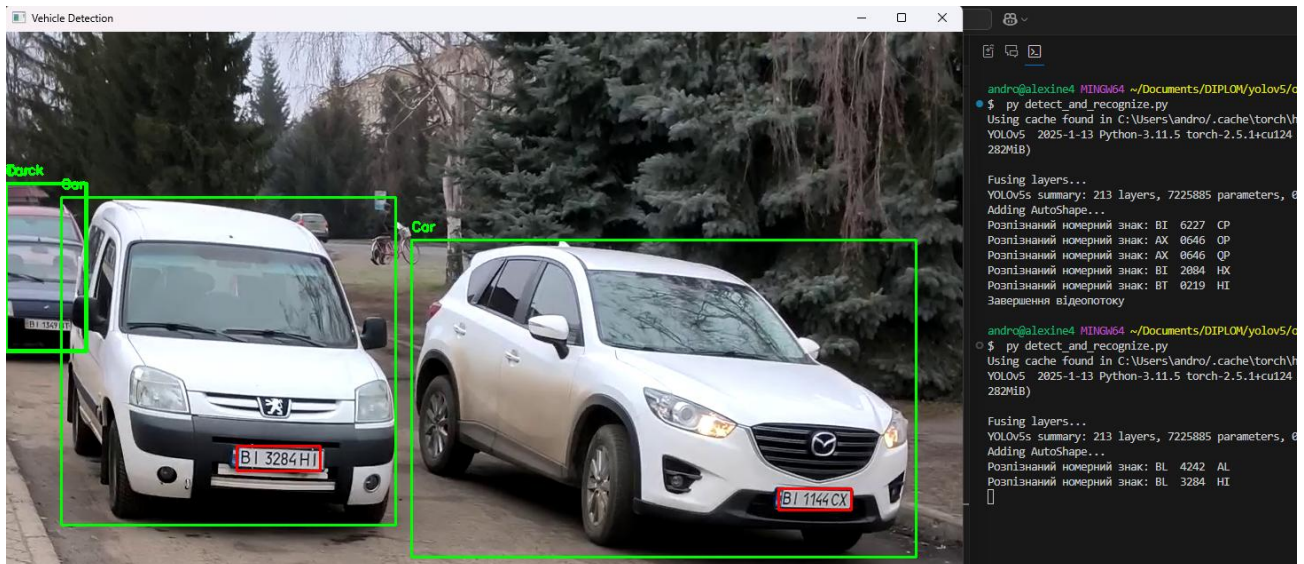


Рисунок 4.6 – Результат розпізнавання одночасно двох передніх номерних знаків

На рисунках 4.1–4.4, зображено результати роботи програмного модуля для автоматичного розпізнавання номерних знаків. На кожному з рисунків номерні знаки розпізнаються коректно, усі символи видні та чіткі, якість розпізнавання забезпечує високу точність навіть за наявності різних кутів нахилу камери, однак на рисунку 4.2 видно, що алгоритм розпізнав лише задній номерний знак, а машина яка дуже швидко їхала, він не встиг розпізнати, на рисунку 4.5 видно, що алгоритм вірно розпізнав майже весь номерний знак, але іноді може плутати букви, як ми можемо побачити на номерному знаці буква “O” розпізналась як “G”, це може бути через погану якість зображення, або через схожість форми символів, а на рисунку 4.6, як видно алгоритм розпізнав один із номерних знаків, що свідчить про його здатність ідентифікувати символи за умов відповідної якості зображення, але є номерні знаки які система не прийняла до уваги, з різних причин таких як, низька якість зображення, недостатнє освітлення чи присутність багатьох шумів на кадрах, що впливає на загальну якість системи розпізнавання.

В результаті дослідження розробленої системи визначено:

– на рисунках 4.1–4.4 видно, що алгоритм успішно розпізнає номерні знаки в різних умовах, включно зі зміною кутів нахилу камери;

- символи номерів розпізнаються чітко навіть за наявності невеликих викривлень чи фонового шуму;
- модуль здатний обробляти зображення з високою швидкістю, що робить його придатним для використання в реальному часі;
- незважаючи на невеликі недоліки, більшість символів розпізнається правильно, що підтверджує стійкість моделі;
- існують деякі аспекти роботи системи застосунку, такі як ступінь визначення, постобробка результатів, стійкість до шумів, що можуть бути покращені в ході подальшого допрацювання.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Приміщення для розміщення системи комп'ютерного зору для автоматизованого визначення ознак транспортних засобів не належить до категорії приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом. Умови, які створюють підвищену небезпеку (підвищена вологість, струмопровідний пи́л, струмопровідні підлоги, можливість одночасного дотику до заземлених металоко́нструкцій будівлі та електроприладів), відсутні. Згідно з вимогами ПУЕ-2011, приміщення класифікується як безпечне з точки зору ураження електричним струмом.

Для зменшення ризику ураження електричним струмом передбачено такі заходи:

- проводити вимірювання опору ізоляції між нульовим і фазним провідниками, а також між фазами. Мінімальний опір ізоляції має становити 500 кОм на фазу. Контроль необхідно здійснювати не рідше одного разу на рік при відключеному електроживленні;

- використовується система TN-C-S типу, яка відповідає вимогам НПАОП 40.1-1.32-01. Усі металеві корпуси обладнання системи комп'ютерного зору з'єднані з глухо заземленою нейтраллю джерела живлення через нульовий захисний провідник;

- встановлюється автомат захисту, розрахований на струм короткого замикання. Час відключення – 0,2 с.

У приміщенні, де розташоване обладнання, мають бути дотримані оптимальні умови мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042-99:

- температура повітря: 22–25 °С;
- відносна вологість: 40–60 %;
- швидкість руху повітря: не більше 0,1 м/с.

Вентиляція організована як припливно-витяжна загальнообмінна.

Для забезпечення комфортних умов роботи система освітлення поєднує природне та штучне освітлення. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, категорія

зорових робіт у приміщенні відповідає III В. Штучне освітлення реалізовано як загальне за допомогою світильників із люмінесцентними лампами.

Роботи з налаштування та моніторингу системи відносяться до категорії 1а – легка фізична робота, яка виконується сидячи.

Особливу увагу приділяють періодичній перевірці справності обладнання, моніторингу параметрів мікроклімату, дотриманню вимог ергономіки та забезпеченню безпеки операторів під час роботи з системою комп'ютерного зору для ідентифікації ознак транспортних засобів.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи проаналізовано предметну область – систему комп'ютерного зору для автоматичного визначення ознак транспортних засобів. Було виділено основні принципи розпізнавання об'єктів у транспортній сфері, а також знайдено та проаналізовано існуючі рішення для виявлення транспортних засобів із використанням нейронних мереж глибокого навчання, виявлено їхні недоліки.

Для проєктування архітектури системи комп'ютерного зору з інтелектуальним розпізнаванням ознак транспортних засобів (таких як номерні знаки) здійснено опис об'єкта розробки, встановлено ключові складові системи. На етапі проєктування було визначено основні цілі та задачі розробки, функціональні вимоги та вимоги до точності розпізнавання та безпеки.

Сформульовано основні вимоги до системи, на основі яких було створено структурну схему системи, в результаті чого створено IDF0-діаграму для процесу розпізнавання ознак транспортних засобів та проведено її декомпозицію з ціллю покращення розуміння.

При проведенні експериментальних досліджень, визначено, що система успішно розпізнає номерні знаки в різних умовах, включно зі зміною кутів нахилу камери.

Розроблена система, під час експериментів, показала себе ефективно при визначенні номерних знаків, однак існують незначні недоліки.

Отримані результати кваліфікаційної роботи сприяють досягненню таких Цілей сталого розвитку України:

– ЦСР 9 “Промисловість, інновації та інфраструктура” “Головними факторами економічного зростання та розвитку є інвестиції в інфраструктуру та інновації. Понад половина населення світу живе у містах, тому все важливішими стають громадський транспорт і поновлювані джерела енергії, а також розвиток нових галузей промисловості, інформаційних і комунікаційних технологій”;

– ЦСР 11”Підтримка сталих міст і громад”, “Технологія дозволяє оптимізувати управління транспортними потоками, зменшити затори та покращити екологічну ситуацію у містах через зниження викидів забруднюючих речовин від транспортних засобів”.

Робота спрямована на розроблення інтелектуальних технологій, які підвищують ефективність автоматизованого аналізу транспортних засобів, сприяють підвищенню безпеки дорожнього руху, оптимізують транспортні процеси та забезпечують точне розпізнавання ознак у реальному часі.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Системна інженерія» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, О.М. Цимбал, О.В. Токарева, А.І. Бронніков. Харків: ХНУРЕ, 2022.
3. Технології комп'ютерного зору // Metinvest Digital URL: <https://metinvest.digital/ua/page/1028>.
4. Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. URL: [https:// tapr.nure.ua/wp-content/uploads/2020/12/buklet\\_17-30.pdf](https://tapr.nure.ua/wp-content/uploads/2020/12/buklet_17-30.pdf)
5. Студентське конструкторсько-технологічне бюро з «Робототехніки та мехатроніки» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. URL: <https://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam/laboratorii-kafedri/studentske-konstruktorsko-tehnologichne-bjuro-z-robototehniki-ta-mehatroniki>.
6. Огляд та класифікація систем комп'ютерного зору згідно засобів використання / В. А. Лимар // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 24-го Міжнар. молодіжн. форуму, 7–9 квітня 2020 р. – Харків : ХНУРЕ, 2020. URL: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/13666>.
7. Співробітники кафедри КІТАМ» [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. URL: <https://nure.ua/people/spivrobitniki-kafedri-kitam>.
8. Сучасні підходи до забезпечення безпеки праці при роботі з роботами / Стищенко Т.Є, М.В. Бобков/ Сучасна наука сьогодні: досвід і тенденції, Міжнародна науково-теоретична конференція, секція 11, Пожежна та цивільна безпека, Сінгапур, Республіка Сінгапур, 21.02.2021.

9. Теорія розпізнавання образів. Лекції / Коцовський В.М. // Електронний репозитарій ДВНЗ "УжНУ" URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/16460>.

10. Комплект слайд-лекцій з дисципліни «Системи розпізнавання образів» для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізація «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд.: Б.О. Малик. – Харків: ХНУРЕ, 2017.

11. Положення про організацію освітнього процесу у ХНУРЕ : Наказ ХНУРЕ від 19 квітня 2023 р. № 74. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/polozhennja-pro-organizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-organizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure.pdf).

12. Положення про кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні : Наказ ХНУРЕ від 06 травня 2021 р. № 143. – URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/143-vid-06.05.2021-pro-vvedennja-v-diju-rishennja-vchenoi-radi-universitetu.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/143-vid-06.05.2021-pro-vvedennja-v-diju-rishennja-vchenoi-radi-universitetu.pdf).

13. Стандарт вищої освіти магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» затверджено і введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України від 10.08.2020 р. № 1022. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/08/10/151-avtomatizatsiya-ta-kit-magistr.pdf>.

14. Положення про академічну доброчесність : Наказ ХНУРЕ від 02 лютого 2021 р. № 50. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf).

16. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – К.: ДП «УкрНДНЦ, 2016. – 20 с.

17. Положення про роботу екзаменаційних комісій : Наказ ХНУРЕ від 03 жовтня 2023 р. № 239. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/nakaz-ta-polozhennya-pro-poryadok-](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/nakaz-ta-polozhennya-pro-poryadok-)

stvorennya-ta-organizatsiyu-roboti-ekzamenatsiynih-komisiyu....pdf (Дата звернення: 06.09.2024р.)

18. Невлюдов, І.Ш. Теорія автоматичного управління (збірник задач) [Текст]: навчальний посібник / І.Ш.Невлюдов, О.В.Токарєва. – Харків: ХНУРЕ, 2020.– 240 с.

19. Невлюдов, І.Ш. Автоматичне управління технологічними об'єктами [Текст]: підручник / І.Ш. Невлюдов, О.В.Токарєва. – Харків: ХНУРЕ, 2018.–190 с.

20. І.Ш. Невлюдов, В.А. Андрусевич, О.В. Токарєва, С.П. Новоселов, О.В.Сичова Навчальний посібник з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Частина I Кривий Ріг: видавець Чернявський Д.О., 2022 – 196 с.з іл.

21. Указ президента України №722/2019 Про Цілі сталого розвитку (ЦСР) України на період до 2030 року // Офіс президента України URL: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (Дата звернення: 16.12.2024р.)

22. Цілі Сталого розвитку: Україна // Міністерство економічного розвитку і торгівлі України 2017р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/natsionalna-dopovid-csr-Ukrainu.pdf> (Дата звернення: 16.12.2024р.)

22. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни "Охорона праці в галузі" для студентів усіх спеціальностей галузі автоматизації та приладобудування денної форми навчання / упоряд.: Г. В. Пронюк, Н. М. Сердюк, Т. Є. Стищенко ; М-во освіти і науки України, ХНУРЕ. – Харків : ХНУРЕ, 2016. – 116 с.