

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»**

**на тему: «Розумний паркінг на базі системи розпізнавання номерних знаків»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПМ-01  
Ковалінський Богдан Іванович

\_\_\_\_\_

Керівник:

доц. каф. АСНК, к.т.н., доц.  
Гришанова Ірина Аркадіївна

\_\_\_\_\_

Рецензент:

доцент, к.т.н.  
Самарцев Юрій Миколайович

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/П | Формат | Позначення               | Найменування                 | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|--------------------------|------------------------------|------------------|----------|
| 1     | A4     |                          | Завдання на дипломний проєкт | 2                |          |
| 2     | A4     | ДП ПМ-01.95.1760.001 ПЗ  | Пояснювальна записка         | 95               |          |
| 3     | A1     | ДП ПМ-01.95.1760.001 СхС | Структурна схема             | 1                |          |
| 4     | A1     | ДП ПМ-01.95.1760.001 СхА | Блок-схема алгоритму         | 1                |          |
| 5     | A1     | ДП ПМ-01.95.1760.002 СхА | Блок-схема алгоритму         | 1                |          |
| 6     | A1     | ДП ПМ-01.95.1760.001 СхФ | Функціональна схема          | 1                |          |
| 7     | A1     | ДП ПМ-01.95.1760.001 ГрП | Графіки продуктивності       | 1                |          |
|       |        |                          |                              |                  |          |
|       |        |                          |                              |                  |          |

|           |                   |       |      | ДП ПМ-01.95.1760.001 ПЗ         |  |        |
|-----------|-------------------|-------|------|---------------------------------|--|--------|
|           | ПІБ               | Підп. | Дата |                                 |  |        |
| Розробн.  | Ковалінський Б.І. |       |      | Відомість<br>дипломного проєкту | Лист   | Листів |
| Керівн.   | Гришанова І.А.    |       |      |                                 | 1  | 1      |
| Консульт. |                   |       |      |                                 | КПІ ім. Ігоря<br>Сікорського<br>Каф. АСНК<br>Гр. ПМ-01 |        |
| Н/контр.  |                   |       |      |                                 |  |        |
| Зав.каф.  | Киричук Ю.В.      |       |      |                                 |  |        |

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Розумний паркінг на базі системи**  
**розпізнавання номерних знаків»**

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Ковалінському Богдану Івановичу**

1. Тема проєкту «Розумний паркінг на базі системи розпізнавання номерних знаків», керівник проєкту к.т.н, доц., Гришанова Ірина Аркадіївна, затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. №2121-с
2. Термін подання студентом проєкту «04» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проєкту : Система розумного паркінгу повинна відповідати наступним вимогам:
  1. Система повинна отримувати вхідне зображення та виконувати його ефективну обробку.
  2. Приймати рішення щодо надання чи заборони доступу на паркінг.
  3. Виконувати аналіз стану паркінгу у постійному режимі.
  4. Використовувати безпечні методи зберігання та передачі даних.
  5. Застосовувати високопродуктивні методи для розпізнавання номерних знаків на транспортних засобах.
  6. Якісно розпізнавати символи на розпізнаних номерних знаках.
  7. Використовувати ефективні методи для відстеження місць, призначених для паркінгу.

4. Зміст пояснювальної записки: Зміст, Список умовних позначень і скорочень, Вступ, Огляд і аналіз існуючих технічних засобів для реалізації системи розумного паркінгу, Розробка структурної схеми та блок-схеми алгоритму системи, Розробка функціональної схеми та опис і обґрунтування складових системи, Розробка програмного забезпечення, Висновки, Список використаних джерел, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): схема структурна 1 аркуш А1, блок-схема алгоритму 2 аркуш А1, схема функціональна 1 аркуш А1, графіки продуктивності 1 А1. Разом 5 аркушів А1.

7. Дата видачі завдання «01» квітня 2024 р.

#### Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проєкту                               | Термін виконання етапів проєкту | Примітка |
|-------|---|---------------------------------|----------|
| 1     | Одержання затвердженого завдання до дипломного проєкту                  | 01.04.2024                      |          |
| 2     | Огляд і аналіз існуючих технічних рішень                                | 12.04.2024                      |          |
| 3     | Розробка структурної схеми системи                                      | 18.04.2024                      |          |
| 4     | Розробка функціональної схеми системи                                   | 25.04.2024                      |          |
| 5     | Підбір компонентів  | 01.05.2024                      |          |
| 6     | Розробка програмного забезпечення                                       | 10.05.2024                      |          |
| 7     | Тестування програмного забезпечення                                     | 15.05.2024                      |          |
| 8     | Оформлення графічних матеріалів   | 21.05.2024                      |          |
| 9     | Оформлення пояснювальної записки  | 26.05.2024                      |          |
| 10    | Перевірка з плагіату  | 30.05.2024                      |          |
| 11    | Відгук керівника  | 02.06.2024                      |          |
| 12    | Подання до Екзаменаційної комісії готового прошитого дипломного проєкту | 04.06.2024                      |          |

Студент

Богдан КОВАЛІНСЬКИЙ

Керівник

Ірина ГРИШАНОВА

## АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проєкту є розробка розумної системи паркінгу на базі технології розпізнавання номерних знаків (ANPR).

В дипломному проєкті розроблено систему розумного паркінгу, яка використовує автоматичне розпізнавання номерних знаків для оптимізації процесу паркування та підвищення його ефективності. Розроблена система дозволяє автоматизувати процес в'їзду та виїзду з паркувальних зон, зменшуючи час на пошук вільного місця та знижуючи рівень транспортного навантаження на міські вулиці.

У дипломному проєкті проведено аналіз сучасних методів та засобів реалізації розумних паркінгів, включаючи використання ультразвукових, інфрачервоних та магнітних датчиків, а також технології бездротової передачі даних LoRaWAN. Розроблено загальну структурну схему системи, блок-схему алгоритму роботи, а також функціональну схему системи.

Завершальний розділ присвячено опису процесу навчання моделі ANPR на основі архітектури YOLOv8 та інтеграції технології оптичного розпізнавання символів (OCR) для розпізнавання символів номерних знаків. Проведено тестування системи та аналіз її продуктивності.

**Ключові слова:** розумний паркінг, автоматичне розпізнавання номерних знаків, IoT, машинне навчання, LoRaWAN.

## ABSTRACT

The aim of the diploma project is to develop a smart parking system based on automatic number plate recognition (ANPR) technology.

The diploma project developed a smart parking system that uses automatic number plate recognition to optimize the parking process and enhance its efficiency. The developed system allows for the automation of entry and exit processes in parking areas, reducing the time spent searching for an available spot and decreasing traffic congestion on city streets.

The diploma project includes an analysis of modern methods and means for implementing smart parking, including the use of ultrasonic, infrared, and magnetic sensors, as well as LoRaWAN wireless data transmission technology. The overall structural diagram of the system, the algorithm block diagram, and the functional diagram of the system were developed.

The final section is dedicated to describing the process of training the ANPR model based on the YOLOv8 architecture and integrating Optical Character Recognition (OCR) technology for recognizing license plate characters. System testing and performance analysis were conducted.

**Keywords:** smart parking, automatic number plate recognition, IoT, machine learning, LoRaWAN.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ЗМІСТ.....   | 8  |
| СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ .....   | 11 |
| ВСТУП .....  | 13 |
| 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО ПАРКІНГУ .....           | 15 |
| 1.1 Огляд і класифікація системи розумного паркінгу .....  | 15 |
| 1.2 Проблеми автомобільних паркінгів .....   | 15 |
| 1.3 Огляд існуючих варіантів ідентифікації авто .....  | 17 |
| 1.3.1 Ідентифікація за допомогою радіочастотних міток .....  | 17 |
| 1.3.2 Ідентифікація за допомогою системи розпізнання номерного знаку ...                               | 17 |
| 1.4 Популярні архітектури CNN.....   | 25 |
| 1.4.1 LeNet.....   | 25 |
| 1.4.2 AlexNet .....  | 26 |
| 1.4.3 VGGNet .....   | 27 |
| 1.5 Методи виявлення паркувальних місць.....   | 28 |
| 1.5.1 Ультразвукові датчики .....  | 28 |
| 1.5.2 Інфрачервоні датчики .....   | 28 |
| 1.5.3 Магнітний датчик.....  | 29 |
| 1.5.4 Виявлення та вимірювання світла (LiDAR) .....  | 29 |
| 1.5.5 Мікрохвильовий радарний датчик .....   | 30 |
| 1.6 Технологія бездротової передачі даних LoRaWAN .....  | 30 |
| 1.7 ANPR система з використанням вбудованого електронно-обчислювального пристрою.....                  | 31 |
| 1.8 Система контролю паркувальних місць з використанням магнітних датчиків та технології LoRaWAN ..... | 34 |

|           |      |                   |        |      |                                 |       |         |
|-----------|------|-------------------|--------|------|---------------------------------|-------|---------|
|           |      |                   |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> |       |         |
| Змін.     | Лист | № докум.          | Підпис | Дата |                                 |       |         |
| Розроб.   |      | Ковалінський Б.І. |        |      | Арк.                            | Аркуш | Аркушів |
| Перев.    |      |                   |        |      | 8                               | 95    |         |
| Реценз.   |      |                   |        |      | ПБФ, каф. АСНК, гр. ПМ-01       |       |         |
| Н. Контр. |      |                   |        |      |                                 |       |         |
| Затв.     |      | Гришанова І.А.    |        |      |                                 |       |         |

Розумний паркінг на базі системи розпізнавання номерних знаків



|   |           |
|---|-----------|
| 1.8.1 Кінцевий пристрій.....  | 34        |
| 1.8.2 Шлюз .....  | 36        |
| 1.8.3 Мережевий сервер.....   | 37        |
| 1.9 Огляд фреймворків для глибинного навчання.....  | 37        |
| 1.9.1 TensorFlow .....  | 38        |
| 1.9.2 PyTorch .....   | 39        |
| 1.9.3 YouOnly Look Once (YOLO).....   | 39        |
| Висновок до розділу .....   | 41        |
| <b>2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ .....</b>  | <b>43</b> |
| 2.1 Розробка структурної схеми .....  | 43        |
| 2.1.1 Основні компоненти та їх функції .....  | 44        |
| 2.1.2 Принцип роботи системи .....  | 45        |
| 2.2 Розробка блок-схеми алгоритму.....  | 46        |
| 2.2.1 Принцип роботи блок-схеми алгоритму ідентифікації та забезпечення доступу на паркінг .....  | 50        |
| 2.2.2 Принцип роботи блок-схеми алгоритму безперервного контролю стану паркувальних місць та видачі інформації про стан на паркінгу ..... | 51        |
| Висновок до розділу .....   | 53        |
| <b>3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТА ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ .....</b>   | <b>55</b> |
| 3.1 Розробка функціональної схеми.....  | 55        |
| 3.1.1 Функціональні блоки та їх взаємодія.....  | 56        |
| 3.2 Опис і обґрунтування складових системи.....   | 58        |
| 3.2.1 IP камера Hikvision DS-2CD2T43G2-4I .....   | 58        |
| 3.2.2 Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B.....  | 60        |
| 3.2.3 Комутатор CBS250-8P-E-2G.....   | 63        |
| 3.2.4 Магнітний датчики Trax10213 LoRaWAN .....   | 65        |
| 3.2.5 Шлюз Milesight UG67 Outdoor LoRaWAN .....   | 66        |

|  |    |
|--|----|
| Висновок до розділу .....                                | 69 |
| 4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗБЕЧЕННЯ.....                | 70 |
| 4.1 Розробка структурної схеми ANPR системи.....         | 70 |
| 4.1.1 Основні складові схеми .....                       | 71 |
| 4.1.2 Взаємодія між блоками.....                         | 72 |
| 4.2 Навчання моделі ANPR системи .....                   | 72 |
| 4.2.1 Огляд архітектури фреймворку YOLOv8 .....          | 72 |
| 4.2.2 Огляд застосунку Roboflow.....                     | 75 |
| 4.3 Результати навчання ANPR моделі .....                | 77 |
| 4.4 Розпізнавання тексту за допомогою EasyOCR .....      | 78 |
| 4.5 Результати інтеграції EasyOCR в навчену модель ..... | 80 |
| 4.6 Тестування навченої моделі ANPR системи .....        | 81 |
| 4.6.1 Аналіз матриць невідповідностей .....              | 82 |
| 4.6.2 Аналіз кривих продуктивності моделі ANPR .....     | 85 |
| Висновок до розділу .....                                | 87 |
| ВИСНОВКИ.....  | 89 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                          | 91 |

## СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

AI (Artificial Intelligence) – Штучний інтелект.

ANPR (Automatic Number Plate Recognition) – Автоматичне розпізнавання номерних знаків.

API (Application Programming Interface) – Інтерфейс програмування додатків.

CLIP (Contrastive Language-Image Pre-Training) – Контрастне попереднє навчання зображень та мов.

CNN (Convolutional Neural Network) – Згорткова нейронна мережа.

DVR (Digital Video Recorder) – Цифровий відеореєстратор.

EUI (Extended Unique Identifier) – Розширений унікальний ідентифікатор.

FPN (Feature Pyramid Network) – Мережа піраміди функцій.

FPS (Frames Per Second) – Кадрів на секунду.

GPU (Graphics Processing Unit) – Графічний процесор.

HTTP (HyperText Transfer Protocol) – Гіпертекстовий протокол передачі.

ICT (Information and Communication Technology) – інформаційно-комунікаційні технології.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – Інститут інженерів з електротехніки та електроніки.

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей.

IP (Internet Protocol) – Інтернет-протокол.

LAN (Local Area Network) – Локальна мережа.

LiDAR (Light Detection and Ranging) – Лазерне сканування і визначення дальності.

LoRa (Long Range) – Довгий радіус дії.

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) – Широкопосмугова мережа з довгим радіусом дії.

LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) – Низькоенергетична широкопосмугова мережа.

|       |      |           |        |      |                                 |      |
|-------|------|-----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |           |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |           |        |      |                                 | 11   |
| Змін. | Арк. | № док.ум. | Підпис | Дата |                                 |      |

ML (Machine Learning) – Машинне навчання.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – Транспорт телеметрії через чергу повідомлень.

OCR (Optical Character Recognition) – Оптичне розпізнавання символів.

OSI (Open Systems Interconnection) – Модель взаємодії відкритих систем.

PAN (Path Aggregation Networks) – Мережі агрегації шляхів .

PoE (Power over Ethernet) – Живлення по Ethernet.

RFID (Radio-Frequency Identification) – Радіочастотна ідентифікація.

SDK (Software Development Kit) – Комплект для розробки програмного забезпечення.

SPS (Smart Parking System) – Розумна система паркування.

UDP (User Datagram Protocol) – Протокол користувачьких датаграма.

WDR (Wide Dynamic Range) – Широкий динамічний діапазон.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – Безпроводна точність.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 12          |

## ВСТУП

Зі зростанням урбанізації та збільшенням кількості автомобілів у містах виникають значні проблеми з паркуванням. Недостатня кількість паркувальних місць, хаотичне паркування, затори та перевантаження вулиць є щоденними викликами для багатьох міських жителів. Брак ефективної системи управління паркувальними місцями призводить до втрати часу, підвищення рівня стресу у водіїв, а також негативного впливу на навколишнє середовище через збільшення викидів  $CO_2$  від автомобілів, що шукають місце для паркування.

Особливо складними є ситуації в центральних районах міст, де попит на паркувальні місця значно перевищує їхню пропозицію. Це спричиняє не тільки незручності для водіїв, але й значні економічні втрати для бізнесу та міської інфраструктури. Таким чином, виникає необхідність впровадження інноваційних рішень для покращення управління паркувальними майданчиками та зменшення негативних наслідків [23].

Сучасний світ все більше орієнтується на автоматизацію та цифровізацію процесів у різних сферах життя. Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML) [17] активно впроваджуються у різні галузі, від промисловості до повсякденного життя. В умовах стрімкого розвитку технологій автоматизація стає невід'ємною частиною міської інфраструктури, дозволяючи підвищити ефективність управління ресурсами, знизити витрати та покращити якість життя населення [21].

Зокрема, у сфері паркування використання автоматизованих систем дозволяє значно покращити обслуговування клієнтів та підвищити ефективність управління паркувальними майданчиками. Системи на основі штучного інтелекту, такі як згорткові нейронні мережі (CNN), можуть бути використані для розпізнавання номерних знаків, аналізу відео та зображень у реальному часі, що дозволяє створювати більш точні та надійні системи контролю.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 13   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

З метою вирішення зазначених проблем все більше міст звертаються до концепції розумних паркінгів [13]. Ця технологія передбачає використання передових засобів, таких як автоматизовані системи контролю, датчики та програмне забезпечення для оптимізації процесу паркування. Розумні паркінги дозволяють значно підвищити ефективність використання паркувальних місць, зменшити час пошуку вільного місця та знизити рівень транспортного навантаження на міські вулиці.

Одним із перспективних напрямів розвитку розумних паркінгів є використання систем автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR). Ці системи дозволяють автоматизувати процес в'їзду та виїзду з паркувальних зон, спрощуючи управління паркувальними майданчиками та підвищуючи безпеку. Впровадження ANPR технологій забезпечує значну економію часу для водіїв та дозволяє ефективніше використовувати наявні ресурси.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 14          |

# 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО ПАРКІНГУ

## 1.1 Огляд і класифікація системи розумного паркінгу

Автостоянка – це місце, спеціально призначене для всіх учасників дорожнього руху, що представляє собою ділянку проїзної частини автомобільної дороги.

Паркінг – необхідна складова будь-якого житлового, офісного, адміністративного або торгово-розважального комплексу.

Система розумного паркування - це технологічне рішення, спрямоване на покращення ефективності, зручності та управління місцями. Воно зазвичай включає інтеграцію різних датчиків, камер та програмного забезпечення для надання інформації в реальному часі про доступність паркування, автоматизації процесів паркування та покращення загального досвіду паркування для користувачів.

Специфіка розумних паркінгів полягає у використанні передових технологій [14] для оптимізації управління паркувальними майданчиками та покращення досвіду користувачів.

Основні аспекти:

- Системи моніторингу доступності паркувальних місць.
- Автоматизовані системи в'їзду та виїзду.
- Резервування паркувальних місць.
- Автоматизовані платіжні системи.
- Аналітика та управління даними про стан паркувальних місць.

## 1.2 Проблеми автомобільних паркінгів

Зі зростаючою кількістю транспортних засобів проблеми паркування автомобілів в містах України збільшуються, що призводить до втрати часу, та збільшення кількості випадків у яких відбувається пошкодження чужих

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <b>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</b> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 15   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

автомобілів. Наприклад жителі Києва вже давно відчувають дефіцит місць де вони можуть залишити свій автомобіль. Одним із головним факторів є постійне зростання кількості авто користувачів. Згідно з оцінками, у Києві наразі перебуває близько мільйона активних автомобілів. Проте загальна кількість легальних паркувальних місць у місті становить лише близько 300 тисяч [11]. Це означає, що дефіцит паркомісць у столиці становить близько 700 тисяч, що є великою проблемою для водіїв. Тому у Києві почали активно будувати перехоплювальні паркінги як спосіб вирішення проблеми дефіциту паркувальних місць. Ці паркінги дозволяють водіям залишити свої автомобілі і пересуватися по місту громадським транспортом [28]. Такий підхід сприяє зменшенню заторів у центральних районах міста, а також полегшує доступність та зручність транспортних вузлів для мешканців і відвідувачів.

Перехоплювальна автостоянка - це майданчик для паркування автомобілів, який з'єднаний з громадським транспортом і дозволяє людям залишити свої авто та пересісти на автобус, маршрутне таксі, трамвай, метро чи інший вид транспорту для подальшої подорожі до центру міста або інших районів [28]. Автомобілі зберігаються на стоянці протягом робочого дня і можуть бути використані власниками на шляху додому. Такі стоянки часто розташовані в околицях центру великих міст або у передмісті, забезпечуючи зручний доступ до громадського транспорту для мешканців приміських зон та інших користувачів.

Для оптимізації роботи даних паркінгів важливо обладнати їх різноманітними датчиками та системами контролю за автомобілями. Наприклад, сенсори можуть визначати наявність вільних або зайнятих паркувальних місць, а системи розпізнавання номерних знаків допомагати в ідентифікації авто та їхніх власників. Крім того, встановлення камер спостереження може допомогти в контролі за порушеннями правил паркування та забезпечити безпеку на паркінгу. Інтеграція цих технологій дозволить підвищити ефективність управління паркінгом, зменшити час очікування та покращити загальний досвід користувачів.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 16          |



### 1.3 Огляд існуючих варіантів ідентифікації авто

У сучасних системах розумного паркування (SPS) використовуються різноманітні методи ідентифікації для автоматизації процесу забезпечення доступу на паркінг.

#### 1.3.1 Ідентифікація за допомогою радіочастотних міток

RFID – це технологія, що використовує радіочастотні сигнали для ідентифікації об'єктів. Незважаючи на те що цей метод відомий вже давно, його застосування у промисловості зустрічається рідко через відсутність єдиних стандартів серед виробничих компаній. Проте, зважаючи на його численні переваги, технологія RFID активно розвивається. Застосування RFID сприяє автоматизації процесів, зменшенню ручного навантаження та підвищенню ефективності. RFID-мітки можуть суттєво допомогти у відстеженні транспортних засобів на паркінгу. Системи RFID дозволяють автоматично збирати плату за паркування, забезпечуючи швидкий в'їзд та виїзд транспортних засобів, та створюючи зручні та безпечні умови для користувачів.

Під час зчитування RFID-мітка випромінює електромагнітне поле за допомогою зчитувача, яке активує мітку, коли вона входить у це поле. Після активації мітки відбувається передача її унікального ідентифікаційного номера або іншої інформації назад до зчитувача. Зчитувач отримує переданий сигнал від мітки та обробляє отриману інформацію, перевіряючи, чи є ця мітка прийнятною. Одним із рішень зчитувача на паркінгу може бути відкриття шлагбаума, якщо виявлена мітка належить користувачу з правом на в'їзд до паркінгу. Процес зчитування відбувається безконтактно між зчитувачем і міткою, що робить його швидким, ефективним та зручним для використання.

#### 1.3.2 Ідентифікація за допомогою системи розпізнавання номерного знаку

Технологія автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR) використовує обробку зображень для ідентифікації транспортних засобів за їхніми

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 17          |

номерними знаками. Вперше автоматична система розпізнавання номерних знаків була розроблена поліцейським відділом у Великій Британії в 1976 році [19]. Спочатку вона використовувалася виключно поліцією, але з часом спільно розвивалася та адаптувалася, разом з іншими інформаційними та комунікаційними технологіями (ICT). Типова будова даної ANPR системи складається з камери, процесора, програмного забезпечення та бази даних з номерними знаками. Хоча ці системи можуть відрізнятися за своєю конструкцією, кінцеве завдання залишається незмінним – ідентифікувати транспортний засіб, отримати дані про їхній рух та записати отриману інформацію до бази даних.

Сьогодні ANPR системи в загальному використовують або методи виявлення границь, або згорткові нейронні мережі [19].

### **1.3.2.1 Метод виявлення границь**

У комп'ютерному зорі метод виявлення границь виконує визначення ознак об'єктів на зображенні, дані містять фотометричні, геометричні та фізичні характеристики. Отримана інформація включає розриви ("ребра кроку"), локальні екстремуми ("ребра лінії") та особливості, що утворюються під час перетину хоча б двох границь ("з'єднання") [27]. Фізичні границі є важливою візуальною інформацією, оскільки вони відображають розриви у фізичних, фотометричних і геометричних властивостях об'єктів. Найбільш поширеними типами варіацій інтенсивності зображення є кроки, лінії та переходи. Кроки є найпоширенішим типом границі, що виникає через такі явища як, наприклад, коли один об'єкт закриває інший або коли на поверхні є тінь. Це часто відбувається між двома зонами з майже стійкими, але відмінними відтінками сірого.. На рис. 1.1 показано обробку зображення за допомогою виявлення границь: фото до обробки виявленням границь (а) і результат обробки (б). Детектор границь обробляє дискретні, цифрові зображення як вхідні дані та створює карту границь як результат. Карта границь може містити інформацію про положення, міцність, орієнтацію та масштаб границь.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 18   |



а)

б)

Рис. 1.1. Обробка зображення за допомогою виявлення границь:

а) – фото до обробки за допомогою виявлення границь

б) – результат обробки виявлення границь

Вивчення підвищення якості обробки зображень включає розробку різноманітних типів детекторів границь, що відрізняються за фотометричними та геометричними характеристиками, а також за математичними та алгоритмічними властивостями. У контексті інтеграції в систему комп'ютерного зору виділяють два основні класи детекторів: автономні, які не мають вимог щодо надання попередніх знань про сцену, та контекстуальні, які потребують використання результатів інших складових системи або попередньо наданих знань. Автономні детектори є гнучкими, оскільки вони не залежать від конкретних зображень і ґрунтуються на місцевій обробці використовуючи тільки сусідні пікселів. Контекстуальні детектори працюють у контексті, враховуючи інші складові системи або попередньо наданні знання .

Основна мета виявлення границь полягає у визначенні варіацій сірого рівня на зображенні та виявленні фізичних явищ, які були їх причиною. Для цього використовується диференціація, яка полягає в обчисленні необхідних похідних для визначення цих границь. Оператор диференціації характеризується своїм

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 19   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

порядком, інваріантністю до обертання та лінійністю.

Порядок оператора визначається порядком часткових похідних, які він використовує. Оператор  $O_{x,y}$  є інваріантним до обертання, якщо  $O_{x,y} = R O_{x,y}$ , де  $R$  – матриця обертання [27]. Він є лінійним, якщо для всіх позитивних скалярів  $\alpha$  і  $\beta$  та для всіх функцій  $f(x, y)$  та  $g(x, y)$  тоді маємо:

$$O_{x,y}(\alpha f(x, y) + \beta g(x, y)) = \alpha O_{x,y}(f(x, y)) + \beta O_{x,y}(g(x, y)); \quad (1.1)$$

Одними з найчастіше використовуваних операторів є градієнт, лапласова і друга похідна [27]. Градієнт першого порядку визначається як вектор  $(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y})$ .

Модуль і напрямок градієнта розраховуються наступним чином:

$$|\overrightarrow{grad}| = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial y}\right)^2} \quad \text{та} \quad \psi = \arctg\left(\frac{\partial}{\partial y} / \frac{\partial}{\partial x}\right); \quad (1.2)$$

Напрямок градієнта є перпендикулярним до орієнтації краю. У багатьох методах напрямок градієнта використовується для локалізації границь. Оператор модуля градієнта є нелінійним і інваріантним до обертання. Він обчислюється за допомогою похідних по  $x$  та  $y$ . Завдяки використанню декількох похідних до зображень які містять багато шуму досягається підвищення співвідношення сигналу до шуму [27]. Через обчислювальну складність операції квадратного кореня модуль градієнта часто розраховують за допомогою одного з двох інших виразів :

$$\left| \frac{\partial}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial}{\partial y} \right| \quad \text{та} \quad \max\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}\right); \quad (1.3)$$

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 20   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Оператори другого рангу визначаються за допомогою  $\frac{\partial^2}{\partial x^2}$ ,  $\frac{\partial^2}{\partial x \partial y}$  і  $\frac{\partial^2}{\partial y^2}$ . Серед них, для виявлення границь, найчастіше використовуються похідна Лапласа та друга похідна вздовж напрямку градієнта. Ці оператори визначаються як:

$$\nabla = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \text{ і } \frac{\partial^2}{\partial \vec{n}^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \cos^2(\psi) + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \sin(\psi) \cos(\psi) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \sin^2(\psi); \quad (1.4)$$

де  $\vec{n}$  – напрямок градієнта. Оператор Лапласа є лінійним і обертально симетричним, тоді як друга спрямована похідна не є ні лінійною, ні інваріантною до обертання [27]. Послідовність застосування згладжування та диференціювання залежить від того, чи є оператор диференціювання лінійним. Лінійні оператори можуть бути об'єднані та переміщені за допомогою згортки. Строго кажучи, для функцій  $I(x, y)$  та  $f(x, y)$ , дві функції  $L^2$  диференційовні відповідно до лінійного оператора  $O_{x,y}$ , маємо наступний результат:

$$O_{x,y}(I(x, y) \cdot f(x, y)) = O_{x,y}(I(x, y)) \cdot f(x, y) = I(x, y) \cdot O_{x,y}(f(x, y)); \quad (1.5)$$

Отже, важливим для нелінійних операторів є порядок, в якому здійснюються операції згладжування та диференціювання, оскільки вони не мають властивостей асоціативності та комутативності з віджиманням. Вимога регуляризації полягає в тому, що згладжування має відбуватися перед операціями диференціювання.

### 1.3.2.2 Згортка нейронних мереж.

При розгляді алгоритмів глибокого навчання можна відзначити, що згорткові нейронні мережі (CNN) є одними з найбільш поширених. Представлена у 1960-х роках, CNN продемонструвала чудові результати у комп'ютерному зорі. Що стало наслідком того що CNN стала однією з найбільш перспективних та знайомих моделей у сфері глибокого навчання.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 21   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Функціональні можливості CNN можуть бути застосовані під час класифікації зображень, сегментації, розпізнавання об'єктів, обробки відео [18].

CNN складається з чотирьох основних шарів: згортковий, об'єднувальний, повністю зв'язаний і нелінійний шари [24]. На рис. 1.2 показано ці чотири шари згорткової мережі, що демонструє їх структуру та взаємозв'язок.

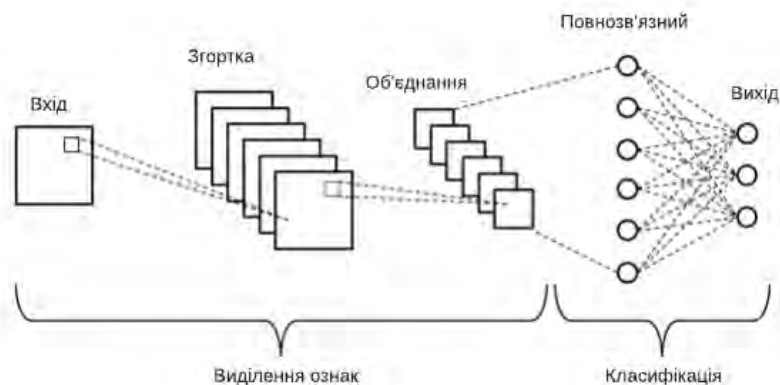


Рис. 1.2. Шари згорткової мережі та їх взаємодія між собою

Згортковий шар витягає ключові особливості, застосовуючи фільтр ядра згортки CNN до вхідних зображень, при цьому розмір ядра фільтра зазвичай менший, ніж розмірність вхідного зображення. Для 2D-зображення розміром  $35 \times 35 \times 35$  допустима довжина фільтра ядра буде  $f \times f \times 2$ , де  $f$  може дорівнювати 3, 5, 7, тощо. Важливо, що розмір фільтра повинен бути меншим за розмір самого зображення. Фільтрована маска поступово ковзає по вхідному зображенню, обчислюючи точковий добуток між вагою фільтра ядра та значенням пікселя вхідного зображення, що призводить до створення 2D-карти активації. Завдяки цьому процесу CNN може навчитися візуальним особливостям зображення [24]. На рис. 1.3 зображено згортковий шар, що ілюструє, як цей шар обробляє вхідні дані для виділення основних характеристик.

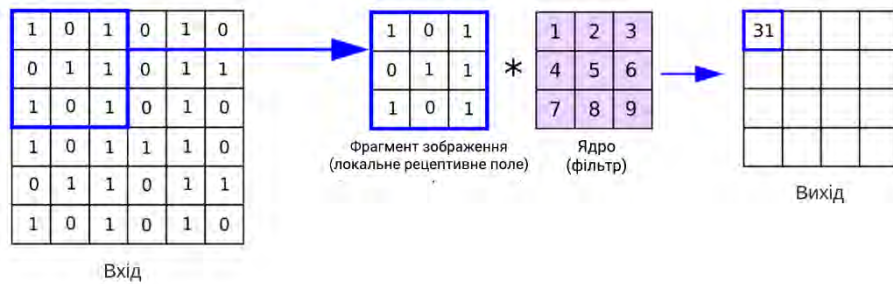


Рис. 1.3. Згортковий шар

Згортковий шар формується за допомогою ядра, кроку та падінгу. Ядро – це фільтр, який використовується для згортання, а крок визначає, на скільки позицій фільтр переміщується під час згортання, щоб створити вихідні пікселі. Падінг додає рамку з нульових значень навколо вхідного зображення для контролю розмірності виходу.

Шар об'єднання зменшує розмірність вихідних даних двох послідовних згорткових шарів, що знижує кількість параметрів і обчислювальне навантаження. Це досягається шляхом вибірки найбільших або середніх значень з областей, що перекриваються, у вихідних даних. Шар об'єднання часто комбінується з шаром максимізації для оптимізації. Крім того, він допомагає знизити ризик перенавчання та спрощує обчислення. На рис. 1.4 показано, як шар об'єднання зменшує розмірність і обчислювальну складність.

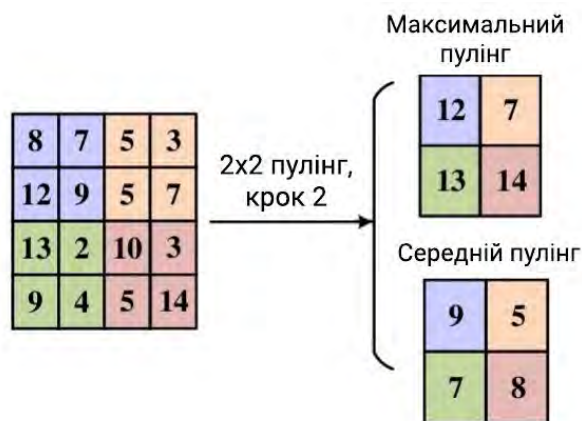


Рис. 1.4. Об'єднувальний шар

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Повністю зв'язаний шар, також відомий як вихідний шар CNN, працює подібно до прямої нейронної мережі та зазвичай знаходиться в нижньому шарі архітектури мережі. Він отримує вхідні дані від фінального шару об'єднання або останнього згорткового шару і розгортає їх у вектор (3D матриця) перед подальшою обробкою [24]. Це дозволяє нейронній мережі навчатися високорівневим нелінійним комбінаціям ознак. Рис. 1.5 демонструє, як повністю зв'язаний шар агрегує дані для подальшої обробки.

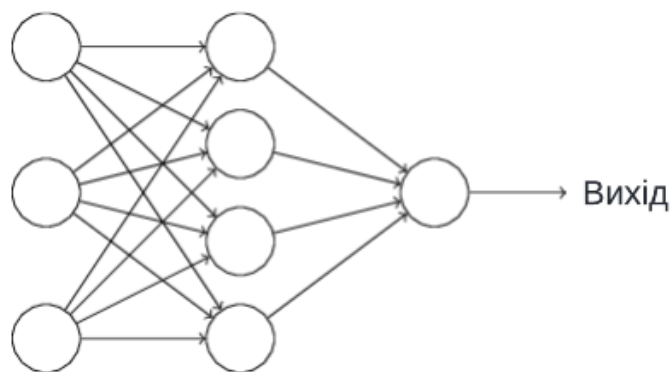


Рис. 1.5. Повністю зв'язаний шар

Нелінійний шар, або шар активації, є важливим у шарах CNN. Він застосовує математичну функцію активації до вихідних значень, що дозволяє мережі приймати остаточні рішення, такі як «так» або «ні». Функція активації може обмежувати вихідні значення в межах від -1 до 1, 1 до 0 тощо [24].

Функції активації діляться на дві основні категорії:

1. Лінійні функції активації. Вони мають простий математичний вираз  $F(x) = Cx$ , де  $C$  є константою, яка масштабує вхідні значення. Лінійні функції активації забезпечують вихід, пропорційний вхідному значенню. Хоча вони корисні для певних завдань, їх обмеження полягає в здатності давати лише одну остаточну відповідь.
2. Нелінійні функції активації. Вони широко використовуються в сучасних нейронних мережах і дозволяють моделі вивчати складні



взаємозв'язки між вхідними та вихідними даними. Це важливо для складних систем навчання та моделювання.

## 1.4 Популярні архітектури CNN

Архітектура CNN була створена, на основі організації та функціонування зорової кори мозку людини, і побудована за аналогією з нейронними зв'язками.

### 1.4.1 LeNet

Модель LeNet досягла своєї п'ятої версії, LeNet-5, яка є моделлю навчання CNN на основі градієнтного спуску і спочатку була розроблена для розпізнавання рукописних текстів. Вхідними даними для LeNet-5 є зображення у відтинках сірого розміром  $32 \times 32 \times 1$ . Ці зображення передаються через перший згортковий шар, що має фільтр  $5 \times 5$  і шість карт ознак, в результаті чого утворюються карти функцій розміром  $28 \times 28 \times 6$ . Ковзання фільтра контролюється параметром *stride*, а функція активації – гіперболічний тангенс.

Другий шар об'єднання має фільтр  $2 \times 2$ , шість карт функцій та двокроковий *stride*, що призводить до зображення розміром  $14 \times 14 \times 6$ . Третій шар – це другий згортковий шар із 16 картами ознак, фільтром  $5 \times 5$  та *stride*, що створює зображення  $10 \times 10 \times 16$  [24]. Четвертий шар – це ще один об'єднувальний шар із фільтром  $2 \times 2$ , двокроковим *stride* та 16 картами ознак, які створюють зображення розміром  $5 \times 5 \times 16$ . Цей шар містить 400 вузлів.

П'ятий шар відіграє роль повністю зв'язаного шару з 120 картами функцій, де кожна має розмірність  $1 \times 1$ , з'єднаних із 200 вузлами попереднього шару. Шостий шар також повністю зв'язаний і містить 84 вузли, що призводить до 10164 тренуваних вихідних параметрів. Останній шар у LeNet-5 – це повністю зв'язаний шар із функцією активації *softmax*, що має розмір 5 і забезпечує класифікацію вихідного зображення [24]. На рис. 1.6 показано архітектуру LeNet-5 з детальним зображенням кожного етапу процесу обробки та розпізнавання зображень.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 25   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

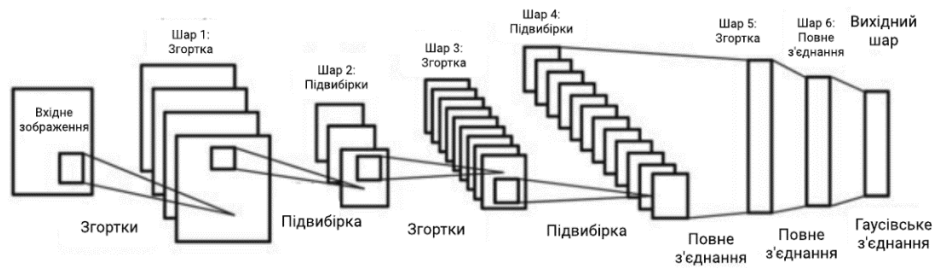


Рис. 1.6. Архітектура та шари LeNet-5

### 1.4.2 AlexNet

Презентована у 2012 році Алексом Крижевським архітектура AlexNet є однією з найважливіших моделей CNN завдяки своїй простоті, та ефективним дизайном шарів. AlexNet включає п'ять згорткових шарів, після яких на четвертому рівні йде об'єднувальний шар, а на п'ятому – три повністю з'єднані шари [24].

В AlexNet згорткові ядра оптимізуються під час процедури зворотного поширення помилки, застосовуючи стохастичний градієнтний спуск. Згорткові шари працюють з ковзними ядрами, які генерують карти ознак для здобуття інформації з локальних вікон. Також використовується функція напівхвильового випрямляча, яка допомагає підтримувати навчання і запобігати перенавчанню:

$$f(x) = \max(x, 0); \quad (1.6)$$

Метод відсіву в AlexNet служить стохастичним регулятором, який визначає кількість нейронів з нульовими значеннями, що допомагає зменшити надмірну адаптацію нейронів [24]. Цей метод зазвичай застосовується в повністю з'єднаних шарах. Архітектура AlexNet зображена на рис. 1.7.

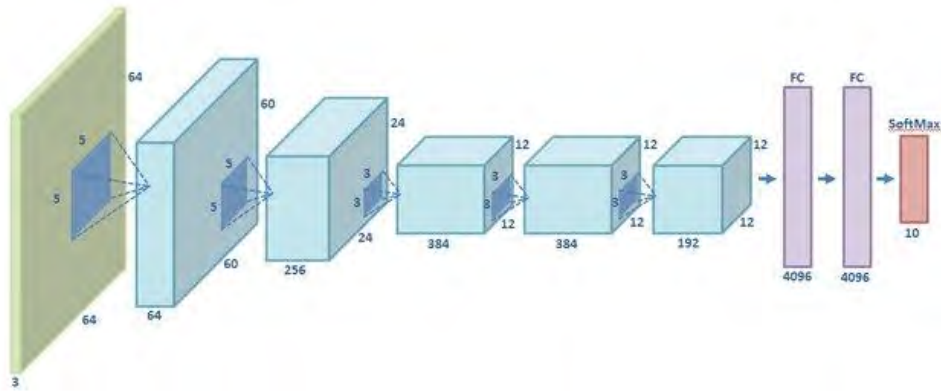


Рис. 1.7. Архітектура AlexNet

### 1.4.3 VGGNet

Остання версія VGGNet отримала назву – VGGNet-16. Ця модель використовує 13 згорткових шарів і 3 повністю зв'язаних шари. У VGG-16 згорткові шари мають розмір  $3 \times 3$  з кроком 1 та оббивкою. Шари об'єднання мають розмір  $2 \times 2$  з кроком 2. Вхідне зображення для VGG-16 має розмір  $224 \times 224$ . Після кожного шару агрегації розмір карти ознак зменшується вдвічі. Остання карта ознак перед повністю з'єднаним шаром має розмір  $7 \times 7$  з 512 каналами, що потім перетворюється на вектор розміром  $7 \times 7 \times 512$  [24]. Архітектура VGGNet-16 зображена на рис. 1.8.

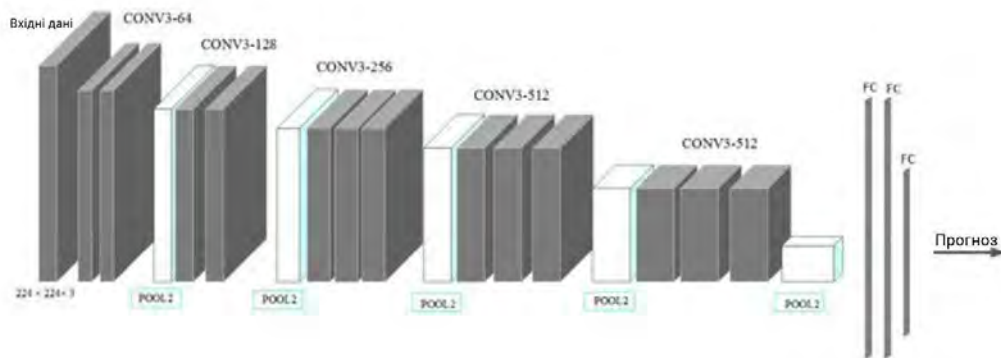


Рис. 1.8. Архітектура VGGNet-16

## **1.5 Методи виявлення паркувальних місць**

Під час процесу виявлення паркувальних місць основними елементами які забезпечують інформацію в режимі реального часу про їхню доступність є датчики. Для визначення присутності транспортних засобів на місцях призначених для паркування використовують різноманітні типи датчиків.

### **1.5.1 Ультразвукові датчики**

Ультразвукові сенсори часто використовуються в системах виявлення паркувальних місць для визначення наявності транспортних засобів. Коли автомобіль проїжджає через зону дії цих сенсорів, вони випромінюють високочастотні звукові хвилі, які відбиваються від автомобіля і повертаються назад до сенсора. За допомогою часу, який потрібний для повернення звукової хвилі розраховується відстань до автомобіля. На паркінгах такі сенсори зазвичай монтуються на стелі або стінах приміщення [20]. Під час наближення автомобіля до місця встановлення сенсора, він надсилає сигнал до системи яка відповідає за контроль паркінга, після чого відбувається оновлення бази даних для актуалізації стану паркінга .

Ультразвукові сенсори відомі своєю відносною дешевизною і простотою установки. Головним їх недоліком є можливість спотворення показань внаслідок впливу погодних умов або інших джерел перешкод. Тому є звичним використання ультразвукових сенсорів разом з іншими типами сенсорів, для забезпечення більш надійного виявлення.

### **1.5.2 Інфрачервоні датчики**

Інфрачервоні сенсори є найкращим вибором коли потрібно ідентифікувати авто, незалежно від умов освітлення. Їхній принцип роботи реалізований шляхом випромінювання інфрачервоного світла та реєстрації його відбиття від автомобіля [20]. Складовими даного пристрою є випромінювач, що генерує

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 28          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |

інфрачервоне випромінювання, та приймач, який приймає відбите випромінювання. Якщо транспортний засіб знаходиться у полі зору сенсора, інфрачервоне випромінювання відбивається від нього та потрапляє на приймач. Час, витрачений для подорожі випромінювання до об'єкту і назад, використовується для визначення відстані між сенсором і транспортним засобом, що дозволяє встановити, стан місця призначеного для паркування [20].

Інфрачервоні сенсори користуються попитом на відкритих паркінгах, де потрібно отримувати актуальні дані про стан паркінгу незалежно від умов освітлення.

### **1.5.3 Магнітний датчик**

Магнітні сенсори реагують на зміни в магнітному полі, які виникають через присутність автомобіля. Вони складаються з генератора магнітного поля і детектора. Генератор створює магнітне поле на паркувальній ділянці, а детектор виявляє порушення цього поля, спричинені автомобілем [20]. Коли транспортний засіб займає паркувальне місце, він змінює магнітне поле, що фіксує детектор. Магнітні сенсори зазвичай вбудовані в покриття паркувальних місць, що робить їх установку досить простою. Вони визначають, чи зайняте місце, аналізуючи силу і тривалість змін у магнітному полі.

### **1.5.4 Виявлення та вимірювання світла (LiDAR)**

Під час роботи LiDAR сенсорів за допомогою лазерних променів створюється тривимірна карта середовища та вимірюється відстань між датчиком і транспортним засобом. LiDAR часто використовується для контролю руху за транспортними засобами як на відкритих паркінгах так і на паркінгах що знаходяться у приміщеннях [20]. Отримана інформація за допомогою даних датчиків може бути широко використовувана як для оптимізації паркінгу так і для аналізу та покращення транспортних потоків.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 29   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Системи реалізовані за допомогою використання сенсорів LiDAR можуть використовуватися у якості джерел надання інформації про наявність місць призначених для паркування у реальному часі [20].

### **1.5.5 Мікрохвильовий радарний датчик**

Мікрохвильові радарні сенсори використовують радіохвилі для виявлення присутності транспортних засобів на паркувальному місці. Цей тип сенсора випромінює малопотужний радіосигнал і аналізує відбиття від прилеглих об'єктів, включаючи автомобілі [20]. Коли транспортний засіб заїжджає на паркувальне місце, радіохвилі відбиваються назад до сенсора, який розпізнає присутність автомобіля і передає сигнал до системи керування паркінгом. Радіолокаційні сенсори можуть бути встановлені над або під землею і забезпечують високу точність навіть за несприятливих погодних умов. Вони використовуються в гаражах і на відкритих паркінгах, оскільки здатні виявляти транспортні засоби незалежно від їх розміру чи матеріалу, включаючи метал і пластик [20]. Вони також можуть виявляти декілька транспортних засобів на одному місці і допомагають контролювати заповнення територій або гаражів.

### **1.6 Технологія бездротової передачі даних LoRaWAN**

LoRa (Long Range) – технологія для бездротової передачі даних, яка реалізує можливість передачі даних на великі відстані з незначним рівнем енергоспоживання. Завдяки даній технології реалізуються безліч програм з низькою швидкістю передачі даних, які не потребують високої мобільності та стабільності. LoRa створена для реалізації загальнодоступних бездротових телекомунікаційних мереж (LPWAN), які дозволяють посилити сигнал на +20 дБ у порівнянні зі старими мобільними системами [22].

Використовуючи структуру, відому як "зірки зірок", в якій елементи системи LoRa можуть слугувати кінцевими пристроями, шлюзами LoRa або мережевими серверами дана технологія є надійною та зручною для виконання різних задач [22].

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 30          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |

Кінцевий пристрій виконує функцію передачі даних через шлюзи на сервери, використовуючи модуляцію LoRaWAN. Шлюзи приймають ці необроблені кадри та пересилають їх на сервери використовуючи такі мережеві зв'язки як Ethernet або 5G. Мережеві сервери виконують функції декодування, обробки отриманих пакетів і генерування відповіді для відправки назад на кінцеві пристрої та мережевий сервер. Використання унікального 64-бітного [12] ідентифікатора IEEE (EUI), дозволяє автоматично присвоювати IPv6 адреси пристроям LoRa.

Для забезпечення безпеки в мережі LoRaWAN застосовується багаторівневе шифрування. Кожен рівень має свій унікальний ключ: мережевий рівень захищається за допомогою мережевого ключа, прикладний рівень – ключем програми, а для безпечного приєднання пристроїв до мережі використовується специфічний ключ пристрою [22]. На рис. 1.9 зображена архітектура технології LoRaWAN, яка ілюструє взаємодію між кінцевими пристроями, шлюзами та мережевими серверами в мережі LoRa.

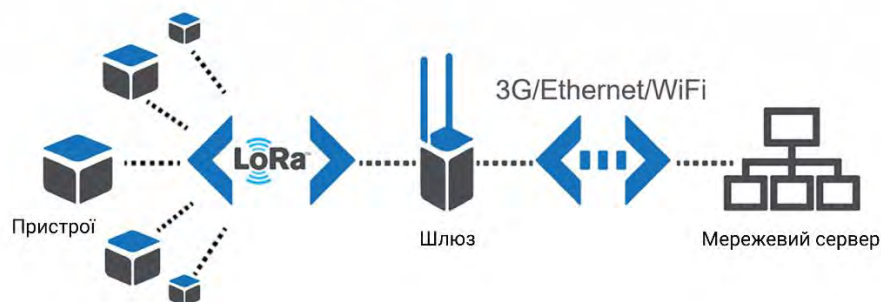


Рис. 1.9 Архітектура технології LoRaWAN

### 1.7 ANPR система з використанням вбудованого електронно-обчислювального пристрою

Вбудовані системи – це спеціалізовані обчислювальні пристрої, що розроблені для виконання конкретних функцій у складі великих систем або пристроїв. У контексті ANPR системи, такі системи використовуються для ефективного аналізу та обробки даних, отриманих з камер або датчиків.

Використання методів глибинного навчання в ANPR забезпечує обробку інформації в реальному часі, дозволяючи приймати швидкі рішення. Алгоритми глибинного навчання, зокрема CNN, навчаються розпізнавати та виявляти номерні знаки на зображеннях та у відеопотоках [16].

Цифрові відеореєстратори (DVR) призначені для збереження відеоматеріалів, отриманих з камер спостереження або інших джерел, на цифрові носії, такі як жорсткі диски або карти пам'яті. Відеореєстратори мають численні переваги перед традиційними аналоговими стрічковими системами, включаючи високу якість запису, зручний доступ до відео та можливість швидкого пошуку й аналізу матеріалів. Ці пристрої широко застосовуються у системах безпеки та моніторингу, забезпечуючи надійне зберігання та керування відеоінформацією.

Прототипом такої системи є Hikvision Twin ANPR System | 2 Way: двохсмугова ANPR система, яка включає в себе дві камери та систему DVR. На рис. 1.10 зображена Hikvision Twin ANPR System | 2 Way: двохсмугова ANPR система, яка ілюструє компоненти цієї системи, включаючи камери та DVR.



Рис. 1.10. Двохсмугова ANPR система: Hikvision Twin ANPR System | 2 Way



Специфікація камери DS-2CD7A26G0/P-IZS(2.8-12 MM) [8].

- Матриця: 1/1.8 Progressive Scan CMOS
- День/Ніч: ІЧ-фільтр
- Мінімальна освітленість: 0.002 Люкс/( F1.2, AGC вкл.); 0 Люкс з ІЧ [8]
- Об'єктив: 2.8-12 мм, кут огляду, 103.3 ° -38.6 °
- Кут огляду: горизонтальний кут огляду: 103.3 ° -38.6 °; вертикальна: 54.2 ° -21.9 °; кут огляду-діагональ: 124.2 ° -44.3 °
- Стиснення відео: Основний потік: H.264/ H.265/H.264 +/H.265 + [8]
- Максимальна роздільна здатність зображення: 1920 x1080
- Клас захисту: IP67, IK10
- Тип підключення: дротове джерело живлення PoE
- Розпізнавання: розпізнавання номерних знаків
- Живлення: DC 12В
- Робоча температура: -30°C ~ 60°C, вологість 0% ~ 95%
- ІЧ-діапазон: до 50 метрів
- Довжина хвилі: 850 нМ

Специфікація відеореєстратора DS-7608NI-I2/8P/1TB [3].

- IP відеовходи: 8 каналів (до 12 МП)
- Вхідний потік: 80 МБ/с
- Вихідний потік: 256 МБ/с
- Формат декодування H.265 +/H.265/H.264 +/H.264 [8]
- Мережевий протокол: TCP/IP, DHCP, IPv4, IPv6, DNS, DDNS, NTP, RTSP, SADP, SMTP, SNMP, NFS, iSCSI, ISUP, UPnP™, HTTP, HTTPS [8]
- PoE інтерфейс: 16 RJ-45 портів 10/100Мб/с [8]
- Мережевий інтерфейс 1 RJ-45 10/100 Мбіт/с адаптивний Ethernet інтерфейс [8]

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 33   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

- Режим виведення відео: одночасний вихід HDMI/VGA
- Тип інтерфейсу жорстких дисків: 2 SATA жорстких дисків до 12TB
- Джерело живлення: AC 220В
- Робоча температура: -10°C ~ + 55°C, вологість 10% ~ 90%
- Синхронне відтворення: 8-каналів
- Можливість: ~ 2 канали - 4К або 8 каналів - 1080p
- Вага: 3 кг (без HDD)

## 1.8 Система контролю паркувальних місць з використанням магнітних датчиків та технології LoRaWAN

Впровадження протоколу IPv6 у Web 3.0 розширило можливості в комунікаціях та мережах завдяки можливості прив'язки IP-адрес до численних пристроїв. Технологія Інтернету речей (IoT), представлена Кевіном Ештоном, є головним елементом цієї еволюції, наслідком якої є створення великої кількості інтегрованих пристроїв [26]. Вони застосовуються в таких сферах, як охорона здоров'я, сільське господарство, екологія, енергетика, водопостачання та навігація. IoT дозволяє виявляти аномальні події та дистанційно керувати пристроями. Різні бездротові мережеві технології, такі як Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, а також мобільні та супутникові мережі [15], застосовуються залежно від вимог додатків. Наприклад, Wi-Fi, Zigbee і Bluetooth забезпечують зв'язок на коротких відстанях, тоді як мобільні та супутникові мережі – на довгих.

### 1.8.1 Кінцевий пристрій

У технології LoRa кінцеві пристрої діють як крайні вузли мережі, зокрема датчики або виконавчі пристрої, що інтегруються у мережі IoT. Вони взаємодіють за допомогою бездротового з'єднання із шлюзами за допомогою протоколу LoRa. Такі пристрої, зазвичай, живляться від акумуляторів, що дозволяє розгортати їх у віддалених місцях, де немає доступу до живлення або зв'язку за допомогою кабелів.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 34   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Ці пристрої передають невеликі обсяги даних, а протокол LoRa забезпечує зв'язок на великі відстані з низьким енергоспоживанням, що робить їх відмінними для інтеграції IoT-додатки. На рис. 1.11 зображено магнітний датчик паркування Csicom SL-G-I3 LoRaWAN, який є прикладом кінцевого пристрою, що використовує LoRa для передачі даних у мережі IoT.



Рис. 1.11. Магнітний датчик паркування  
Csicom SL-G-I3 LoRaWAN

Специфікація магнітного датчика паркування Csicom SL-G-I3 LoRaWAN.

- LoRaWAN Клас: Клас А
- Джерело живлення: змінний акумулятор
- Діапазони частот: B1, B3, B5, B8, B20, B28
- Вхідна чутливість: -146 dBm
- Дальність покриття (Tx: 23dBm  $\pm$  2.7dB)
- Підтримка IPv4 і IPv6
- Підтримка UDP і MQTT зв'язку протоколи
- Підтримка DTLS через CoAP
- Підтримка випуску 3GPP 15
- Доступно для LoRa-WAN v.1.0.1/v.1.0.2

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 35   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

## 1.8.2 Шлюз

Шлюз LoRa виконує роль посередника між кінцевими пристроями та мережевим сервером, який підключений до Інтернету. Шлюз отримує бездротові сигнали від кінцевих пристроїв та пересилає їх на сервер для подальшої обробки. Цей підхід дозволяє пристроям комунікувати на значних відстанях при низькому споживанні енергії. Завдяки шлюзу LoRa можна забезпечити зв'язок на великі відстані, оскільки він обробляє сигнали від кінцевих пристроїв та передає їх на мережевий сервер. Це особливо корисно для застосувань, де пристрої розташовані на значних відстанях один від одного, наприклад, у сільськогосподарських або міських інфраструктурних системах. На рис. 1.12 зображено шлюз Milesight LoRaWAN Gateway UG65, який є прикладом пристрою, що забезпечує передачу даних від кінцевих пристроїв до мережевого сервера, підключеного до Інтернету.



Рис. 1.12. Шлюз Milesight LoRaWAN Gateway UG65 [8]

### Специфікація шлюзу Milesight LoRaWAN Gateway UG65

- Процесор: quad-core 1.5 GHz, 64-bit ARM Cortex-A53 [8]
- Пам'ять: 512 MB DDR4 RAM [8]
- Флеш: 8 GB eMMC [8]
- Антена: 2 × внутрішні антени
- Канал: 8 (Half/Full-duplex)
- Частотний діапазон: CN470/IN865/EU868/RU864/US915/AU915/KR920 /AS923-1&2&3&4 [8]

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 36   |

- Чутливість: -140dBm
- Вихідна потужність: 27dBm
- Протокол: V1.0 Class A/Class B/Class C and V1.0.2 Class A/Class B/Class C [8]
- Мережеві протоколи: PPPoE, SNMP v1/v2c/v3, TCP, UDP, DHCP, DDNS, HTTP, HTTPS, DNS, ARP, SNTP, Telnet, SSH, MQTT [8]
- Додатки: Python SDK, Node-RED
- Вхід живлення: 1. Роз'єм роз'єму постійного струму для живлення 9-24 VDC, 2. Вхід 1 × 802.3 як PoE
- Споживана потужність: типова 2,9 Вт, максимальна 4,2 Вт

### 1.8.3 Мережевий сервер

Мережевий сервер LoRaWAN виконує центральну роль у зв'язку пристроїв з інтернетом і координації мережі в цілому. Він керує аутентифікацією пристроїв, маршрутизацією даних між пристроями та зовнішніми мережами, зберіганням і передачею інформації. Сервер забезпечує інтерфейс між LoRaWAN і іншими мережами або сервісами, такими як хмарні платформи для аналізу даних.

### 1.9 Огляд фреймворків для глибинного навчання

Одними з головних елементів у фреймворках є тензори.

Тензори – це багатовимірні масиви даних, які широко застосовуються для представлення і обробки даних в нейронних мережах. Вони дозволяють ефективно описувати складні математичні операції та обчислення, необхідні для навчання моделей глибинного навчання.

Іншою важливою особливістю сучасних фреймворків є можливість створення динамічних нейронних мереж. Динамічні мережі здатні змінювати свою структуру під час виконання, що дає можливість більш гнучко реагувати на вхідні дані та оптимізувати процес навчання. Це відкриває нові можливості для дослідників, дозволяючи розробляти більш складні і адаптивні моделі, які можуть

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 37          |

краще справлятися з різноманітними завданнями та реальними сценаріями використання.

### 1.9.1 TensorFlow

TensorFlow базується на попередніх програмних забезпеченнях таких як Theano. Основною концепцією, яка об'єднує TensorFlow і Theano, є використання тензорів як основних елементів для створення систем глибокого навчання. Тензори є основним елементом для представлення даних і виконання операцій в обох пакетах. Цей акцент на тензорах робить TensorFlow і Theano унікальними, оскільки вони дозволяють створювати складні та ефективні моделі. Відмінність цих пакетів від інших, таких як DistBelief або Caffe, полягає в їхній гнучкості та можливості створювати складні моделі з різноманітними архітектурними конфігураціями.

Однією з слабких сторін TensorFlow є робота з архітектурами, які динамічно змінюють свою структуру. Це створює певні складнощі у реалізації та оптимізації таких моделей. Наприклад, TreeLSTM (Tree-structured Long Short-Term Memory) є модифікацією традиційних LSTM мереж, призначеною для роботи з деревоподібними структурами даних. TreeLSTM використовує ієрархічні зв'язки між вузлами дерева, що дозволяє моделі краще враховувати структуру вхідних даних.

Основна проблема полягає в тому, що традиційні нейронні мережі, такі як звичайні LSTM, побудовані на основі фіксованої послідовності вхідних даних, тоді як TreeLSTM вимагає динамічного формування архітектури мережі залежно від структури вхідного дерева. Це означає, що кожен вхідний зразок може мати унікальну структуру, що ускладнює реалізацію ефективного та оптимального алгоритму навчання.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 38   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

## 1.9.2 PyTorch

PyTorch є потужним і гнучким фреймворком для машинного навчання, який працює з тензорами та підтримує динамічні обчислювальні графи. Це дозволяє легко змінювати структуру моделей під час тренування, що робить його ідеальним для дослідників та розробників, які потребують швидкої інтеграції та експериментів з новими ідеями. Однією з ключових особливостей PyTorch є його здатність ефективно використовувати GPU для обчислень, що значно пришвидшує процес тренування великих моделей.

PyTorch підтримує різні алгоритми оновлення ваги для оптимізації моделей, такі як стохастичний градієнтний спуск (SGD), Adam, RMSprop та інші. Ці алгоритми використовуються для мінімізації функції втрат шляхом коригування ваги моделі на основі обчислених градієнтів. Бібліотека `torch.optim` містить реалізації цих оптимізаторів, що дозволяє легко змінювати метод оптимізації без значних змін у коді.

Однією з головних переваг PyTorch є його інтеграція з Python, що дозволяє використовувати знайомі API без необхідності створення статичних графів. Користувачі можуть просто писати звичайний Python код, використовуючи бібліотеки як NumPy, і взаємодіяти з PyTorch об'єктами. Це сприяє більш природньому процесу розробки та тестування моделей, дозволяючи зосередитися на логіці моделі, а не на обробці графів.

## 1.9.3 YouOnly Look Once (YOLO)

YOLO (You Only Look Once) був створений Джозефом Редмоном та його командою і вперше представлений у 2015 році. Цей детектор об'єктів має три основні ступені: Backbone, Neck та Head. Backbone використовується для екстракції ознак з вхідного зображення, Neck забезпечує додаткову обробку ознак та збагачення їх контекстом, а Head відповідає за передбачення класів об'єктів та їх координат. Початкова реалізація YOLO базувалася на фреймворку darknet, який

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 39   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

розроблений спеціально для нейронних мереж і забезпечує високу продуктивність та гнучкість.

Компанія Ultralytics випустила версію YOLOv8 у січні 2023 року. Ця версія відрізняється покращеною архітектурою моделі, що забезпечує більш високу точність та швидкість. Вона також інтегрує підтримку для різних фреймворків та оптимізована для використання з сучасними апаратними прискорювачами.

YOLOv8 містить п'ять масштабованих варіантів: YOLOv8n (nano), YOLOv8s (small), YOLOv8m (medium), YOLOv8l (large) та YOLOv8x (extra large) [10]. Ці варіанти відрізняються розміром та кількістю параметрів, що дозволяє користувачам вибирати модель, яка найкраще відповідає їх потребам щодо продуктивності та точності.

Ключові характеристики YOLOv8 включають:

- Подібність до YOLOv5 з модулем C2f. YOLOv8 зберігає магістральну архітектуру, аналогічну до YOLOv5, із глибокими коригуваннями в CSPLayer, який тепер називається модулем C2f. Цей модуль, що означає між ступінчасте вузьке місце з двома згортками, ефективно поєднує функції високого рівня з контекстною інформацією, що сприяє підвищенню точності виявлення.
- Модель семантичної сегментації YOLOv8-Seg. YOLOv8 розширює свої можливості за допомогою моделі семантичної сегментації, відомої як YOLOv8-Seg. Вона використовує екстрактор функцій CSPDarknet53, за яким слідує модуль C2F, що відрізняється від традиційної архітектури YOLO, для контролю показників сегментації при збереженні ефективності.
- YOLOv8x досягає високої продуктивності на тестовому наборі даних MS COCO test-dev 2017, з середньою точністю при перетині об'єктів (mAP) при IoU 0.5 близько 57-58% і середньою точністю при IoU від 0.5 до 0.95 близько 35-36%. Модель демонструє здатність точно виявляти об'єкти при різних рівнях перекриття. Крім того, YOLOv8x

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 40   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |



забезпечує високу швидкість обробки, здатну обробляти понад 20 зображень на секунду на сучасних GPU.

### **Висновок до розділу**

У даному розділі було виконано детальний огляд технологій та методів, що використовуються у ANPR системах та системах відстежування паркувальних місць. Було проаналізовано архітектуру та функціональні можливості згорткових нейронних мереж, зокрема їх застосування для розпізнавання зображень у реальному часі.

На основі проведеного аналізу було вирішено обрати ідентифікацію за допомогою ANPR системи, розроблену на основі CNN, як основний метод для вирішення завдань автоматичної ідентифікації авто та надання доступу на паркінг. Обрано саме цей підхід завдяки його високій точності та здатності ефективно обробляти великі обсяги даних у реальному часі, що є важливим для забезпечення оперативного контролю та управління паркінгом.

Для реалізації системи відслідковування стану паркінгу було обрано технологію бездротової передачі даних LoRaWAN, у поєднанні з магнітними датчиками паркування, що забезпечує стабільний та енергоефективний зв'язок між кінцевими пристроями та центральним сервером. Такий вибір був обґрунтований необхідністю забезпечення зв'язку на великі відстані при мінімальному енергоспоживанні.

Як фреймворк для розробки навченої моделі для розпізнавання номерних знаків було обрано YOLOv8. Цей вибір був зроблений завдяки високій продуктивності та точності цієї моделі, а також її здатності швидко обробляти зображення, що дозволяє використовувати її у системах, які потребують миттєвого реагування.

У процесі дослідження було знайдено та проаналізовано прототип ANPR системи з використанням вбудованого електронно-обчислювального пристрою.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 41   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Було встановлено, що така система може ефективно функціонувати в умовах реального часу, забезпечуючи високу точність та швидкість розпізнавання номерних знаків, що підтверджує доцільність використання обраних технологій та методів для розробки ANPR системи.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 42          |

## 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ

### 2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема — це графічне представлення компонентів системи та зв'язків між ними, що ілюструє взаємодію та функціональні блоки, які складають систему. Вона є основним інструментом при проектуванні та аналізі складних систем, оскільки дозволяє візуалізувати структуру системи, визначити її основні елементи та зрозуміти, як вони взаємодіють між собою.

У контексті розумного паркінгу структурна схема відіграє важливу роль. Вона відображає всі важливі компоненти системи, такі як камера, контролер, бар'єр, магнітні датчики, шлюз, мережевий сервер, центральний сервер і базу даних. Кожен з цих елементів виконує певну функцію, а структурна схема допомагає зрозуміти, як ці функції інтегруються для досягнення загальної мети забезпечення ефективного та автоматизованого управління паркінгом.

Важливість розробки структурної схеми полягає у тому, що вона є фундаментом для успішного проектування та впровадження розумного паркінгу. Без чітко визначеної структури неможливо створити ефективну, надійну та масштабовану систему. Структурна схема допомагає уникнути помилок на етапі проектування, забезпечує ефективну комунікацію між учасниками проекту та сприяє швидкому впровадженню інноваційних рішень у реальних умовах. На рис. 2.1. зображена структурна схема розумного паркінгу на базі розпізнавання номерного знаку за допомогою системи ANPR.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 43   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |



Рис. 2.1. Структурна схема розумного паркінгу

### 2.1.1 Основні компоненти та їх функції

1. Камера – знімає відео транспортних засобів та передає їх на контролер ANPR (PLC/MCU) для подальшого розпізнавання номерних знаків за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.
2. Контролер ANPR (PLC/MCU) – контролер, що обробляє дані з камери. Він виконує функції логіки управління доступом на паркінг. Після розпізнавання номерного знаку контролер приймає рішення про надання або відмову у доступі. Якщо доступ дозволено, контролер надсилає сигнал до бар'єру для відкриття.
3. Бар'єр – механічний пристрій, що фізично обмежує доступ на територію паркінгу. Він отримує сигнали від контролера ANPR для відкриття або закриття в'їзду.
4. Мережевий зв'язок – блок, який відповідає за передачу даних між контролером ANPR і центральним сервером. Зазвичай це інтернет-з'єднання або локальна мережа.
5. Центральний сервер – сервер, де зберігаються дані про всі транзакції на паркінгу, включаючи номерні знаки автомобілів, час в'їзду та виїзду. Центральний сервер також обробляє та зберігає інформацію, що надходить від магнітних датчиків через LoRaWAN шлюз.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 44   |

6. Мережевий сервер – сервер, що обслуговує мережеві комунікації між магнітними датчиками, LoRaWAN шлюзом і центральним сервером. Він керує передачею даних, забезпечуючи надійний та безпечний зв'язок.
7. Шлюз (LoRaWAN шлюз) – пристрій, що забезпечує передачу даних від магнітних датчиків до центрального сервера через мережу LoRaWAN. Шлюз приймає сигнали від датчиків, конвертує їх у формат, зручний для подальшої обробки, і передає на центральний сервер.
8. Магнітні датчики – датчики, розташовані на паркувальних місцях, які визначають зайнятість місць шляхом виявлення змін у магнітному полі, спричинених присутністю автомобіля. Вони працюють за допомогою технології LoRaWAN для передачі даних про зайнятість паркувальних місць на шлюз.
9. База даних зберігає всі зібрані дані про номерні знаки, час в'їзду і виїзду, а також інформацію від магнітних датчиків про зайнятість місць. Дані в базі використовуються для аналізу та управління паркувальним простором.

### 2.1.2 Принцип роботи системи

Розпізнавання та доступ на паркінг:

1. Коли автомобіль під'їжджає до в'їзду на паркінг, камера знімає його.
2. Камера передає зображення авто до контролера ANPR (PLC/MCU).
3. Контролер обробляє отримані дані і, якщо номерний знак відповідає дозволеним для в'їзду вимогам, надсилає сигнал на відкриття бар'єру.
4. Бар'єр відкривається, дозволяючи автомобілю в'їхати на територію паркінгу.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 45          |

5. Дані про номерний знак та час в'їзду надсилаються до центрального сервера для зберігання та подальшої обробки.

Моніторинг зайнятості паркувальних місць:

1. Магнітні датчики, встановлені на кожному паркувальному місці, визначають наявність автомобіля, вимірюючи зміни у магнітному полі, спричинені присутністю металевих частин автомобіля.
2. Дані з датчиків передаються через LoRaWAN шлюз на мережевий сервер.
3. Мережевий сервер обробляє отримані дані і надсилає їх на центральний сервер.
4. Центральний сервер зберігає інформацію про зайнятість паркувальних місць, що дозволяє в режимі реального часу відслідковувати стан паркінгу.
5. Дані також зберігаються в базі даних для подальшого аналізу та використання в управлінні простором паркінгу.

Таким чином, запропонована система забезпечує автоматичне розпізнавання та контроль доступу на паркінг за допомогою ANPR камери та надійний моніторинг зайнятості місць за допомогою магнітних датчиків та технології LoRaWAN. Це дозволяє ефективно управляти паркувальним простором, підвищувати рівень безпеки та зручності для користувачів, а також оптимізувати використання паркувальних місць.

## 2.2 Розробка блок-схеми алгоритму

На основі структурної схеми була реалізована блок-схема алгоритму роботи розумного паркінгу. Блок-схема алгоритму є графічним представленням послідовності операцій або кроків, які необхідно виконати для досягнення певної

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 46          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |

мети чи вирішення завдання. В контексті розумного паркінгу блок-схема алгоритму визначає порядок дій, які система повинна виконувати для ідентифікації транспортних засобів, контролю доступу, моніторингу зайнятості місць та інших операцій.

Блок-схеми алгоритму забезпечує структурований підхід до розробки системи, допомагає уникнути помилок, оптимізувати процеси, стандартизувати дії та полегшити навчання і підтримку. Таким чином, блок-схема алгоритму є основним елементом при створенні ефективного, надійного та масштабованого розумного паркінгу.

У нашому випадку блок-схема алгоритму реалізована у вигляді двох блок-схем алгоритмів. Одна з них відповідає за ідентифікацію та забезпечення доступу на паркінг, а інша – за безперервний контроль стану паркувальних місць та видачу інформації про стан паркінгу за допомогою магнітних датчиків та технології LoRaWAN. Блок-схема алгоритму, яка відображає ідентифікацію та забезпечення доступу на паркінг, зображена на рис. 2.2., тоді як інша, що відповідає за контроль стану паркувальних місць, представлена на рис. 2.3.

Ці дві блок-схеми тісно взаємопов'язані та забезпечують комплексний підхід до управління простором паркінгу. Цей підхід дозволяє забезпечити високу точність та надійність роботи системи, знижуючи ризик виникнення помилок та забезпечуючи зручність для користувачів. Завдяки використанню магнітних датчиків та технології LoRaWAN, система здатна швидко та точно визначати стан кожного паркувального місця, передаючи актуальну інформацію на центральний сервер для подальшої обробки та відображення.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 47          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |

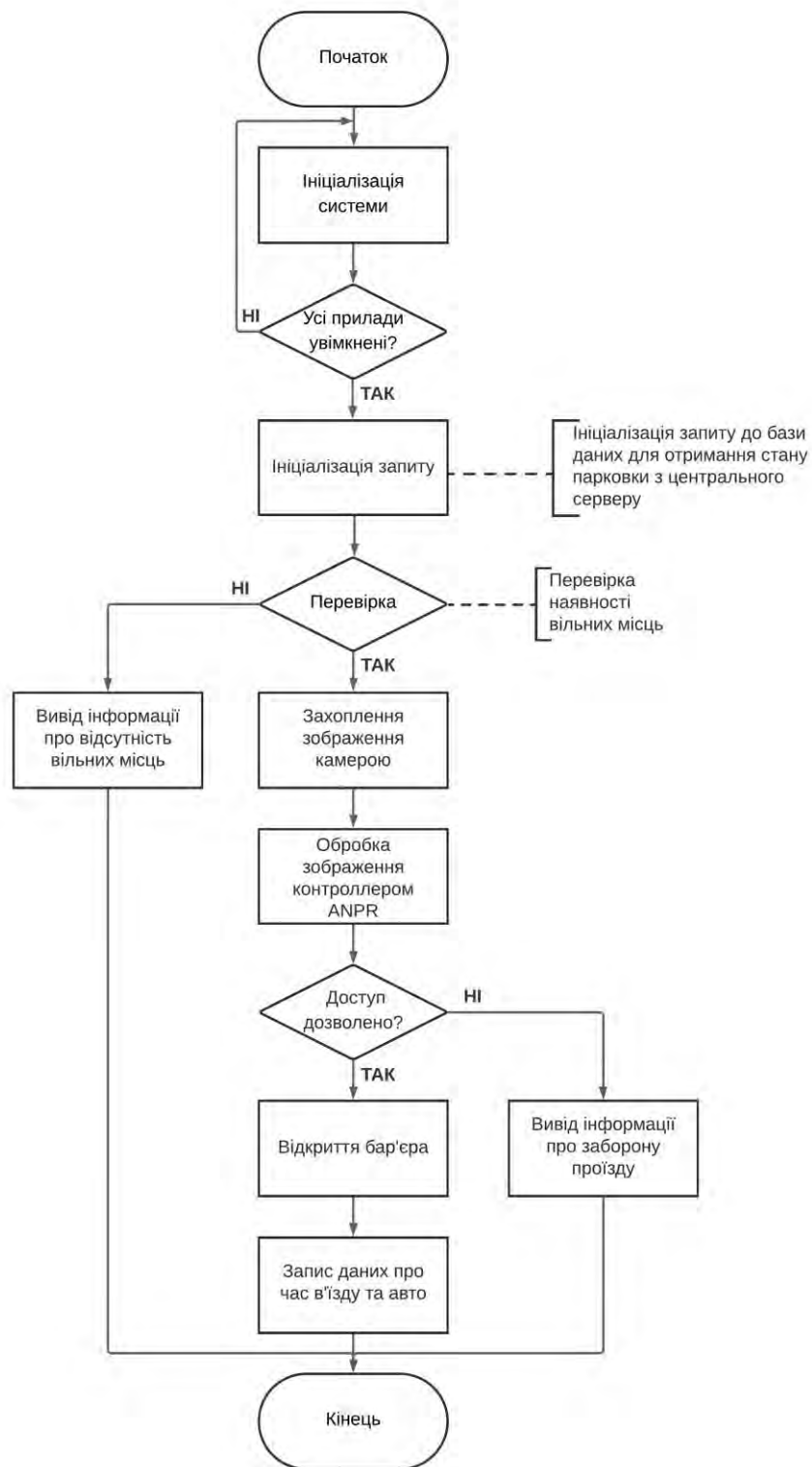


Рис. 2.2. Блок-схема алгоритму ідентифікації та забезпечення доступу на паркінг

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |





Рис. 2.3. Блок-схема алгоритму безперервного контролю стану паркувальних місць та видачі інформації про стан паркінгу

## 2.2.1 Принцип роботи блок-схеми алгоритму ідентифікації та забезпечення доступу на паркінг

Блок-схема алгоритму ідентифікації та забезпечення доступу на паркінг, зображена на рис. 2.2 ілюструє послідовність дій, які виконує система для ідентифікації транспортного засобу та надання або відмови в доступі до паркінгу.

Структура та основні функції блок-схеми:

1. Початок. Алгоритм починається з блоку "Початок", який ініціалізує запуск всього процесу. Це стартова точка, з якої система починає свою роботу при кожному запуску.
2. Ініціалізація системи. Наступним кроком є "Ініціалізація системи". У цьому блоці відбувається запуск і налаштування всіх компонентів системи, включаючи камеру, контролери, мережеві модулі та датчики.
3. Перевірка увімкнення всіх приладів. Після ініціалізації системи, алгоритм переходить до блоку перевірки, чи всі прилади увімкнені. Якщо якийсь з приладів не працює належним чином, система повертається до попереднього етапу для виправлення помилок.
4. Ініціалізація запиту. У разі успішної перевірки всіх приладів, відбувається "Ініціалізація запиту". Це етап, на якому система відправляє запит до бази даних для отримання актуальної інформації про стан паркінгу.
5. Перевірка наявності вільних місць. Після ініціалізації запиту система перевіряє наявність вільних місць на паркінгу. Якщо вільні місця відсутні, система виконує блок який виводить інформацію про відсутність вільних місць та закінчує процес переходячи до блока "Кінець", що запобігає в'їзду нових транспортних засобів на заповнений паркінг.
6. Захоплення зображення камерою. Якщо вільні місця є, система переходить до блоку "Захоплення зображення камерою". У цьому блоці

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 50   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

камера захоплює транспортний засіб, що під'їхав до в'їзду на паркінг.

7. Обробка зображення контролером ANPR. Захоплене зображення передається до блоку "Обробка зображення контролером ANPR". Контролер розпізнає номерний знак, перевіряє та зчитує його інформацію.
8. Доступ дозволено? На основі результатів обробки зображення, система визначає, чи дозволено доступ транспортному засобу. Якщо доступ дозволено, система переходить до відкриття бар'єра. У іншому випадку система виконує блок який виводить інформацію про заборону проїзду та закінчує процес переходячи до блоку "Кінець".
9. Відкриття бар'єра. Якщо доступ дозволено, система відкриває бар'єр, дозволяючи транспортному засобу в'їхати на паркінг.
10. Запис даних про час в'їзду та авто. Після відкриття бар'єра система записує дані про номерний знак авто та час в'їзду до центральної бази даних. Ця інформація використовується для подальшого аналізу та контролю.
11. Кінець. На цьому етапі процес завершується. Алгоритм готовий до повторного запуску при появі нового транспортного засобу, що під'їжджає до в'їзду на паркінг.

### **2.2.2 Принцип роботи блок-схеми алгоритму безперервного контролю стану паркувальних місць та видачі інформації про стан на паркінгу**

На рис. 2.3 зображена блок-схема алгоритму безперервного контролю стану паркувальних місць та видачі інформації про стан на паркінгу, яка забезпечує постійний моніторинг місць.

Структура та основні функції блок-схеми:

1. Початок. Процес починається з запуску системи моніторингу. Це початковий крок, який активує всі наступні операції.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 51   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

2. Ініціалізація системи. Після початку роботи система проходить фазу ініціалізації, під час якої перевіряються та налаштовуються всі компоненти. Це важливий етап для забезпечення коректної роботи всіх елементів системи.
3. Перевірка, чи всі прилади увімкнені. На цьому етапі проводиться перевірка стану всіх приладів системи моніторингу. Якщо будь-який з приладів не увімкнений або не працює належним чином, система повертається до початку для повторної ініціалізації. Цей етап гарантує, що всі компоненти готові до роботи.
4. Ініціалізація моніторингу стану паркувальних місць. Після успішної перевірки всіх приладів система переходить до ініціалізації процесу моніторингу стану місць. Це включає запуск магнітних датчиків, які будуть використовуватися для визначення наявності або відсутності автомобілів на паркувальних місцях.
5. Моніторинг місць призначених для паркування. Процес моніторингу здійснюється за допомогою магнітних датчиків, які безперервно перевіряють стан паркувальних місць. Система повертається до початку моніторингу після виконання блоку "Видача інформації про стан паркінгу" для постійної перевірки. Якщо немає необхідності продовжувати моніторинг, система завершує процес переходячи до блока "Кінець".
6. Збір даних через шлюз. У випадку зміни стану паркувальних місць, дані збираються через шлюз. Шлюз є основним компонентом, який об'єднує датчики з мережею для подальшої передачі даних.
7. Передача даних на мережевий сервер. Зібрані дані передаються на мережевий сервер. На цьому етапі дані обробляються та готуються до подальшої передачі.
8. Передача даних на центральний сервер через шлюз. Після обробки на

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 52          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |

мережевому сервері дані передаються на центральний сервер через шлюз. Це забезпечує централізоване зберігання та обробку інформації про стан паркувальних місць.

9. Оновлення бази даних. Дані про стан паркувальних місць оновлюються в базі даних. Це дозволяє підтримувати актуальність інформації та забезпечувати коректне відображення стану паркінгу для користувачів.
10. Видача інформації про стан паркінгу. Система видає актуальну інформацію про стан місць призначених для паркування. Ця інформація може бути доступна через різні канали, включаючи мобільні додатки, веб-сайти або інформаційне табло на самому паркінгу.
11. Кінець. Якщо моніторинг завершено (негативний сигнал), процес завершується. Це гарантує, що система не буде витратити ресурси на непотрібний моніторинг і може перейти в режим очікування або вимкнення до наступного циклу моніторингу.

### **Висновок до розділу**

Під час виконання дослідження у другому розділі була розроблена і представлена структурна схема системи розумного паркінгу. Вона демонструє всі важливі компоненти системи, включаючи камеру, контролер, бар'єр, магнітні датчики, шлюз, мережевий сервер, центральний сервер та базу даних. Завдяки цій схемі було візуалізовано взаємодію між елементами системи та їхні функціональні завдання, що є важливим для ефективного проектування та аналізу складних систем.

Крім того, були розроблені блок-схеми алгоритмів роботи системи, які описують послідовність дій для розпізнавання транспортних засобів, контролю доступу та моніторингу зайнятості паркувальних місць. Ці блок-схеми враховують всі особливості роботи таких систем та методи вирішення потенційних проблем,

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 53          |

що можуть виникати під час експлуатації. Завдяки цьому вдалося оптимізувати процеси і підвищити ефективність роботи системи.

Виконана робота забезпечила створення структурованого підходу до розробки системи розумного паркінгу, що включає як апаратні, так і програмні компоненти. Розроблені структурна схема та блок-схеми алгоритмів сприяють кращому розумінню роботи системи, та забезпечують можливість ефективної інтеграції нових технологій і компонентів.

|              |             |                 |               |             |                                 |      |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|              |             |                 |               |             |                                 | 54   |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |      |

### 3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТА ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДОВИХ СИСТЕМИ

#### 3.1 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема показує процеси, які відбуваються в різних частинах системи або в системі в цілому. Вона дає більш детальне уявлення про функції кожного елемента або пристрою порівняно з іншими типами схем. На функціональній схемі відображаються всі основні частини системи та основні зв'язки між ними.

Цілі створення функціональної схеми:

- Візуалізація системи. Допомагає чітко уявити, як працює система, які компоненти в ній присутні та як вони взаємодіють.
- Планування та проектування. Допомагає визначити вимоги до системи, спланувати її архітектуру та виявити потенційні проблеми або вузькі місця.
- Документація. Служить офіційним документом, що описує систему, її компоненти та функції, і може бути використана для подальшого розвитку та технічної підтримки.

Створення функціональних схем для систем розумного паркінгу є важливим з кількох причин:

- Чітке розуміння процесів. Допомагає всім учасникам проекту зрозуміти, як система повинна працювати, що знижує ризик помилок та непорозумінь.
- Оптимізація ресурсів. Дозволяє визначити оптимальне розташування та використання різних компонентів системи, таких як камери, датчики, сервери тощо.
- Забезпечення інтеграції. Гарантує, що всі компоненти системи будуть правильно інтегровані між собою і працюватимуть як єдине ціле.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 55   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

- Ідентифікація потенційних проблем. Дає можливість завчасно виявити та усунути можливі проблеми або конфлікти в системі.

На рис. 3.1 представлена функціональна схема системи розумного паркінгу з використанням ANPR системи для надання доступу на паркінг та ідентифікації авто, а також магнітних датчиків з архітектурою LoRaWAN для відслідковування стану паркінга.

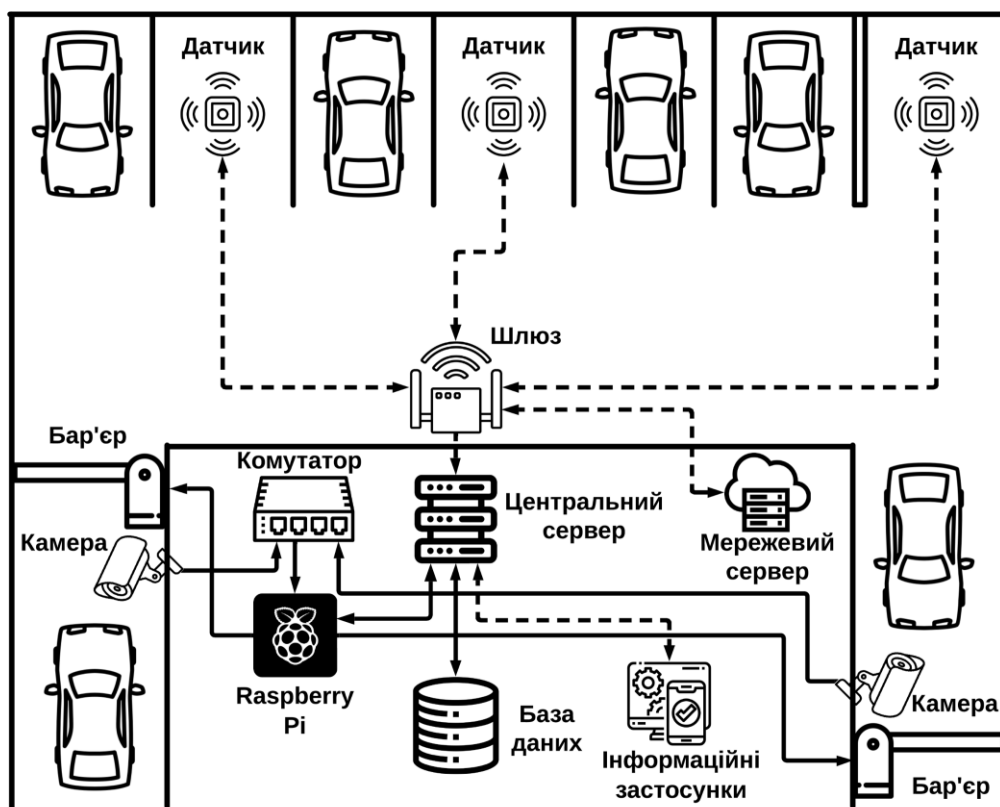


Рис. 3.1. Функціональна схема системи розумного паркінгу

### 3.1.1 Функціональні блоки та їх взаємодія

#### 1. Камери:

- Встановлені на в'їзді та виїзді з паркінгу для зйомки номерних знаків автомобілів.
- Передають відеопотік до мікрокомп'ютера Raspberry Pi через комутатор.

|       |      |          |        |      |
|-------|------|----------|--------|------|
|       |      |          |        |      |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |



2. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi:

- Отримує відеопотік з камер.
- Використовує програмне забезпечення для розпізнавання номерних знаків.
- Передає розпізнані дані до центрального сервера.

3. Комутатор:

- Забезпечує мережеве підключення між камерами, Raspberry Pi та центральним сервером.

4. Центральний сервер:

- Отримує дані з мікрокомп'ютера Raspberry Pi та зберігає їх.
- Отримує дані про стан паркінгу від мережевого серверу через шлюз.

5. База даних:

- Зберігає інформацію про розпізнані номерні знаки, стан паркувальних місць та інші дані, необхідні для контролю за паркінгом.

6. Інформаційні застосунки:

- Надання користувачам інформації про наявність паркувальних місць, час паркування, історію паркування тощо.
- Підключаються до центрального сервера.

7. Магнітні датчики:

- Встановлені на кожному паркувальному місці для виявлення наявності автомобіля.
- Відправляють дані про стан місця для паркування до шлюзу через LoRaWAN.

8. Шлюз (LoRaWAN Gateway):

- Приймає дані з магнітних датчиків і передає їх на мережевий сервер.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 57   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

#### 9. Мережевий сервер:

- Контролює стан магнітних датчиків по архітектурі LoRaWAN.
- Передає дані про стан паркувальних місць до центрального сервера через шлюз.

#### 10. Бар'єри:

- Контролюють в'їзд та виїзд автомобілів на основі інформації від мікрокомп'ютера Raspberry Pi.
- Відкриваються або закриваються в залежності від розпізнаних номерних знаків та поточного стану паркінгу.

### 3.2 Опис і обґрунтування складових системи

Під час вибору основного обладнання для системи розумного паркінгу було враховано кілька ключових критеріїв, серед яких технічні характеристики, вартість, сумісність та відгуки користувачів. Це дозволило забезпечити надійність та ефективність роботи системи, а також її відповідність потребам.

Основними складовими системи є:

1. Камери.
2. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi.
3. Комутатор.
4. Магнітні датчики.
5. Шлюз (LoRaWAN Gateway).

#### 3.2.1 IP камера Hikvision DS-2CD2T43G2-4I

Камера — це пристрій, призначений для зйомки зображень або відео. Вона перетворює світло, що потрапляє через об'єктив, на електронні сигнали, які потім обробляються та зберігаються в цифровому вигляді. Камери використовуються у різних сферах: від аматорської та професійної фотографії до систем відеоспостереження та безпеки.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 58   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

IP-камера (Internet Protocol камера) — це цифрова відеокамера, яка передає дані через комп'ютерну мережу. На відміну від аналогових камер, що передають відеосигнал через коаксіальний кабель до записуючого пристрою, IP-камери використовують інтернет-протокол для надсилання даних безпосередньо до мережевого відеореєстратора (NVR) або інших мережевих пристроїв.

Камера Hikvision DS-2CD2T43G2-4I [1] зображена на рис. 3.2 була обрана для реалізації системи розумного паркування з кількох причин:

1. Форм-фактор Bullet та міцний корпус. Камера виконана у форм-факторі Bullet з металевим корпусом, що робить її міцною та стійкою до зовнішніх умов, забезпечуючи надійну роботу на відкритих паркувальних майданчиках.
2. Підтримка трьох потоків та смарт-функцій. Камера підтримує три потоки, технологію WDR 120dB, що покращує якість зображення в умовах контрастного освітлення, а також різні смарт-функції, включаючи перетин лінії, вторгнення в зону та детекцію обличчя, що підвищує точність моніторингу паркувальних місць.
3. Висока чутливість. Камера має високу чутливість (0.005 Люкс), що дозволяє отримувати якісне зображення в умовах поганого освітлення, важливо для паркінгів з недостатнім освітленням.
4. Технологія стиснення відео. Використання кодека H.265 зменшує навантаження на мережу та заощаджує місце на жорсткому диску, що є для зберігання великих обсягів відеоданих.
5. Зручність використання та віддалений доступ. Камера підтримує віддалений перегляд через додаток Hik-connect, а також можливість отримувати пуш-повідомлення про тривоги на смартфон, що дозволяє оперативно реагувати на зміни ситуації на паркувальному майданчику.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 59          |



Рис. 3.2. Камера Hikvision DS-2CD2T43G2-4I

Таблиця 3.1 – Специфікація камери Hikvision DS-2CD2T43G2-4I [1]

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Матриця                   | 1/3 "Progressive Scan CMOS                                     |
| Мінімальна чутливість     | 0.005 лк (F1.6, AGC ON), 0 лк з ІЧ [1]                         |
| Фокусна відстань          | 2.8мм  |
| Роздільна здатність відео | 2688 × 1520, 1920 × 1080, 1280 × 720, 640 × 480, 640 × 360 [1] |
| Живлення                  | 12В DC   |
| РoE                       | 802.3af  |
| Потужність споживання     | 12.5 Вт  |
| Відео компресія           | H.265/H.264/H.264+/H.265+ [1]                                  |
| Робоча температура        | -30 °С - +60 °С [1]  |
| Ступінь захисту           | IP67 [1]   |

### 3.2.2 Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B

Мікрокомп'ютер — це компактний комп'ютер на одній платі, що містить усі основні компоненти, необхідні для обчислювальних задач: процесор, оперативну пам'ять, зберігання даних і порти для підключення периферійних пристроїв. Мікрокомп'ютери зазвичай призначені для виконання специфічних завдань, таких як управління пристроями, автоматизація процесів, обробка даних або робота

вбудованих систем. Завдяки своїм компактним розмірам, низькій вартості та відносно низькому енергоспоживанню, вони знайшли широке застосування в різних сферах, від освітніх проектів до комерційних та промислових рішень.

Одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B [6] зображений на рис. 3.3 був обраний для реалізації системи розумного паркування через низку своїх вдосконалень та характеристик:

1. Покращена продуктивність. Raspberry Pi 4 Model B оснащений новим високопродуктивним 64-розрядним чотирьохядерним процесором, що забезпечує значно вищу швидкість роботи в порівнянні з попередніми моделями. Це дозволяє ефективно обробляти великі обсяги даних і виконувати складні обчислювальні задачі, які потрібні для розумного паркування.
2. Поліпшена мультимедійна продуктивність. Підвищена продуктивність мультимедійного модуля дозволяє одночасно підключати два дисплеї з роздільною здатністю до 4К через micro-HDMI порти. Це особливо корисно для відображення інформації про стан паркувальних місць у режимі реального часу.
3. Оновлені мережеві модулі. Двохдіапазонна бездротова мережа на 2.4 і 5.0 ГГц, підтримка Bluetooth 5.0 та Gigabit Ethernet забезпечують швидкий і стабільний зв'язок, що критично важливо для систем розумного паркування, де необхідна безперебійна передача даних.
4. Підтримка PoE. Підтримка Power over Ethernet (PoE) за допомогою окремого модуля PoE NAT [6] дозволяє подавати живлення та передавати дані через один Ethernet-кабель, що спрощує встановлення та зменшує кількість необхідних кабелів.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 61          |



Рис. 3.3. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B

Таблиця 3.2 – Специфікація мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 Model B [6]

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Процесор              | Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz [6]      |
| Оперативна пам'ять    | 4GB LPDDR4-2400 SDRAM  |
| Підтримка мультимедіа | H.265 (декодування 4кp60), H264 (декодування 1080p60, кодування 1080p30) [6] |
| Порти USB             | 2 x USB 3.0, 2 x USB 2.0 [6]   |
| Живлення              | Роз'єм USB-C 5В мін. 3А,<br>5В GPIO мін. 3А,                                 |
| PoE                   | Для живлення через Ethernet (PoE) потрібен окремий PoE HAT                   |
| Аудіовиходи           | Micro HDMI; 3.5 mm Jack  |
| Відеовиходи           | Micro HDMI; 3.5 mm Jack  |
| Бездротові модулі     | Wi-Fi, Bluetooth 5.0   |
| Ethernet              | 1000 Мбіт/с  |

### 3.2.3 Комутатор CBS250-8P-E-2G

Комутатор — це мережевий пристрій, який використовується для з'єднання кількох комп'ютерів, серверів та інших мережевих пристроїв у локальній мережі (LAN). Він працює на каналному рівні моделі OSI (рівень 2), використовуючи мак-адреси для пересилання даних до відповідного пристрою. Комутатори дозволяють ефективно розподіляти мережевий трафік і забезпечувати високу швидкість передачі даних між підключеними пристроями, що робить їх важливими для побудови надійних і продуктивних мереж.

РоЕ комутатор — це різновид комутатора, який не тільки передає дані, але й забезпечує електроживлення підключених пристроїв через той самий Ethernet-кабель. Це дозволяє підключати до мережі різні пристрої, такі як IP-камери, точки бездротового доступу, IP-телефони, без необхідності окремого джерела живлення для кожного з них.

Комутатор Cisco Business 250 [2] зображений на рис. 3.4 був обраний для реалізації системи розумного паркування через низку його переваг:

1. Висока продуктивність та надійність. Комутатори Cisco Business 250 поєднують високу продуктивність із надійністю, що забезпечує стабільну роботу мережі без перебоїв.
2. Гнучкі можливості керування. Забезпечують повний набір функцій для управління мережею, включаючи налаштування VLAN, пріоритизацію трафіку та моніторинг мережевого стану.
3. Комплексні можливості безпеки. Комутатори мають вбудовані функції безпеки, такі як управління доступом, фільтрація трафіку та захист від атак, що забезпечує захист мережі від загроз.
4. Функції статичної маршрутизації рівня 3. Підтримка статичної маршрутизації дозволяє керувати трафіком між різними сегментами мережі, що підвищує ефективність використання мережевих ресурсів.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 63          |



Рис. 3.4. Комутатор CBS250-8P-E-2G

Таблиця 3.3 – Специфікація Комутатора CBS250-8P-E-2G [2]

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Тип комутатора                     | Розумний комутатор   |
| Мережеві інтерфейси                | 8xGbE (з підтримкою PoE)<br>2xSFP combo  |
| Процесор                           | 800 МГц ARM  |
| Пам'ять                            | 512 МБ   |
| Флеш-пам'ять                       | 256 МБ   |
| Відповідність мережевим стандартам | IEEE 802.3; IEEE 802.3 u; IEEE 802.3 x; IEEE 802.3 z; IEEE 802.3 ab; IEEE 802.3 ad; IEEE 802.1 d; IEEE 802.1 p; IEEE 802.1 s; IEEE 802.1 w; IEEE 802.1 Q; IEEE 802.1 x [2] |
| Кількість PoE портів               | 8  |
| Кількість SFP портів               | Кількість SFP портів   |
| Параметри PoE                      | Бюджет PoE: 67 Вт до 30 Вт для кожного пристрою  |
| Живлення                           | AC 100-240 В   |



### 3.2.4 Магнітний датчики Trax10213 LoRaWAN

Геомагнітний датчик — це пристрій, який вимірює зміни у магнітному полі Землі. Ці зміни можуть бути спричинені наявністю металевих об'єктів, таких як автомобілі, що впливають на локальне магнітне поле. Геомагнітні датчики широко використовуються в різних галузях для виявлення металевих предметів, моніторингу транспорту та інших застосувань, де важливо визначити присутність або відсутність металевих об'єктів.

Особливість зв'язку LoRaWAN для геомагнітних датчиків полягає у його здатності забезпечувати широке покриття та надійну передачу даних на великі відстані з низьким енергоспоживанням. LoRaWAN – це протокол бездротового зв'язку, розроблений для створення мереж IoT, який забезпечує двосторонній зв'язок між датчиками та шлюзами через великі відстані.

Геомагнітний датчик Trax10213 LoRaWAN [9] зображений на рис. 3.5 був обраний для системи розумного паркування завдяки своїм передовим характеристикам і можливостям:

1. Поєднання геомагнітного та радарного датчиків. Це дозволяє одночасно використовувати два методи виявлення транспортних засобів, що підвищує точність визначення наявності автомобілів на паркувальних місцях.
2. Використання відкритого протоколу LoRaWAN. Це забезпечує надійний бездротовий зв'язок з мінімальним енергоспоживанням, дозволяючи датчику передавати інформацію про стан паркувальних місць на великі відстані без необхідності частого обслуговування.
3. Простота встановлення. Бездротова поверхнева конструкція датчика полегшує його встановлення та інтеграцію в існуючу інфраструктуру паркування.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 65   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |



Рис. 3.5. Геомагнітний датчик Trax10213 LoRaWAN

Таблиця 3.4 – Специфікація геомагнітного датчика Trax10213 LoRaWAN [9]

|                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| Швидкість передачі даних           | 0,3 Кбіт/с ~ 50 Кбіт/с |
| Дальність зв'язку                  | До 10 км               |
| Термін служби батареї              | 5 років                |
| Діапазон виявлення магнітного поля | ± 50 гаус              |
| Пакети                             | LGA-12                 |
| Робоча частота                     | 60GHZ                  |
| Діапазон виявлення датчика A111    | 6см-2м                 |
| Діапазон напруги живлення          | 1.71VDC-1.89VDC        |
| Спосіб зв'язку                     | I2C                    |
| Метод поширення                    | LoRa/FSK               |
| Ступінь захисту                    | IP67                   |

### 3.2.5 Шлюз Milesight UG67 Outdoor LoRaWAN

Шлюз — це мережевий пристрій, який з'єднує різні мережі та забезпечує передачу даних між ними. Він може перетворювати дані між різними протоколами або мережевими стандартами, забезпечуючи таким чином інтеграцію різних мережевих інфраструктур. Шлюзи часто використовуються для підключення

локальних мереж до Інтернету, а також для забезпечення взаємодії між різними типами мережевих систем.

В архітектурі LoRaWAN шлюз відіграє основну роль, оскільки він забезпечує зв'язок між пристроями кінцевих вузлів та центральним сервером мережі. Шлюз приймає бездротові сигнали від датчиків, що використовують протокол LoRa, і передає ці дані до мережевого сервера через IP-мережу. Таким чином, шлюз діє як міст між бездротовими датчиками і хмарними або локальними серверами обробки даних.

Шлюз UG67 [5] зображений на рис. 3.6 був обраний для реалізації системи розумного паркування завдяки своїм відмінним характеристикам і можливостям:

1. Надійність і висока пропускна здатність. UG67 оснащений мікросхемою SX1302 LoRa і високопродуктивним чотирьохядерним процесором, що дозволяє підтримувати з'єднання з більш ніж 2000 вузлами одночасно. Це гарантує стабільну роботу в умовах інтенсивного трафіку даних.
2. Велика зона покриття. Шлюз має зону прямої видимості до 15 км, що робить його ідеальним для використання в розподілених системах, таких як розумне паркування, де датчики можуть бути розташовані на великій відстані один від одного.
3. Резервне копіювання та надійне підключення. Шлюз підтримує резервне копіювання кількох зворотних зв'язків за допомогою Ethernet, Wi-Fi та стільникового зв'язку, що забезпечує безперебійність роботи навіть у випадку збою одного з методів підключення.
4. Інтеграція з основними мережевими серверами. UG67 має вбудовану підтримку основних мережевих серверів, таких як TTI, ChirpStack, а також вбудований мережевий сервер і Milesight IoT Cloud, що спрощує розгортання та управління системою.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 67   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |



Рис. 3.6. Шлюз Milesight UG67 Outdoor LoRaWAN

Таблиця 3.5 – Специфікація шлюзу Milesight UG67 Outdoor LoRaWAN [5]

|                    |   |
|--------------------|---|
| Антенa             | Повністю інтегрована внутрішня антенa (додатково: 2 × 50 Ω роз'єм для зовнішньої антени N-роз'єм) |
| Діапазон частот    | CN470/IN865/EU868/RU864 /US915/AU915/KR920/AS923 [5]  |
| Процесор           | Чотирьохядерний 1,5 ГГц, 64-розрядний ARM Cortex-A53  |
| Пам'ять            | 512 МБ DDR4   |
| Flash-пам'ять      | 8 ГБ eMMC   |
| Протокол           | V1.0, клас A/клас B/клас C і V1.0.2, клас A/клас B/клас C   |
| Кількість каналів  | 8   |
| Чутливість         | -140dBm Чутливість @292bps  |
| Вихідна потужність | 27 дБм Макс.  |
| Живлення           | 802.3 як PoE; Живлення постійного струму (6~12 В) через роз'єм M12                                |

## Висновок до розділу

У даному розділі дипломної роботи була проведена розробка функціональної схеми системи розумного паркування та вибір її компонентів. Функціональна схема забезпечує детальне уявлення про процеси, що відбуваються в системі, та взаємодію між її компонентами. Завдяки створеній схемі, вдалось візуалізувати систему, визначити вимоги до неї, спланувати архітектуру та ідентифікувати потенційні проблеми ще на стадії проектування.

Функціональна схема включає різноманітні компоненти, такі як камери, мікрокомп'ютер Raspberry Pi, комутатор, магнітні датчики та шлюз LoRaWAN. Кожен з цих компонентів виконує специфічні завдання, що забезпечують ефективну роботу системи. Камери встановлені на в'їзді та виїзді паркінгу для зйомки номерних знаків автомобілів, які потім обробляються мікрокомп'ютером Raspberry Pi. Комутатор забезпечує мережеве підключення між камерами, мікрокомп'ютером та центральним сервером, який зберігає дані та надає інформацію користувачам через відповідні застосунки. Магнітні датчики встановлені на кожному паркувальному місці для виявлення наявності автомобілів і передають дані через LoRaWAN шлюз до мережевого серверу.

При виборі компонентів для системи були враховані технічні характеристики, вартість, сумісність та відгуки користувачів. Наприклад, мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B був обраний через його високу продуктивність, здатність підтримувати кілька дисплеїв з роздільною здатністю до 4k, різноманітні методи підключення та невисоке енергоспоживання. Комутатор Cisco Business 250 забезпечує гнучкі можливості керування, комплексні функції безпеки та підтримку статичної маршрутизації рівня 3, що відповідає потребам для побудови надійної бізнес-мережі. Магнітні датчики Trax10213 LoRaWAN були обрані за їхню здатність одночасно використовувати геомагнітні сенсори та радар для виявлення транспортних засобів, що забезпечує високу точність. Шлюз UG67 був обраний завдяки своїй надійності, високій пропускну здатності, великій зоні покриття.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 69          |

## 4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗБЕЧЕННЯ

У даному розділі головною метою є створення програмного забезпечення, яке забезпечує автоматичне розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Це програмне забезпечення є важливим елементом системи розумного паркінгу, оскільки воно дозволяє автоматизувати процес контролю в'їзду та виїзду автомобілів на територію паркінгу, що підвищує ефективність та зручність для користувачів. Для реалізації цієї мети було обрано системи автоматичного розпізнавання номерних знаків.

### 4.1 Розробка структурної схеми ANPR системи

Перед створенням програмного забезпечення для системи автоматичного розпізнавання номерних знаків було створено структурну схему для кращого розуміння архітектури даної системи. Це дозволило більш чітко визначити основні етапи обробки зображень та їх взаємодію, а також забезпечити ефективне виконання завдань на кожному з етапів. На рис. 4.1 представлена структурна схема ANPR системи яка складається з кількох основних блоків, кожен з яких відповідає за виконання певного завдання в процесі розпізнавання номерних знаків.

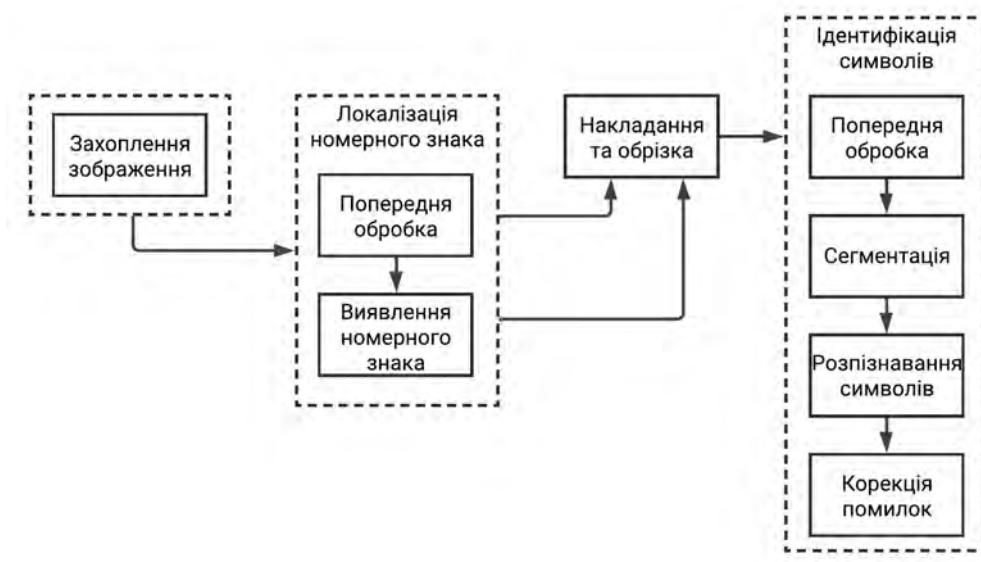


Рис. 4.1. Структурна схема ANPR системи

#### 4.1.1 Основні складові схеми

Захоплення зображення.

1. Цей блок відповідає за отримання зображення номерного знаку, зазвичай за допомогою камери. Захоплене зображення передається на наступний етап обробки.

Локалізація номерного знаку.

1. Попередня обробка. На цьому етапі зображення піддається попередній обробці для покращення якості та підготовки до виявлення номерного знаку. Це може включати фільтрацію шумів, контрастування та інші методи обробки зображень.
2. Виявлення номерного знаку. Після попередньої обробки зображення аналізується для виявлення місцезнаходження номерного знаку. Цей процес включає виділення області з номером знаку з усього зображення.

Накладання та обрізка.

1. Після виявлення номерного знаку виконується його накладання на вихідне зображення та обрізка для отримання окремого зображення номерного знаку.

Ідентифікація символів.

1. Попередня обробка. На цьому етапі відбувається додаткова обробка обрізаного зображення номерного знаку для покращення якості розпізнавання символів.
2. Сегментація. Зображення розділяється на окремі символи для подальшого розпізнавання.
3. Розпізнавання символів. Виконується розпізнавання окремих символів на номерному знаку за допомогою алгоритмів оптичного розпізнавання символів (OCR).

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 71          |

4. Корекція помилок. Після розпізнавання символів проводиться корекція можливих помилок для підвищення точності розпізнавання.

#### **4.1.2 Взаємодія між блоками**

1. Захоплення зображення забезпечує вихідні дані для локалізації номерного знаку.
2. Після попередньої обробки та виявлення номерного знаку дані передаються на етап накладання та обрізки.
3. Обрізане зображення номерного знаку надходить на етап ідентифікації символів, де проходить через кілька підетапів: Попередню обробку, Сегментацію, Розпізнавання символів та Корекцію помилок.

#### **4.2 Навчання моделі ANPR системи**

Для розробки ANPR системи було обрано фреймворк YOLOv8 завдяки його численним перевагам у порівнянні з попередніми версіями та іншими фреймворками. YOLOv8 є останньою версією архітектури моделі виявлення об'єктів, яка прийшла на зміну YOLOv5. Він пропонує значні вдосконалення, що роблять його ідеальним для завдань ANPR.

##### **4.2.1 Огляд архітектури фреймворку YOLOv8**

YOLOv8 демонструє прогрес завдяки новій архітектурі нейронної мережі. Одним із значних елементів є інтеграція двох нейронних мереж: мережі функціональної піраміди (FPN) та мережі шляхової агрегації (PAN) [25]. Ці мережі дозволяють моделі ефективніше аналізувати зображення та ідентифікувати об'єкти різних розмірів і на різних рівнях роздільної здатності.

FPN функціонує шляхом поетапного зниження просторової роздільної здатності вхідного зображення, одночасно збільшуючи кількість каналів функцій.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 72   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |



Це створює карту функцій, яка може виявляти об'єкти різних масштабів і роздільної здатності. Такий метод дозволяє моделі знаходити як великі, так і малі об'єкти, що є важливим для ефективного функціонування ANPR системи, яка повинна розпізнавати номерні знаки різних розмірів і під різними кутами.

З іншого боку, архітектура PAN з'єднує функції з різних рівнів мережі за допомогою пропускних з'єднань. Це дозволяє моделі краще захоплювати деталі на різних масштабах і роздільній здатності. Завдяки цьому підходу модель може точніше ідентифікувати об'єкти різних розмірів і форм, що критично для точного розпізнавання символів на номерних знаках.

Однією з найкорисніших інновацій YOLOv8 є новий інструмент для анотації, який значно полегшує процес маркування даних [25]. Цей інструмент включає кілька корисних функцій, таких як автоматичне маркування, маркування етикеток і налаштовувані гарячі клавіші. Це спрощує процес анотування зображень для навчання моделі, знижуючи витрати часу та підвищуючи точність анотацій.

Цей новий підхід робить YOLOv8 значно ефективнішим в аналізі зображень, дозволяючи виявляти та розпізнавати об'єкти з різними розмірами та на різних рівнях роздільної здатності. Інструмент для анотації особливо корисний для зниження трудовитрат та підвищення точності підготовки даних, що в кінцевому рахунку підвищує загальну продуктивність моделі.

На рис. 4.2 зображена архітектура YOLOv8, яка використовується для високоточного виявлення об'єктів. Ця архітектура складається з кількох компонентів, кожен з яких виконує специфічні функції для забезпечення ефективного виявлення об'єктів у зображеннях різних розмірів та роздільної здатності.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 73          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |

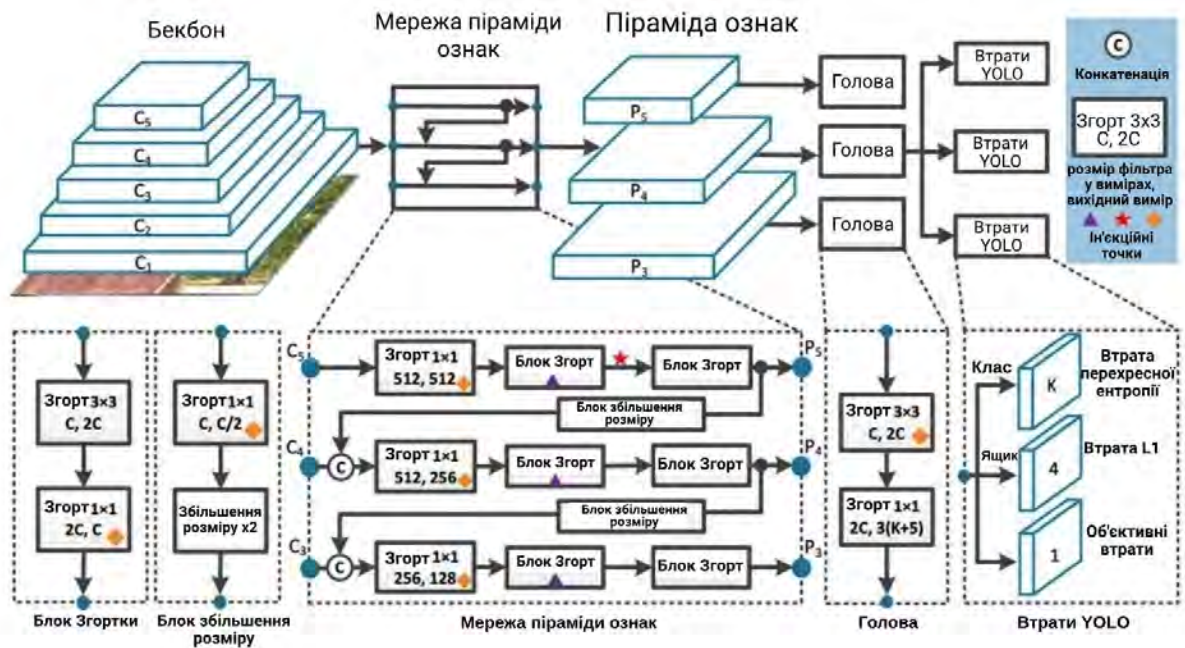


Рис. 4.2. Архітектура YOLOv8

Архітектура починається з бекбона (Backbone), який виконує первинну обробку вхідного зображення. Бекбон складається з кількох шарів згорткових нейронних мереж, які поступово зменшують просторову роздільність зображення, одночасно збільшуючи кількість каналів ознак. Це дозволяє виділити суттєві ознаки, необхідні для подальшого виявлення об'єктів.

Далі зображення проходить через мережу піраміди ознак (FPN), яка забезпечує багатомасштабне виявлення об'єктів. FPN використовує декілька рівнів абстракції для створення карт ознак ( $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ), що містять інформацію про об'єкти різних розмірів. Ця піраміда ознак дозволяє моделі ефективніше ідентифікувати як великі, так і дрібні об'єкти в зображенні.

Мережа агрегації шляхів (PAN) поєднує функції з різних рівнів мережі за допомогою пропускних підключень, що покращує якість виявлення об'єктів на різних масштабах. Це дозволяє моделі точніше ідентифікувати об'єкти, оскільки функції з різних рівнів об'єднуються для кращої інтерпретації ознак.

Кожен рівень піраміди ознак передає дані до відповідного блоку голова (Head), який виконує фінальне виявлення об'єктів. У цих блоках знаходяться шари

згорток, що обробляють карти ознак і генерують фінальні предикати: клас об'єкта, координати обмежувального ящика та об'єктивність (наявність об'єкта).

Втрати YOLO складаються з трьох основних компонентів:

1. Втрата перехресної ентропії (для класифікації об'єктів),
2. Втрата L1 (для регресії координат обмежувальних ящиків),
3. Об'єктивні втрати (для визначення наявності об'єктів у певних областях).

Комбінуючи ці втрати, модель оптимізується для точного та ефективного виявлення об'єктів у зображеннях.

#### 4.2.2 Огляд застосунку Roboflow

Для навчання моделей зазвичай використовують готові датасети, що містять файли із зображеннями та відповідними файлами анотацій, які містять необхідні результати. Такі датасети дозволяють моделі навчитися розпізнавати об'єкти та виконувати необхідні дії на основі цих даних. Завдяки анотаціям, модель може зрозуміти, які об'єкти присутні на зображенні, їхні позиції та інші характеристики. Використовуючи ці дані, модель під час навчання коригує свої параметри, щоб згодом точно розпізнавати об'єкти на нових зображеннях.

Для отримання потрібного датасету було використано застосунок Roboflow [7], зображений на рис. 4.3. Roboflow – це платформа, що допомагає розробникам та інженерам машинного навчання створювати та розгортати моделі комп'ютерного зору. Вона надає інструменти для всіх етапів роботи з комп'ютерним зором, такі як керування даними, анотації, навчання та інференс. Roboflow підтримує різні формати зображень і відео, типи анотацій, навчальні платформи та середовища розгортання. Платформа також забезпечує співпрацю та автоматизацію за допомогою відкритих API, SDK, інтегрованих інструментів розробника та багатої документації.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 75   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

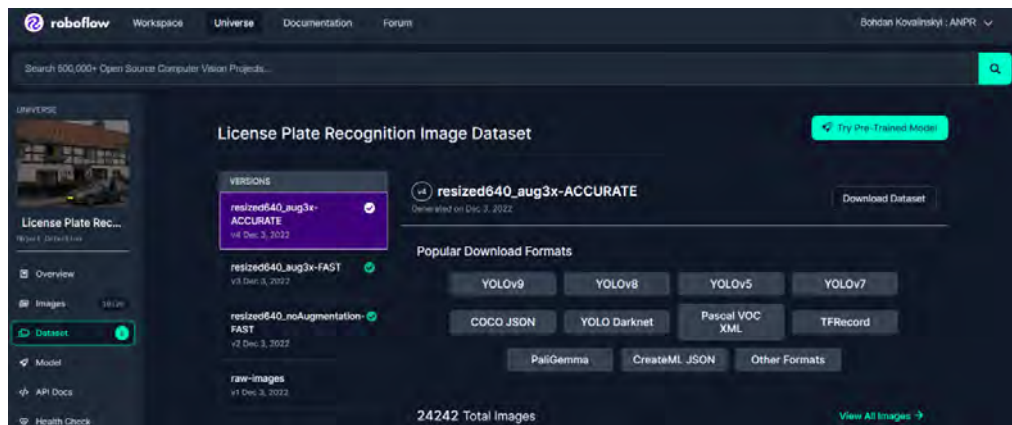


Рис. 4.3. Застосунок Roboflow

### Основні функції Roboflow:

1. **Набори даних.** Можна завантажувати зображення та відео з власних джерел у понад 40 форматах анотацій і зображень через API. Також доступне фільтрування, тегування, сегментування, попередня обробка та доповнення даних за метаданими, розділенням на навчальні та тестові набори або місцем розташування зображення. Ви можете відстежувати кілька версій наборів даних для експериментів і використовувати текстовий семантичний пошук та вектори CLIP для пошуку подібних даних і аномалій.
2. **Мітки.** Застосунок дозволяє створювати мітки за допомогою AI для обмежувальних рамок, багатокутників та сегментації екземплярів. Доступна функція автоматичного анотування зображень за допомогою наявної моделі або попередньо навчених моделей, які виявляють типові об'єкти у вашому наборі даних. Швидкі робочі процеси для маркування, такі як комбінації клавіш, інтелектуальні налаштування за замовчуванням та інтегроване створення міток, дозволяють анотувати сотні зображень за лічені хвилини.
3. **Моделі.** Roboflow дозволяє тренувати сучасні моделі комп'ютерного зору за допомогою TensorFlow, PyTorch, Keras, Hugging Face та інших фреймворків. Також є можливість використовувати блокноти для

доступу до колекції блокнотів Jupyter з відкритим кодом, які показують, як тренуватися та працювати з новітніми моделями комп'ютерного зору. Доступні утиліти для інтеграції комп'ютерного зору у вашу програму, від анотацій до відстеження об'єктів.

4. Розгортання. Платформа включає можливість розгортання моделей комп'ютерного зору у різних середовищах, таких як NVIDIA Jetson, Raspberry Pi, SageMaker, Azure, NVIDIA TRT, Kubernetes, Luxonis OAK тощо. Roboflow також надає API для інференсу [7], що дозволяє виконувати прогнози на нових зображеннях або відеопотоках.

### 4.3 Результати навчання ANPR моделі

В результаті реалізації моделі системи розпізнавання номерних знаків за допомогою фреймворку YOLOv8 та навчання її з використанням датасету, отриманого з застосунку Roboflow, було створено ефективну систему автоматичного розпізнавання номерних знаків. Ця модель дозволяє точно ідентифікувати номерні знаки транспортних засобів у різних умовах, що значно спрощує процес контролю доступу та моніторингу транспортних засобів на паркувальних майданчиках. Результати роботи моделі, які представлені на рис. 4.4, демонструють її високу точність та ефективність у реальних умовах. На кожному зображенні зеленою рамкою позначено місце розташування номерного знаку.



Рис. 4.4. Результати роботи моделі

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 77   |

#### 4.4 Розпізнавання тексту за допомогою EasyOCR

Після того як навчена модель вдало та ефективно розпізнає номерні знаки, потрібно розпізнати текст у виділеній області. Для цього було обрано фреймворк EasyOCR [4].

EasyOCR – це Python-бібліотека для оптичного розпізнавання символів (OCR), яка відзначається своєю простотою та універсальністю. OCR технологія є надзвичайно корисною для різних завдань, включаючи автоматизацію введення даних і аналіз зображень. Вона дозволяє комп'ютерам ідентифікувати текст на фотографіях або сканованих документах та витягувати його.

Цей фреймворк розроблено для спрощення впровадження OCR розробниками, особливо тими, хто має обмежений досвід у сфері оптичного розпізнавання символів або комп'ютерного зору. EasyOCR підтримує кілька мов, забезпечуючи попередньо навчені моделі для виявлення та розпізнавання тексту, а також фокусуючись на ефективності та швидкості обробки зображень [4].

Ця бібліотека є надійним інструментом для Python-розробників через її гнучкість у роботі зі шрифтами та текстовими макетами, а також через високі показники точності та швидкості. Вона спрощує процес вилучення тексту з зображень, що робить її корисною для різноманітних проектів, таких як настільні програми, веб-додатки тощо. Це дозволяє розробникам зосередитися на специфічних потребах своїх проектів, звільняючи час від рутинних задач.

EasyOCR складається з трьох основних етапів: виділення ознак, позначення послідовності та декодування:

1. Виділення ознак. Використовуючи моделі глибокого навчання, такі як ResNet і VGG, ця стадія отримує корисні характеристики з вхідного зображення, необхідні для розпізнавання тексту.
2. Позначення послідовності. На цьому етапі застосовуються мережі довготривалої короткочасної пам'яті (LSTM), які інтерпретують послідовний контекст виділених ознак. Ці мережі є ключовими для розпізнавання текстових шаблонів і структурування тексту.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 78   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

3. Декодування. Ця стадія включає декодування та транскрипцію позначених послідовностей у фактичний текст за допомогою алгоритму часової класифікації коннекціоністів .

Ці три етапи працюють разом, забезпечуючи надійне і точне витягування тексту з зображень. Навчальний конвеєр побудований на основі інфраструктури глибокого розпізнавання тексту, що покращує точність OCR та надає надійну основу для виконання OCR-завдань. На рис. 4.5 представлено схему, що ілюструє архітектуру роботи EasyOCR.

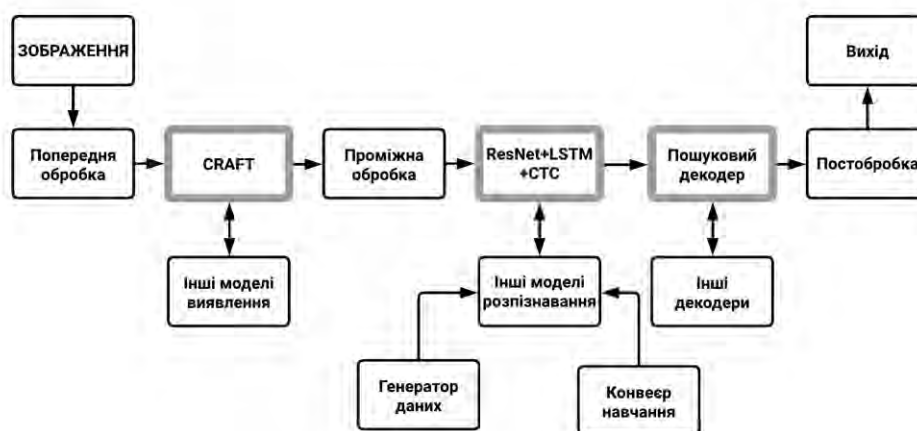


Рис. 4.5. Архітектуру роботи EasyOCR.

Архітектура EasyOCR включає кілька ключових етапів. Спочатку зображення піддається попередній обробці, після чого застосовується модель CRAFT для виявлення текстових областей. Далі слідує проміжна обробка, яка готує дані для моделі ResNet+LSTM+CTC, що відповідає за розпізнавання тексту. Потім використовується пошуковий декодер для транскрипції розпізнаного тексту, після чого виконується постобробка для отримання кінцевого результату. На різних етапах процесу можуть бути інтегровані інші моделі виявлення та розпізнавання. Генератор даних та конвеєр навчання забезпечують підготовку та вдосконалення моделей для більш точного розпізнавання тексту.

#### 4.5 Результати інтеграції EasyOCR в навчену модель

Завдяки інтеграції бібліотеки EasyOCR в навчену модель розпізнавання номерних знаків було досягнуто ефективного розпізнавання тексту на номерних знаках. EasyOCR є потужним інструментом для оптичного розпізнавання символів (OCR), який дозволяє витягати текст з зображень з високою точністю. В поєднанні з моделлю YOLOv8 для виявлення об'єктів, така інтеграція дозволяє не тільки знаходити номерні знаки на зображеннях, але і автоматично розпізнавати та зчитувати текст з них. Результати розпізнавання тексту зображені на рис 4.6.



Рис. 4.6. Результати розпізнавання тексту

На рис. 4.6 представлено шість зображень автомобілів, на яких було проведено розпізнавання номерних знаків. Зображення розташовані у форматі сітки 2x3, де кожне зображення містить один автомобіль з виявленим та розпізнаним номерним знаком.

На кожному зображенні рамкою обведено область номерного знаку, а текст під рамкою вказує на розпізнаний номер.

1. Перше зображення. Лівий верхній кут. На білому автомобілі розпізнано номер "НН 9999 НН".
2. Друге зображення. Верхній ряд, середина. На автомобілі розпізнано номер "00 0001 00".



3. Третє зображення. Верхній ряд, правий кут. На автомобілі розпізнано номер "ОО 0001 ОО".
4. Четверте зображення. Нижній ряд, лівий кут. На чорному автомобілі розпізнано номер "ВХ 8892 НМ".
5. П'яте зображення. Нижній ряд, середина. На автомобілі розпізнано номер "ВХ 7758 ЕО".
6. Шосте зображення. Нижній ряд, правий кут. На автомобілі розпізнано номер "ВХ 1417 ЕА".

Ці результати демонструють ефективність інтеграції EasyOCR для розпізнавання тексту на номерних знаках. Модель успішно виявила і правильно розпізнала текст на всіх представлених зображеннях, що підтверджує її точність та надійність.

#### **4.6 Тестування навченої моделі ANPR системи**

Тестування ефективності навченої моделі є важливим етапом у розробці програмного забезпечення, оскільки воно дозволяє оцінити, наскільки точно і швидко модель виконує свої завдання в реальних умовах. В нашому випадку, тестування моделі ANPR проводилося за допомогою .yaml файлу, що містить інформацію про датасет.

Файл .yaml (YAML Ain't Markup Language) – це формат серіалізації даних, що є зручним для читання людьми. Він використовується для зберігання налаштувань конфігурації, параметрів моделей, а також для організації даних в структурованому вигляді. У контексті тестування моделей, .yaml файл дозволяє описати структуру датасету, шляхи до файлів зображень і розмітки, а також інші параметри, необхідні для проведення тестування. Завдяки своїй читабельності та простоті, .yaml файли широко застосовуються в сфері машинного навчання та розробки програмного забезпечення.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 81   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Після успішного виконання тестування було отримано наступні результати:

- Швидкість: 1.5 мс на попередню обробку, 123.3 мс на інференс, 0.0 мс на втрати, 3.2 мс на постобробку для кожного зображення.
- Точність (Precision): 0.9781.
- Повнота (Recall): 0.9781.
- mAP@0.5 (середня точність при порозі 0.5): 0.9781.
- mAP@0.5:0.95 (середня точність при порогах від 0.5 до 0.95): 0.6835.

Аналізуючи ці результати, можна зробити висновок, що навчена модель ANPR системи демонструє високу ефективність. Висока точність і повнота (обидва показники становлять 0.9781) свідчать про те, що модель дуже добре розпізнає номерні знаки і правильно класифікує їх. Значення mAP@0.5 також є високим (0.9781), що вказує на відмінну загальну продуктивність моделі при порозі 0.5. Проте значення mAP@0.5:0.95 (0.6835) показує, що при більш жорстких порогах точність дещо знижується, але залишається достатньо високою для практичного використання.

Враховуючи швидкість обробки зображень (1.5 мс на попередню обробку, 123.3 мс на інференс і 3.2 мс на постобробку), модель є придатною для використання в реальних умовах, де важливим є не тільки точність, але й швидкість розпізнавання.

#### **4.6.1 Аналіз матриць невідповідностей**

Після проведення тестування було отримано дві матриці невідповідностей, зображені на рис. 4.7 ненормована матриця невідповідностей (Confusion Matrix) та рис. 4.8 нормована матриця невідповідностей (Normalized Confusion Matrix).

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 82   |

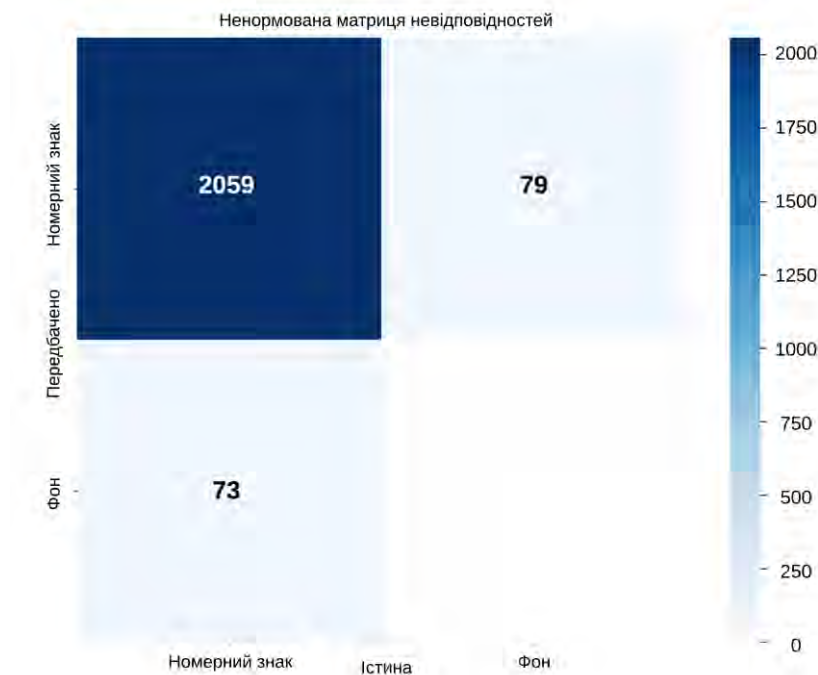


Рис. 4.7. Ненормована матриця невідповідностей

Ненормована матриця невідповідностей, містить наступні значення:

- Номерний знак – Номерний знак: 2059 випадків, коли модель правильно ідентифікувала номерні знаки.
- Номерний знак – Фон: 79 випадків, коли модель помилково ідентифікувала номерні знаки як фон.
- Фон – Номерний знак: 73 випадки, коли модель помилково ідентифікувала фон як номерні знаки.
- Фон – Фон: на цьому графіку значення не відображено, через нульове значення.

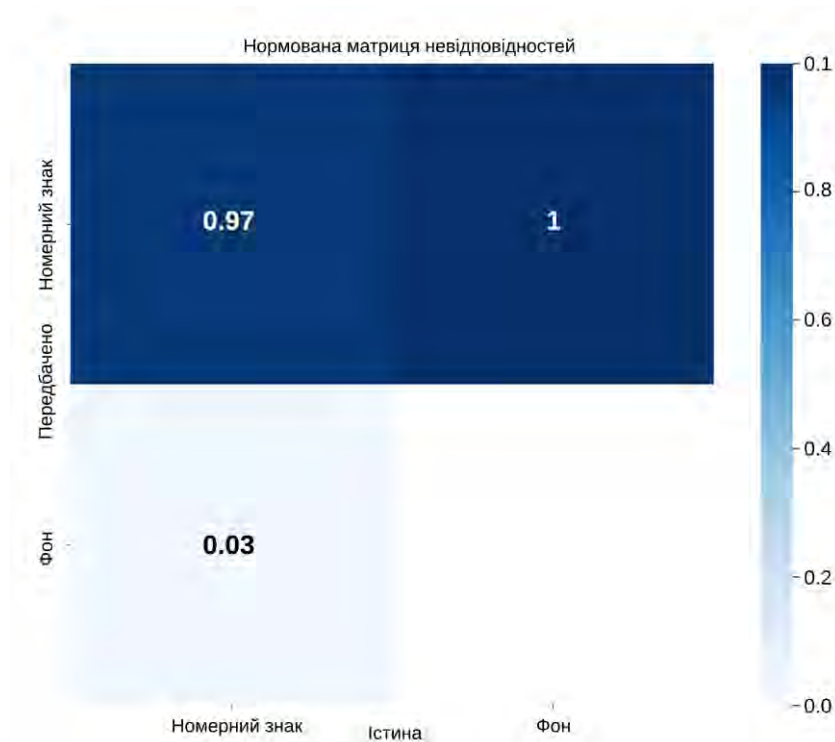


Рис. 4.8. Нормована матриця невідповідностей

Нормована матриця невідповідностей, містить наступні значення:

- Номерний знак – Номерний знак: 0.97, що означає, що 97% випадків модель правильно ідентифікувала номерні знаки.
- Номерний знак – Фон: 1.00, що означає, що всі випадки номерних знаків, які були визначені як фон, становлять 100% випадків.
- Фон – Номерний знак: 0.03, що означає, що 3% випадків фон модель помилково ідентифікувала як номерні знаки.
- Фон – Фон: на цьому графіку значення не відображено, через нульове значення.

Номерний знак – Фон. Значення 1.00 у нормованій матриці невідповідностей слід трактувати наступним чином:

Це значення означає, що всі випадки, коли модель класифікувала номерні знаки як фон, нормовані відносно всіх справжніх випадків фонового зображення.

У даному контексті 1.00 означає, що цей клас повністю домінує в неправильно класифікованих випадках. Це означає, що всі випадки, які модель ідентифікувала неправильно, були помилково визначені як фон, що становить 100% від помилкових класифікацій в цьому класі.

Виходячи з інформації з отриманих матриць:

- Модель демонструє високу точність (97%) у розпізнаванні номерних знаків.
- Невелика кількість помилкових спрацьовувань (3%) свідчить про гарну здатність моделі розрізняти фон та номерні знаки.
- Значення 1.00 у нормованій матриці невідповідностей для випадку Номерний знак – Фон означає, що серед помилкових ідентифікацій, всі випадки були віднесені до фону, що є важливою інформацією для подальшого вдосконалення моделі.
- В цілому, матриці невідповідностей підтверджують високу ефективність навченої моделі ANPR системи, що також підтверджено іншими метриками (точність, повнота, mAP).

#### 4.6.2 Аналіз кривих продуктивності моделі ANPR

Після проведення тестування ANPR моделі також було отримано 4 криві, зображені на рис. 4.9 крива F1-Впевненості (F1-Confidence Curve) (а), крива Точність-Впевненість (Precision-Confidence Curve) (б), крива Точність-Повнота (Precision-Recall Curve) (в), та крива Повноти-Впевненості (Recall-Confidence Curve) (г).

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 85   |

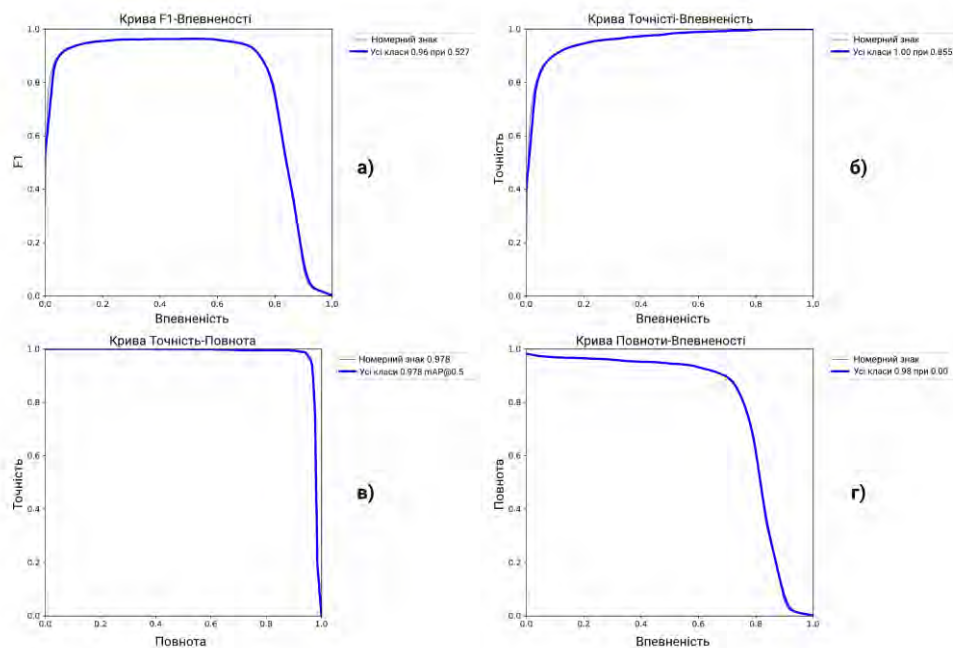


Рис. 4.9. Криві продуктивності для моделі ANPR:

- а) – Крива F1-Впевненості; б) – Крива Точність-Впевненість;  
 в) – Крива Точність-Повнота; г) – Крива Повноти-Впевненості.

Огляд кожної кривої:

1. Крива F1-Впевненості зображена на рисунку 4.9 (а) показує, як змінюється F1-оцінка залежно від рівня впевненості. F1-оцінка є гармонічним середнім між точністю (precision) та повнотою (recall). Чим ближче F1-оцінка до 1, тим кращий баланс між точністю та повнотою.

2. Крива Точність-Впевненість зображена на рисунку 4.9 (б) показує, як змінюється точність залежно від рівня впевненості. Точність визначає відсоток правильних позитивних результатів серед усіх визначених позитивних результатів. Чим вищий рівень точності, тим менше помилкових позитивних результатів.

3. Крива Точність-Повнота зображена на рисунку 4.9 (в) показує, як змінюється точність залежно від повноти. Повнота (recall) визначає відсоток правильних позитивних результатів серед усіх реальних позитивних випадків. Ця крива дозволяє оцінити баланс між точністю та повнотою.

4. Крива Повноти-Впевненості зображена на рисунку 4.9 (г) показує, як змінюється повнота залежно від рівня впевненості. Повнота визначає, наскільки добре модель знаходить всі реальні позитивні випадки.

На основі кривих можна зробити такі висновки:

Крива F1-Впевненості. F1-оцінка максимальна при середніх значеннях впевненості і знижується на високих значеннях. Це свідчить про те, що при надто високих порогах впевненості модель пропускає деякі правильні позитивні результати, що знижує повноту.

Крива Точність-Впевненість. Точність досягає максимуму при високих рівнях впевненості, що означає, що модель впевнено визначає правильні позитивні результати з мінімальною кількістю помилкових позитивних результатів.

Крива Точність-Повнота. На цій кривій видно, що при збільшенні повноти точність дещо знижується, що є типовим компромісом між цими двома метриками.

Крива Повноти-Впевненості. Повнота знижується при високих рівнях впевненості, що вказує на те, що модель стає більш консервативною і пропускає деякі правильні позитивні результати.

Таким чином, ці криві допомагають оцінити продуктивність моделі ANPR і дозволяють зрозуміти, як різні рівні впевненості впливають на точність, повноту та F1-оцінку моделі.

#### **Висновок до розділу**

У цьому розділі було докладно описано процес створення програмного забезпечення для автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів. Основною метою було розробити ефективну систему для автоматизації контролю в'їзду та виїзду автомобілів на паркувальних територіях.

Для досягнення цієї мети було обрано системи автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR), які використовують передові алгоритми машинного навчання та комп'ютерного зору. ANPR системи, завдяки своїй високій точності та

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 87   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

швидкості розпізнавання, забезпечують надійний контроль доступу навіть за умов слабкого освітлення або поганої видимості.

Розробка програмного забезпечення почалася зі створення структурної схеми системи, яка допомогла чітко визначити основні етапи обробки зображень та їх взаємодію. Основні блоки схеми включали захоплення зображення, попередню обробку, виявлення та локалізацію номерного знаку, а також накладання та обрізку зображення.

Важливою технологією, використаною у проєкті, стала архітектура YOLOv8, яка дозволяє точно виявляти об'єкти різних розмірів на зображеннях. Ця архітектура включає кілька рівнів обробки, що дозволяють виділити суттєві ознаки для подальшого виявлення об'єктів, використовуючи мережу піраміди ознак та мережу агрегації шляхів.

Для навчання моделі було використано платформу Roboflow, яка надає інструменти для керування даними, анотацій, навчання та висновків. Це дозволило значно спростити процес анотації даних, знизити трудовитрати та підвищити точність моделі.

Під час тестування навченої моделі ANPR системи було здійснено аналіз матриць невідповідностей та кривих продуктивності. Це дозволило оцінити ефективність моделі та виявити можливі проблеми. На основі кривих продуктивності встановлено, що оптимальні результати досягаються при середніх значеннях впевненості. При надто високих порогах впевненості модель пропускає правильні позитивні результати, що знижує її повноту. Аналіз показав, що точність моделі зростає з підвищенням рівня впевненості, однак при цьому дещо знижується повнота. Ці результати допомагають визначити оптимальні параметри роботи моделі для досягнення найкращих результатів в реальних умовах

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
|              |             |                 |               |             |                                 | 88          |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 |             |



## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження в межах дипломної роботи було розроблено та проаналізовано систему автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR) для оптимізації управління паркувальними місцями в умовах урбанізації.

Основною проблемою, яку вирішувала робота, було хаотичне паркування та нестача паркувальних місць у міських умовах, що спричиняє затори та підвищений рівень стресу у водіїв. В ході дослідження було детально проаналізовано існуючі технології та методи, включаючи архітектури згорткових нейронних мереж (CNN), що використовуються для розпізнавання зображень у реальному часі.

На основі проведеного аналізу, основною технологією для вирішення проблеми було обрано систему ANPR, яка забезпечує високу точність і швидкість обробки даних. Було розроблено структурну схему системи, яка включала етапи обробки зображень, від захоплення до розпізнавання номерних знаків. Важливу роль у проєкті відіграла архітектура YOLOv8, що забезпечує ефективне виявлення об'єктів на зображеннях різних розмірів.

Для підвищення ефективності та стабільності системи було обрано технологію LoRaWAN для бездротової передачі даних у поєднанні з магнітними датчиками паркування. Це забезпечило надійний та енергоефективний зв'язок між кінцевими пристроями та центральним сервером.

Детально розглянуто процес розробки програмного забезпечення для автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів (ANPR). Було створено структурну схему системи, проведено навчання моделі та інтеграцію технологій для розпізнавання тексту. Тестування моделі дозволило оцінити її ефективність та визначити оптимальні параметри для подальшого використання. Результати роботи вказують на високу точність та надійність системи, що робить її придатною для застосування на практиці для автоматизації контролю в'їзду та виїзду на паркувальних територіях.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
|       |      |          |        |      |                                 | 89   |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 |      |

Таким чином, розроблена система автоматичного розпізнавання номерних знаків (ANPR) та відстеження паркувальних місць показала високу ефективність та перспективність для впровадження у міську інфраструктуру. Впровадження таких систем дозволить значно покращити управління паркувальними майданчиками, зменшити час пошуку вільного місця та знизити рівень викидів  $CO_2$ , що сприятиме покращенню екологічної ситуації у містах.

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 90          |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] “4 Мп ІК ІР Hikvision DS-2CD2T43G2-4I (2.8мм).” *Hikvision*, [Електронний ресурс]. Доступно:[https://hikvision.systems/product/DS-2CD2T43G2-4I-28?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwsPCyBhD4ARIsAPaaRf2Sutee1GuY19FlHTHsqpQebOevSyXHeZHbIBzXv1U8z56\\_nSw-hgMaAj6gEALw\\_wcB](https://hikvision.systems/product/DS-2CD2T43G2-4I-28?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsPCyBhD4ARIsAPaaRf2Sutee1GuY19FlHTHsqpQebOevSyXHeZHbIBzXv1U8z56_nSw-hgMaAj6gEALw_wcB). [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [2] “Cisco Business 250 Series Smart Switches Data Sheet.” *Cisco*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/business-250-series-smart-switches/nb-06-bus250-smart-switch-ds-cte-en.html>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [3] “Hikvision ANPR System | Twin Way.” *The Electric Gate Shop*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.theelectricgateshop.co.uk/5268-Hikvision-ANPR-System-Twin-Way>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [4] “Jaided AI - Distribute the Benefits of AI to the World.” [Електронний ресурс]. Доступно: <https://Www.jaided.ai>, <https://www.jaided.ai/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [5] “Milesight Outdoor LoRaWAN® Gateway UG67 | OneTemp.” *Www.onetemp.com.au*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.onetemp.com.au/milesight-outdoor-gateway-ug67>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [6] “Raspberry Pi 4 Model B 4GB купить в Киеве и Украине.” *Arduino в Україні*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://arduino.ua/ru/prod3308-raspberry-pi-4-4gb>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [7] “Roboflow: Go from Raw Images to a Trained Computer Vision Model in Minutes.” [Електронний ресурс]. Доступно: <https://Roboflow.ai>, <https://roboflow.com/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <b>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</b> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 91   |

- [8] “Semi-Industrial LoRaWAN® Gateway.” *Milesight*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.milesight.com/iot/product/lorawan-gateway/ug65> . [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [9] “Trax10213-LoRaWAN Parking Sensor - LoRaWAN Parking Sensor.” *BeaconTrax - Innovative Bluetooth Solutions*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.beacontrax.com/product/trax10213-lorawan-parking-sensor/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [10] “Ultralytics YOLOv8 | State-of-The-Art Vision AI.” [Електронний ресурс]. Доступно: <https://Www.ultralytics.com>, <https://www.ultralytics.com/yolo>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [11] “Чому паркінг на Оболоні не врятує та як приборкати паркувальний хаос у Києві.” *LIGA*, 19 May 2023, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://life.liga.net/poyasnennya/article/pochemu-parking-na-oboloni-ne-spaset-i-kak-ukrotit-parkovochnyy-haos-v-kieve>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [12] Adelantado, Ferran, et al. “Understanding the Limits of LoRaWAN.” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 9, 2017, pp. 34–40, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://arxiv.org/pdf/1607.08011.pdf>, <https://doi.org/10.1109/mcom.2017.1600613>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [13] Alam, Muhammad, et al. “Real-Time Smart Parking Systems Integration in Distributed ITS for Smart Cities.” *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2018, 21 Oct. 2018, pp. 1–13, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.hindawi.com/journals/jat/2018/1485652/>, <https://doi.org/10.1155/2018/1485652> . [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [14] Alba, Enrique, et al. *Smart Cities. Lecture Notes in Computer Science*, Springer Science+Business Media, 1 Jan. 2017, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-59513-9>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

|       |      |          |        |      |                          |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|       |      |          |        |      | ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 92   |

- [15] Erdene-Ochir, Ochirkhand, et al. “Resilient Networking in Wireless Sensor Networks.” *ArXiv.org*, 26 Mar. 2010, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://arxiv.org/abs/1003.5104>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [16] Goodfellow, Ian, et al. “Deep Learning.” *Deeplearningbook.org*, 2016, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.deeplearningbook.org/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [17] Janiesch, Christian, et al. “Machine Learning and Deep Learning.” *Electronic Markets*, vol. 31, no. 31, 8 Apr. 2021, pp. 685–695. *Springer*, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12525-021-00475-2>, <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [18] Jordan, M, et al. *Information Science and Statistics*. 2006. [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2006/01/Bishop-Pattern-Recognition-and-Machine-Learning-2006.pdf>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [19] Kumar, Arun, et al. *Automatic Number Plate Recognition System for Parking Automatic Number Plate Recognition System for Parking*. [Електронний ресурс]. Доступно:[https://www.researchgate.net/publication/356148587\\_Automatic\\_Number\\_Plate\\_Recognition\\_System\\_for\\_Parking?channel=doi&linkId=618d72cd61f098772084cc22&showFulltext=true](https://www.researchgate.net/publication/356148587_Automatic_Number_Plate_Recognition_System_for_Parking?channel=doi&linkId=618d72cd61f098772084cc22&showFulltext=true), <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20832.20487>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [20] Kumar, Kamlesh, et al. “A Review of Parking Slot Types and Their Detection Techniques for Smart Cities.” *Smart Cities*, vol. 6, no. 5, 1 Oct. 2023, pp. 2639–2660, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.mdpi.com/2624-6511/6/5/119>, <https://doi.org/10.3390/smartcities6050119>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

|       |      |          |        |      |                          |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|       |      |          |        |      | ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 93   |

- [21] Mahdavinejad, Mohammad Saeid, et al. “Machine Learning for Internet of Things Data Analysis: A Survey.” *Digital Communications and Networks*, vol. 4, no. 3, Aug. 2019, pp. 161–175, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://arxiv.org/abs/1802.06305>,  
<https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.10.002>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [22] María José Romero-Castro, et al. *Broadband Printed Modified Dipole for Personal Communication Systems*. Vol. 19, 13 Jan. 2021, pp. 223–230, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://wseas.com/journals/communications/2020/a545104-070.pdf>,  
<https://doi.org/10.37394/23204.2020.19.26>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [23] Park, Youngchoon, et al. *Building an Effective IoT Ecosystem for Your Business*. 1 Jan. 2017, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-57391-5>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [24] Purwono, Purwono, et al. “Understanding of Convolutional Neural Network (CNN): A Review.” *International Journal of Robotics and Control Systems*, vol. 2, no. 4, 15 Jan. 2023, pp. 739–748, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://pubs2.ascee.org/index.php/IJRCS/article/view/888>,  
<https://doi.org/10.31763/ijres.v2i4.888>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [25] Sahota, Harpreet. “The History of YOLO Object Detection Models from YOLOv1 to YOLOv8.” *Deci*, 5 June 2023, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://deci.ai/blog/history-yolo-object-detection-models-from-yolov1-yolov8/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.
- [26] Sethi, Pallavi, and Smruti R. Sarangi. “Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications.” *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2017, no. 9324035, 26 Jan. 2017, pp. 1–25, [Електронний ресурс]. Доступно:<https://www.hindawi.com/journals/jece/2017/9324035/>,  
<https://doi.org/10.1155/2017/9324035> [Доступ надано] 15 квітня 2024.

|       |      |          |        |      |                          |      |
|-------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
|       |      |          |        |      | ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                          | 94   |

[27] Ziou, Djemel, and Salvatore Tabbone. *Edge Detection Techniques -an Overview*. [Електронний ресурс].

Доступно:<https://pzs.dstu.dp.ua/ComputerGraphics/bibl/edge.pdf> . [Доступ надано] 15 квітня 2024.

[28] Кайдан, Тарас. “Що таке перехоплювальний паркінг та як він може допомогти розвантажити Київ від автівок.” *Хмарочос*, 28 Nov. 2019,

[Електронний ресурс]. Доступно:<https://hmarochos.kiev.ua/2019/11/28/shho-take-perehoplyuvalnyj-parking-ta-yak-vin-mozhe-dopomogty-rozvantazhyty-kyiv-vid-avtivok/>. [Доступ надано] 15 квітня 2024.

|       |      |          |        |      |                                 |      |
|-------|------|----------|--------|------|---------------------------------|------|
|       |      |          |        |      | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | Арк. |
| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                 | 95   |

# ДОДАТКИ

|              |             |                 |               |             |                                 |             |
|--------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------------------|-------------|
|              |             |                 |               |             | <i>ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Змін.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                 | 96          |



## Додаток А

для отримання доступу необхідно звернутись до авторів проекту

| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Арк. |
|-------|------|----------|--------|------|------|
|       |      |          |        |      | 97   |

*ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ*

## Додаток Б

для отримання доступу необхідно звернутись до авторів проекту

| Змін. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Арк. |
|-------|------|----------|--------|------|------|
|       |      |          |        |      | 98   |

*ДПБ ПМ-01.95.1760.001 ПЗ*