

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії
(повна назва)

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів автоматичного виявлення та відстеження рухомих
об'єктів в системах відеоспостереження
(тема)

Виконав:

здобувач 2 року навчання
групи ЕППм-23-1

Кавецький В. С.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 171 Електроніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма «Електронні прилади та
пристрої»

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Стрілкова Т. О.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Електронної та біомедичної інженерії _____

Кафедра _____ Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 171 Електроніка _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____

Освітня програма _____ «Електронні прилади та пристрої» _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві _____ Кавецькому В'ячеславу Сергійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження методів автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів в системах відеоспостереження _____

затверджена наказом по університету від 06.12.2024 р. № 1283 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 10.01 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Теоретичний матеріал щодо методів виявлення рухомих об'єктів _____

2. Теоретичний матеріал щодо математичних моделей та алгоритмів сегментації та детекції об'єктів _____

3. Теоретичний матеріал по характеристикам та оцінці впливу змін освітлення, шумів і динаміки середовища на точність роботи систем відеоспостереження. _____

4. Середовище розробки Visual Studio Code _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

- Аналіз сучасних методів автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів у системах відеоспостереження.

- Оцінка впливу шумів, змін освітлення та фонових перешкод на точність роботи алгоритмів виявлення рухомих об'єктів.

- Розробка та моделювання алгоритмів для виділення рухомих і стаціонарних об'єктів.

- Експериментальне дослідження точності та адаптивності розроблених алгоритмів в реальних умовах.

- Рекомендації щодо оптимізації роботи систем відеоспостереження та можливість інтеграції у практичні застосування.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) додаток Г

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на виконання кваліфікаційної роботи	09.12.24	
2	Аналіз завдання, обстеження об'єкта дослідження	09.12.24 – 15.12.24	
3	Огляд літератури з теми автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів	15.12.24 – 20.12.24	
4	Аналіз принципів побудови систем відеоспостереження	20.12.24 – 24.12.24	
5	Розробка алгоритмів виявлення та відстеження рухомих об'єктів	24.12.24 – 28.12.24	
6	Експериментальне моделювання роботи алгоритмів	28.12.24 – 01.01.25	
7	Оформлення тексту кваліфікаційної роботи	01.01.25 – 10.01.25	
8	Представлення на рецензування та нормоконтроль	10.01.25	
9	Захист кваліфікаційної роботи	15.01.25	

Дата видачі завдання 09.12 2024 р.

Здобувач _____ Кавецький В. С.
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Стрілкова Т. О.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до роботи містить 46 сторінок, 47 посилань, 20 рисунків.

СИСТЕМА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, ВІДСТЕЖЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ, ВІДНІМАННЯ ФОНУ, КОНТРАСТНІСТЬ, СТАЦІОНАРНІ ОБ'ЄКТИ, СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ

Мета роботи полягає в розробці алгоритму обробки даних для автоматичного виявлення та виділення рухомих об'єктів на зображеннях з урахуванням їх контрастності та рівня шуму.

Предмет дослідження – створення та реалізація алгоритму сегментації для виявлення та аналізу рухомих об'єктів у динамічних сценах, зосередженого на оцінці контрастності та параметрів руху.

У ході роботи проведено детальний аналіз алгоритмів виділення рухомих об'єктів, зокрема методів, що враховують контрастність та рівень шуму. Було розглянуто вплив параметрів, таких як пороги контрастності та зміщення об'єктів між кадрами, на точність і стабільність виявлення рухомих об'єктів у відеопотоках.

ABSTRACT

The explanatory note to the work contains 46 pages, 47 references, 20 figures.

VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM, TRACKING MOVING OBJECTS,
BACKGROUND SUBTRACTION, CONTRAST, STATIONARY OBJECTS,
IMAGE SEGMENTATION

The aim of the work is to develop a data processing algorithm for the automatic detection and segmentation of moving objects in images, considering their contrast and noise levels.

The subject of the research is the creation and implementation of a segmentation algorithm for detecting and analyzing moving objects in dynamic scenes, focusing on evaluating contrast and motion parameters.

In the course of the work, a detailed analysis of algorithms for identifying moving objects was conducted, including methods that account for contrast and noise levels. The impact of parameters such as contrast thresholds and object disp.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ	10
1.1 Призначення систем відеоспостереження	10
1.2 Склад системи відеоспостереження.....	12
1.3 Принципи роботи відеоаналітики	14
1.4 Вибір системи відеоспостереження	18
2 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ.....	20
2.1 Критерії роботи системи.....	20
2.2 Алгоритми обробки зображень	20
2.2.1 Методи аналізу зображень	20
2.2.2 Особливості аналізу	22
2.3 Методи автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів.....	23
2.3.1 Метод віднімання фону	23
2.3.2 Метод виявлення контурів	26
2.3.3 Метод оптичного потоку.....	28
3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ВИДІЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	29
3.1 Розробка алгоритму виділення стаціонарних об'єктів	29
3.1.1 Вимоги та розробка алгоритму.....	29

3.1.2 Результат роботи алгоритму	31
3.2 Розробка алгоритму виявлення рухомих об'єктів	37
ВИСНОВКИ.....	40
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	41
ДОДАТОК А	47
ДОДАТОК Б Лістинг програми виявлення стаціонарних об'єктів	48
ДОДАТОК В Лістинг програми виявлення рухомих об'єктів.....	53
ДОДАТОК Г	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IoT	–	Інтернет речей
CNN	–	Згорткові нейронні мережі
SNR	–	Відношення сигнал/шум

ВСТУП

Системи відеоспостереження є ключовим інструментом забезпечення безпеки в різних сферах людської діяльності, таких як громадська безпека, транспортна інфраструктура, промисловість та побут. Одним із найважливіших завдань цих систем є автоматичне виявлення та відстеження рухомих об'єктів, що дозволяє оперативно реагувати на потенційні загрози, аналізувати транспортні потоки або контролювати дотримання правил безпеки.

Сучасні системи відеоспостереження інтегрують алгоритми комп'ютерного зору та машинного навчання для автоматизації обробки відеоданих, що значно підвищує точність та швидкість їх роботи. Ці системи використовують різні методи для відстеження об'єктів, включаючи віднімання фону, аналіз контурів, оптичний потік та згорткові нейронні мережі. Застосування таких методів дозволяє виділяти рухомі об'єкти в реальному часі, навіть у складних умовах, таких як зміна освітлення або наявність шуму в зображенні.

Тема даної роботи є актуальною, оскільки сучасні системи відеоспостереження відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки, моніторингу об'єктів і аналізу подій у різних галузях. Постійне зростання обсягів відеоданих та необхідність оперативної обробки інформації висувають нові вимоги до ефективності, точності та автоматизації цих систем. Дослідження та впровадження сучасних алгоритмів для виявлення та відстеження рухомих об'єктів дозволяє вирішувати складні завдання в умовах змінного освітлення, присутності шуму та обмежених обчислювальних ресурсів, та сприятиме підвищенню рівня громадської безпеки, ефективності управління транспортними потоками та покращенню роботи промислових і побутових систем.

1 ОГЛЯД СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

1.1 Призначення системи відеоспостереження

Системи відеоспостереження за рухомими об'єктами використовуються у місцях, які потребують постійного нагляду, таких як банки, аеропорти або військові об'єкти. Метою їх впровадження може бути спостереження, виявлення, класифікація або відстеження різних рухомих об'єктів шляхом аналізу записів в залежності від потреб. Важливо розуміти мету, яка поставлена перед системою, щоб оптимізувати ефективність системи до функціонування в конкретних умовах. В залежності від мети обирають апаратну та розробляють програмну частини для забезпечення необхідної якості відеозапису, точності виявлення руху та обробки даних.

Під системою відеоспостереження розуміють комплекс апаратних засобів, таких як камери, сенсори, сервери, а також програмного забезпечення, призначеного для збору, обробки, аналізу та зберігання відеоданих. Базова схема системи спостереження наведена на рисунку 1.1 [1].

Використання систем відеоспостереження у транспортних системах, зокрема з технологією розпізнавання номерних знаків та аналізу потоків, зменшило затори до 20% у великих містах [2, 3]. Використання систем відеоспостереження з Інтернет речей (IoT) дає можливість отримувати дані у реальному часі для оптимізації управління дорожнім рухом.

Системи відеоспостереження дозволяють виявляти потенційні загрози, здійснювати моніторинг транспортних потоків, контролювати дотримання правил безпеки та аналізувати поведінку людей. Дані, зібрані системою, передаються для подальшої обробки, що забезпечує прийняття рішень у реальному часі. Такі функції значно підвищують рівень громадської безпеки,

знижують навантаження на міські служби та сприяють створенню комфортного середовища для життя.



Рисунок 1.1 – Базова схема системи відеоспостереження [1]

На серверній частині системи відеоспостереження відеодані використовуються для розпізнавання об'єктів, аналізу поведінки та оцінки подій. У невеликих системах це реалізується шляхом передачі відеопотоку до кімнати з моніторами, де оператори відстежують кілька джерел відео. Проте такий підхід значною мірою залежить від людського фактора і може бути малоефективним для масштабних систем, що вимагають одночасного моніторингу великої кількості потоків. Такий метод також не підходить для індивідуального використання через його високу вартість і складність.

Системи відеоспостереження нерідко застосовуються для проведення розслідувань після інцидентів, зокрема для ідентифікації підозрюваних. Це потребує зберігання відеоданих протягом певного періоду для подальшого аналізу. Сучасні системи інтегрують інтелектуальні технології, які дозволяють автоматично аналізувати дані та виявляти потенційно небезпечну поведінку чи події. Залежно від призначення системи відеоспостереження поділяються на кілька категорій, кожна з яких має свої функціональні можливості [4].

Системи для домашнього використання зазвичай встановлюються у приватних будинках, квартирах, гаражах чи на дачах. Вони оснащені функціями активації сигналізації, а також можуть передавати повідомлення господарям чи охоронним службам у разі небезпеки.

Системи для вуличного спостереження призначені для моніторингу в людних місцях, на автомобільних дорогах чи для запобігання правопорушень. Такі системи здійснюють спостереження за відкритими просторами та допомагають підтримувати громадську безпеку.

Промислові системи використовуються для захисту підприємств, офісів, складів чи магазинів. Вони виконують функції внутрішнього контролю, сприяють запобіганню крадіжкам, здійснюють підрахунок робочого часу персоналу та мінімізують ризики аварій.

Приховані системи, які часто використовуються правоохоронними органами, складаються з компактних або замаскованих камер.

Системи зберігання даних у відеоспостереженні поділяються на хмарні та локальні. Хмарне зберігання дозволяє зберігати великі обсяги даних на віддалених серверах, забезпечуючи доступ до інформації з будь-якого місця за умови наявності інтернет-з'єднання. Локальне зберігання передбачає використання вбудованої пам'яті.

1.2 Склад системи відеоспостереження

Як показано в статті [5] використання IP камер з технологією DEPA суттєво знижують навантаження на мережу, оптимізуючи процеси передачі та обробки відеоданих. Ця технологія інтегрує аналітичні функції, такі як виявлення, класифікація, ідентифікація та супроводження об'єктів.

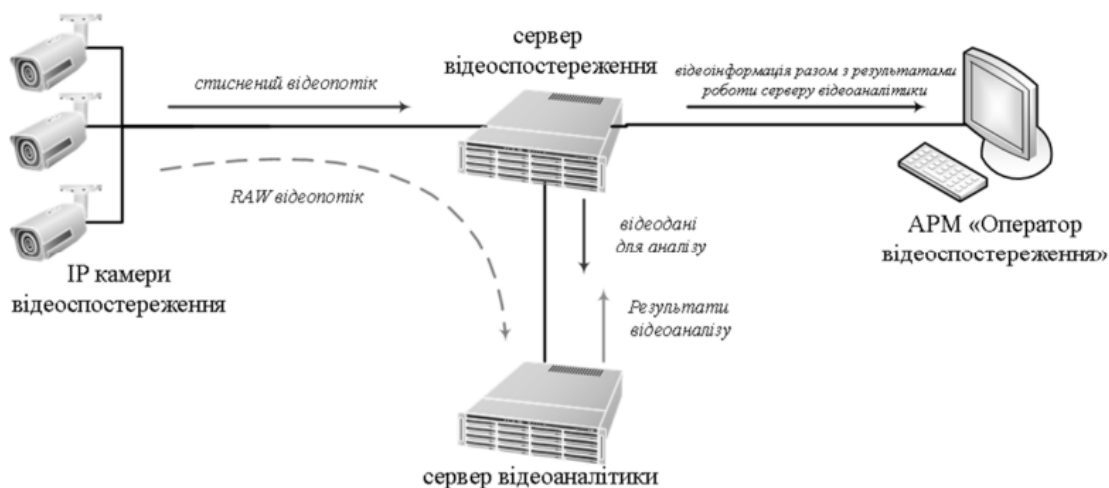


Рисунок 1.2 – Схема системи відеоспостереження з інтелектуальною обробкою інформації на серверному обладнанні [5]

У наведеній схемі основна обробка відеопотоку здійснюється сервером, тоді як камери виконують роль пристроїв збору даних. Це дозволяє застосовувати складні алгоритми обробки: виявлення рухомих об'єктів, класифікацію, аналіз поведінки та прогнозування, що недоступно для камер із меншою обчислювальною потужністю.

Основною перевагою наведеної системи є можливість масштабування аналітики: будь-які нові алгоритми чи оновлення можна впроваджувати без заміни камер. Однак такій архітектурі властиві певні обмеження, зокрема високе навантаження на мережеву інфраструктуру через необхідність передавати необроблений або мінімально оброблений відеопотік, що може створювати затримки при обробці даних у реальному часі. Також високі вимоги до серверного обладнання та його надійності роблять систему дорожчою, а централізований характер створює ризик відмови всієї системи у разі збою сервера [6].

IP-камери мають перевагу завдяки високій якості зображення, простоті встановлення, гнучкості у використанні та надійним засобам захисту даних.

З точки зору безпеки, IP-камери мають значну перевагу. Вони шифрують дані перед передачею через Інтернет, що робить дані менш вразливими до

перехоплення. Структуру IP-камери наведено на рисунку 1.3 [7]. Аналогові камери, які не використовують шифрування, є більш вразливими до крадіжки даних і фізичних пристроїв запису.

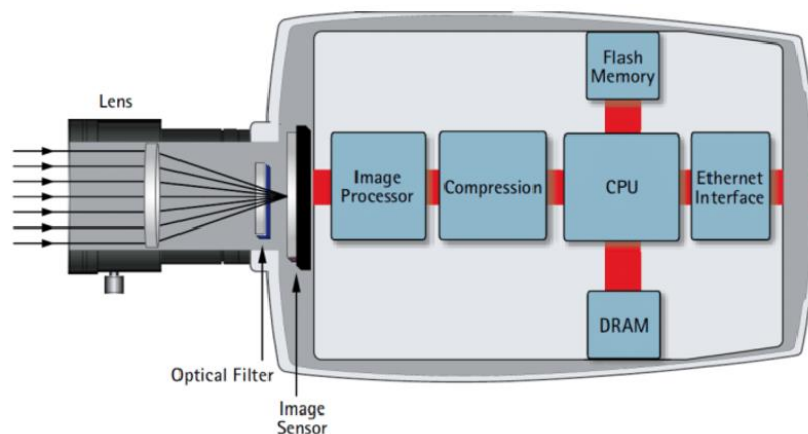


Рисунок 1.3 – Структура IP камери [7]

Порівняно з розподіленими системами, які використовують камери з вбудованими інтелектуальними функціями, серверна обробка виграє у складності аналітики та масштабованості, проте поступається в економічності та вимогах до мережі. Така архітектура ідеально підходить для великих об'єктів або мереж, де важливо централізувати обробку та забезпечити глибокий аналіз даних. Водночас для систем, що працюють у реальному часі або в умовах обмежених ресурсів, слід розглядати альтернативні підходи [6].

1.3 Принципи роботи відеоаналітики

Відеоаналітика є сучасною технологією, що дозволяє автоматично аналізувати відеозаписи в реальному часі або збережені відеодані для виявлення подій, об'єктів чи аномалій. Вона використовує алгоритми комп'ютерного зору, машинного навчання та обробки великих масивів даних.

Перший етап роботи відеоаналітики – збір відеоданих. Камери забезпечують відеопотік, який передається на сервери для подальшого аналізу. Відео може бути передано через локальні мережі по кабелях або через бездротові технології до серверів або хмарних сховищ, де відбувається обробка даних.

Далі йде обробка зображень, під час якої відео розбивається на окремі кадри. Процес обробки зображень наведено на рисунку 1.4. Кожен кадр аналізується з метою виділення ключових елементів, таких як контури об'єктів, кольорові зони, текстури та рух. Цей процес вимагає високої обчислювальної потужності, особливо при аналізі великого потоку даних.

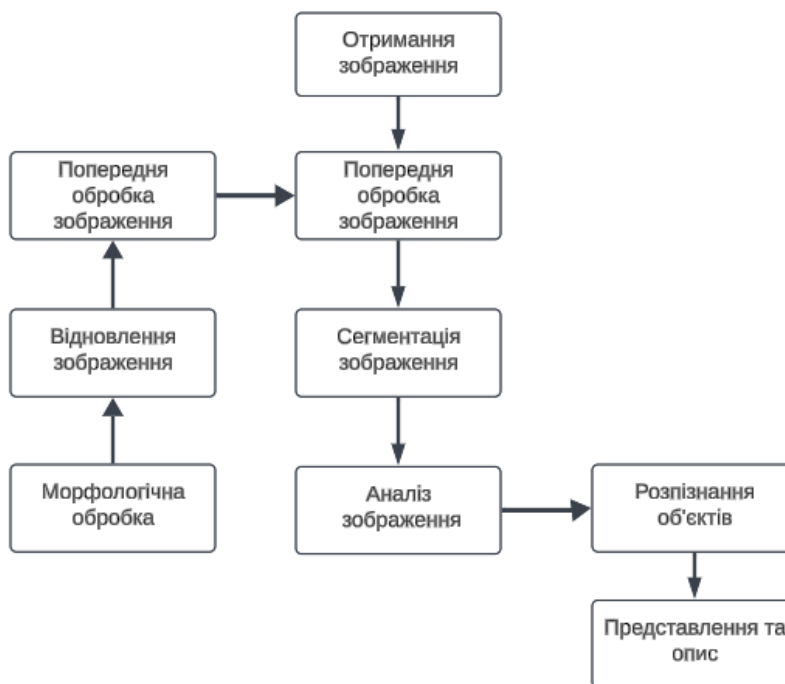


Рисунок 1.4 – Загальна структурна схема обробки та аналізу зображень

На етапі виявлення об'єктів і подій система застосовує алгоритми детекції. Це можуть бути базові методи, як аналіз руху, або складніші, наприклад, тепловізійний аналіз чи виявлення залишених предметів. Система налаштована на розпізнавання певних шаблонів, таких як появи людини в зоні безпеки, порушення меж або підозрілі дії.

Щоб уникнути перевантаження оператора зайвою інформацією, система виключає несуттєві події, – робить фільтрацію даних. Наприклад, коливання дерев або тіней не сприймаються, що суттєво зменшує кількість помилкових сповіщень і підвищує точність роботи [9].

На етапі класифікації об'єктів відеоаналітика використовує алгоритми штучного інтелекту для визначення типу об'єкта, його розмірів, швидкості руху та напрямку. Для розпізнання об'єктів використовуються моделі машинного навчання, які попередньо навчені на великій кількості даних.

Розпізнавання та аналіз є ключовим компонентом інтелектуальних систем відеоаналітики. Сучасні технології дозволяють розпізнавати обличчя, аналізувати поведінку людей, визначати номери автомобілів та ідентифікувати аномальні ситуації, – такі можливості використовуються в багатьох сферах – від забезпечення громадської безпеки до автоматизації процесів у промисловості.

Результати роботи відеоаналітики зберігаються або передаються у вигляді сповіщень, відеофрагментів чи звітів. На цьому етапі забезпечується збереження та передача результатів. Інформація може бути надіслана оператору системи для швидкого реагування або інтегрована з іншими системами: системою сповіщення чи управління доступом.

Згорткові нейронні мережі (CNN) – важлива технологія в обробці відеоаналітики, яка дозволяє системам ефективно розпізнавати об'єкти, визначати дії та аналізувати складні відеозображення. Застосування CNN сприяє точному виділенню характерних ознак з відеокадрів, що значно покращує точність системи. На рисунку 1.5 наведено типова архітектуру CNN, що застосовується для класифікації зображень [10].

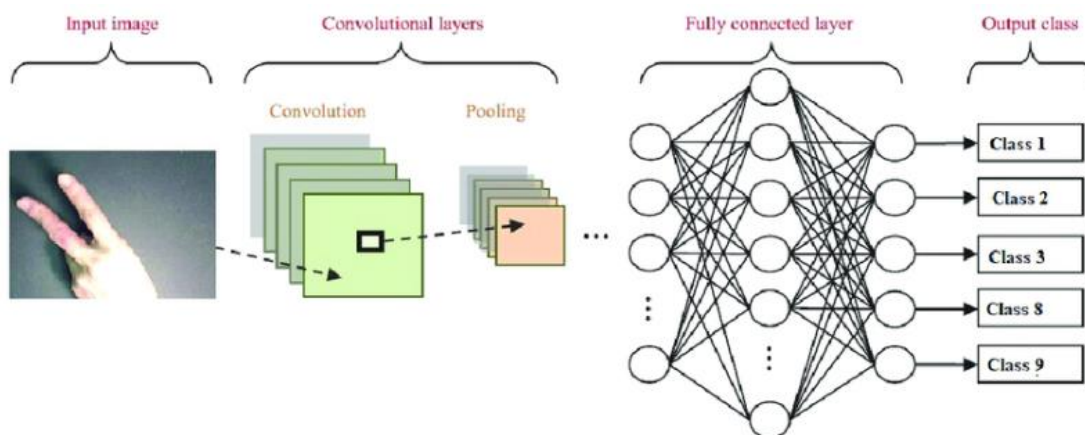


Рисунок 1.5 – Типова архітектура CNN, що застосовується для класифікації зображень

Основна роль згорткових мереж полягає в ефективній обробці відеоданих в кілька етапів. Першим етапом є згортковий шар, де фільтри застосовуються до відеокадрів для виділення важливих ознак, таких як краї, текстури або рухи [11].

Другий етап – агрегування, який використовується для зменшення кількості параметрів, покращення обчислювальної ефективності та запобігання перенавчанню. Цей шар зберігає лише найбільш доцільну інформацію, отриману після згортки, і тим самим забезпечує зменшення складності моделі, одночасно підвищуючи її здатність до узагальнення.

Останній етап у згортковій нейронній мережі — це повноз'єднаний шар. Він поєднує ознаки, отримані з попередніх шарів, і виконує класифікацію на основі цих ознак. Цей шар відповідає за визначення, до якої категорії належать об'єкти чи дії, що містяться на відео. Завдяки такій структурі CNN ефективно працює з великими обсягами відеоданих, забезпечуючи точний аналіз і класифікацію в реальному часі.

1.4 Вибір системи відеоспостереження

Метою даної роботи є розробка та налаштування системи відеоспостереження для захоплення відеопотоку, оптимізованого для подальшого аналізу кадрів на комп'ютері, який виконує функції обробки даних, зокрема накладання стробу для виявлення рухомих об'єктів.

Система повинна використовувати комп'ютер як центральний вузол для обробки даних. Камери відеоспостереження виконують лише функцію збору даних, тоді як всі аналітичні операції, включаючи накладання стробу, здійснюються на комп'ютері. Це дозволяє уникнути перевантаження камер складними обчисленнями. Важливо, щоб система забезпечувала належну якість відео, що включає чіткість зображення, необхідну для аналізу рухомих об'єктів, та можливість захоплення кадрів із високою роздільною здатністю.

Таке рішення орієнтоване на простоту інтеграції будь-якої сумісної камери в систему, з акцентом на її адаптацію до умов використання, таких як освітлення та відстань до об'єкта. Такий підхід дозволяє створити рішення, яке можна налаштувати відповідно до потреб конкретного застосування. Створену схему наведено на рисунку 1.6.

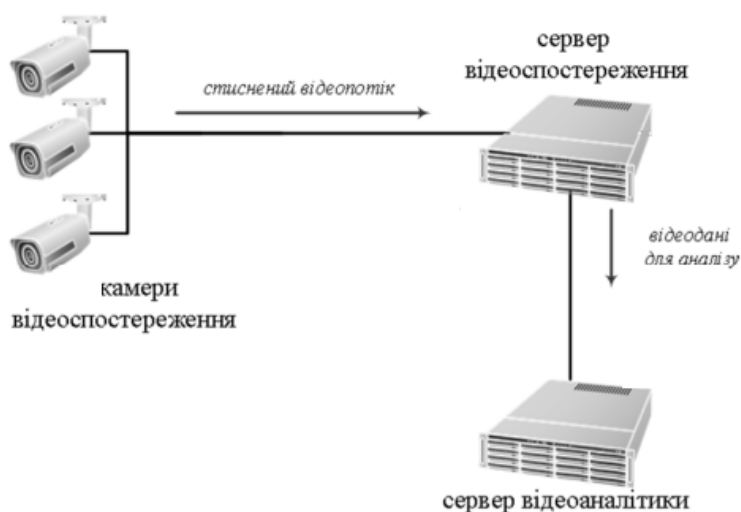


Рисунок 1.6 – Схема обраної системи

Для реалізації системи відеоспостереження була обрана камера AXIS P5624-E Mk II, яка забезпечує високу якість зображення та стабільну роботу в різних умовах. Камера оснащена CMOS-сенсором розміром 1/2,8", що дозволяє отримувати чітке зображення навіть за низького освітлення. Завдяки моторизованому об'єктиву з фокусною відстанню від 4,3мм до 98,9 мм і діафрагмою F1,6–F4,2, пристрій забезпечує широкий огляд і деталізовані зображення завдяки 30-кратному оптичному зуму. Камера підтримує технологію Wide Dynamic Range – Forensic Capture (120 дБ), що дозволяє ефективно працювати в умовах із високим контрастом освітлення. Мінімальна освітленість для кольорового режиму становить 0,2 lux при 30 IRE та F1,6. Режим день/ніч із автоматично знімним інфрачервоним фільтром дозволяє отримувати якісні кадри як вдень, так і вночі. Камера має швидкість панорамування від 0,1°/с до 350°/с із безперервним обертанням на 360°, що забезпечує повне охоплення території. Діапазон витримки від 1/45500 до 2 секунд дозволяє адаптувати камеру до різних умов зйомки. Завдяки цим характеристикам AXIS P5624-E Mk II ідеально підходить для реалізації системи, яка передбачає обробку відеопотоку центральним комп'ютером.

2 МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА АЛГОРИТМИ ОБРОБКИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

2.1 Критерії роботи системи

Основною задачею для розробляємої системи відеоспостереження за рухомими об'єктами є відстеження цих рухомих об'єктів. Тому критерієм ефективності роботи системи є точність виявлення та відстеження рухомих об'єктів, здатність системи адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища, таких як освітлення, зміна фону чи перешкоди на шляху об'єкта.

Важливими критеріями також є мінімізація помилкових спрацьовувань та здатність системи працювати з різними типами об'єктів, включаючи людей, транспортні засоби та інші рухомі об'єкти.

2.2 Алгоритми обробки зображень

2.2.1 Методи аналізу зображень.

Контрастність. Рух визначається за допомогою різниці між двома кадрами [12]:

$$C = |I(x_1, y_1) - I(x_2, y_2)|. \quad (2.1)$$

Просторові градієнти. Для виявлення меж між областями застосовуються градієнти яскравості [13]:

$$\nabla I(x, y) = (\partial I / \partial x, \partial I / \partial y). \quad (2.2)$$

Модуль градієнта:

$$|\nabla I(x, y)| = \sqrt{((\partial I / \partial x)^2 + (\partial I / \partial y)^2)}. \quad (2.3)$$

Порогування. Метод виділення за контрастністю, коли інтенсивність поділяється пороговим значенням T [14]:

$$S(x, y) = \{ 1, \text{якщо } |I(x, y) - I_a| > T; 0, \text{інакше} \}, \quad (2.4)$$

де I_a — середня інтенсивність фону.

Метод Otsu (оптимальне порогоування). Метод знаходить оптимальне порогове значення T , яке мінімізує внутрішньокласову дисперсію [15]:

$$\sigma_i^2(T) = w^1(T)\sigma^{12}(T) + w^2(T)\sigma^{22}(T), \quad (2.5)$$

де w_1, w_2 — ваги класів, а σ_1^2, σ_2^2 — дисперсії інтенсивності у кожному класі.

Локальний контраст. Обчислюється середня різниця між пікселем та його сусідами [16]:

$$C(x, y) = I(x, y) - \left(\frac{1}{N}\right) \Sigma(I(x', y')), \quad (2.6)$$

де $N(x, y)$ — локальне вікно навколо пікселя.

Розширення контрастності. Лінійне перетворення інтенсивності для збільшення контрастності [17]:

$$I'(x, y) = ((I(x, y) - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min})) * (L_{\max} - L_{\min}) + L_{\min}, \quad (2.7)$$

де I_{\min} та I_{\max} — мінімальна та максимальна інтенсивності в зображенні.

Виявлення руху за допомогою різниці між двома кадрами [18]:

$$D(x, y, t) = |I(x, y, t) - I(x, y, t - 1)|, \quad (2.8)$$

де $D(x, y, t) > T$ вказує на рух, а T — порогове значення.

Сегментація об'єктів. Формула порогового значення для сегментації [18]:

$$B(x, y) = \{ 1, \text{якщо } D(x, y, t) > T; 0, \text{інакше} \}. \quad (2.9)$$

Формування строба. Для визначення граничного прямокутника [16]:

$$x_{\min}, y_{\min} = \min\{(x, y) \in R\}(x, y). \quad (2.10)$$

$$x_{\max}, y_{\max} = \max\{(x, y) \in R\}(x, y). \quad (2.11)$$

Прямокутник описується координатами: $(x_{\min}, y_{\min}), (x_{\max}, y_{\max})$

Оптичний потік. Рівняння для аналізу оптичного потоку [17]:

$$\partial I / \partial x v_x + \partial I / \partial y v_y + \partial I / \partial t = 0, \quad (2.12)$$

де v_x, v_y — компоненти швидкості руху пікселя.

Ймовірність ненакладання залежить від відстані між центрами:

Умови ненакладання [18]:

$$d > r_1 + r_2. \quad (2.13)$$

Ймовірність цього обчислюється як:

$$P = 1 - \Phi\left(\frac{d - (r_1 + r_2)}{\sigma}\right), \quad (2.14)$$

де Φ — функція накопиченої ймовірності нормального розподілу.

2.2.2 Особливості аналізу.

При аналізі роботи системи відеоспостереження необхідно враховувати кілька важливих моментів. Освітленість значно впливає на якість виявлення та відстеження об'єктів. Зміни у рівні освітлення можуть призводити до помилок, таких як неправильні спрацьовування чи не виявлення об'єктів.

Шум у зображеннях, спричинений камерами чи умовами зйомки, наприклад, дощ або пил, впливає на точність аналізу. Для його зменшення використовуються різноманітні фільтри, такі як гаусівський, медіанний або адаптивний фільтр Вінера. Зміни у фоні, такі як рух дерев або тіней, можуть помилково визначатися як рухомі об'єкти.

Виявлення об'єктів є складним завданням через різноманітність їх форм, розмірів і типів. Використання методів машинного навчання допомагає у вирішенні цієї проблеми. Неточне визначення меж об'єкта може призводити до неправильного розрахунку його траєкторії чи інших характеристик.

Відстеження об'єктів у складних умовах, таких як перекривання, вихід за межі кадру чи різка зміна напрямку руху, є ще однією важливою проблемою. Реальні системи відеоспостереження мають обмеження у швидкості обробки через ресурсозатратність алгоритмів. Використання оптимізованих алгоритмів або апаратного прискорення знижує навантаження на систему.

Помилкові спрацьовування можуть бути спричинені змінами освітлення, відблисками чи рухом фону. Формування строба (граничного прямокутника) для опису меж рухомого об'єкта у кадрі може бути ускладненим залежно від форми об'єкта та точності сегментації. Неточності у визначенні координат строба виникають через недостатню роздільну здатність камери або неправильну обробку контурів.

Особливістю формування строба є залежність його точності від динамічних змін об'єкта. Якщо об'єкт швидко змінює свою форму чи

положення, система може фіксувати фрагментовані або неправильні контури, що ускладнює коректне визначення меж. Ще однією важливою особливістю є наявність перешкод на зображенні, таких як накладання об'єктів один на одного, що ускладнює розділення їхніх стробів.

2.3 Методи автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів

2.3.1 Метод віднімання фону.

Віднімання фону є важливим етапом попередньої обробки в системах візуального моніторингу, оскільки цей процес допомагає ізольовувати об'єкти, які представляють інтерес.

Метод різниці між кадрами є найпростішим способом віднімання фону. Він полягає в тому, що поточний кадр віднімається від попереднього, і якщо різниця в значеннях пікселів перевищує певний поріг, то цей піксель вважається частиною переднього плану. Фон у цьому випадку оцінюється як попередній кадр, що робить цей метод дуже чутливим до вибору порогу.

Метод різниці між кадрами є найпростішим способом віднімання фону [19]. Поточний кадр віднімається від попереднього, і якщо різниця в значеннях пікселів перевищує певний поріг, то цей піксель вважається частиною переднього плану. Фон у цьому випадку оцінюється як попередній кадр, що робить цей метод дуже чутливим до вибору порогу. Перевагою цього підходу є його висока швидкість. Оскільки фон визначається як попередній кадр, цей метод швидко адаптується до змін у відеопотоці, оновлюючи фон з кожним новим кадром. Об'єкти з рівномірним освітленням (наприклад, бічна частина автомобіля) можуть бути неправильно визнані частиною фону; якщо об'єкт зупиняється на довший час, він може стати частиною фону, що стане помилкою. Складність цього методу полягає у виборі порогу, оскільки різні відео потребують різних значень порогу для досягнення оптимальних результатів.

На рисунку 2.1 продемонстровано основні етапи роботи методу віднімання фону. На рисунку 2.2 наведено приклад використання методу віднімання фону [19].



Рисунок 2.1 – Основні етапи методу віднімання фону

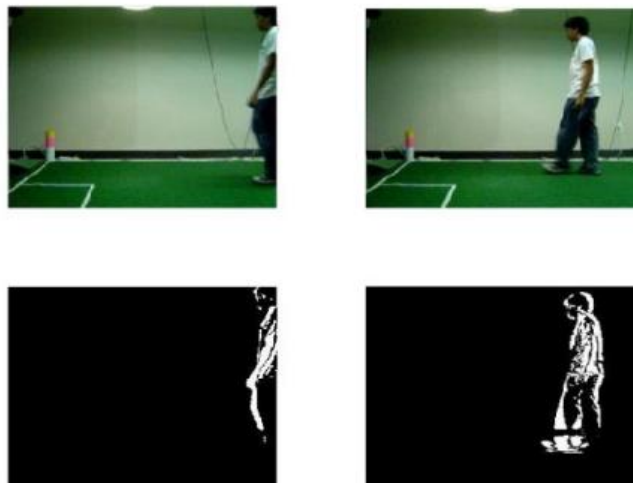


Рисунок 2.2 – Результат методу віднімання фону за різницею кадрів.

Низька точність і низька обчислювальна потужність [20]

Ініціалізація фонового зображення є ключовим етапом у методі віднімання фону, оскільки якість початкового фону суттєво впливає на точність виявлення об'єктів. Для цього застосовують перший кадр як фонове зображення або

обчислюють середнє значення яскравості пікселів із декількох перших кадрів. Іншим підходом є використання медіанного значення пікселів для формування фону, що зменшує вплив тіней і шумів у початковому фоні [21].

Додатковий етап, який можна додати в схему, – це динамічне оновлення фону в реальному часі, що дає змогу адаптувати модель до змін у сцені, наприклад, до змін освітлення, появи нових об'єктів у фоні або геометричних змін. Оновлення фону може базуватися на таких підходах, як експоненціальне згладжування або побудова моделі за допомогою сумішей Гаусових розподілів, що дозволяє враховувати багатомасштабні зміни у фонових даних [22].

Етапи видалення шумів та артефактів також можна деталізувати. Використання морфологічних операцій, таких як ерозія або дилатація, дозволяє усунути невеликі шумові області, які не належать до рухомих об'єктів, що забезпечує чіткіший контур виявленого об'єкта і покращує подальший аналіз [23].

Після визначення об'єктів руху можна додати крок аналізу форми, що включає виділення ключових характеристик, таких як контури, площа та співвідношення сторін об'єктів, що дозволяє не лише ідентифікувати рухомі об'єкти, а й класифікувати їх за типом або характеристиками [24].

Алгоритми на основі CNN дозволяють виявляти об'єкти переднього плану, аналізуючи велику кількість попередньо наданих відеоданих, що дозволяє автоматично розпізнавати та відділяти рухомі об'єкти навіть у складних умовах. Використання CNN наведено на рисунку 2.3.

Моделі на основі CNN можуть оновлювати своє уявлення про фон, використовуючи безперервне навчання, що дозволяє враховувати довготривалі зміни в сцені, такі як сезонні зміни ландшафту або поступове старіння об'єктів у кадрі.

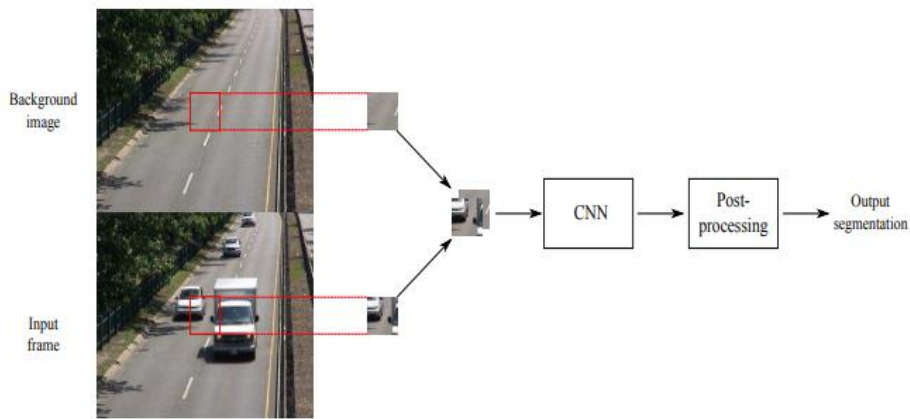


Рисунок 2.3 – Використання CNN у методі віднімання фону [24]

2.3.2 Метод виявлення контурів.

Метод виявлення контурів дозволяє виявляти межі об'єктів в зображеннях. Він застосовується у задачах виявлення рухомих об'єктів, сегментації зображень і виявлення структур. Метод базується на аналізі різких змін інтенсивності пікселів між сусідніми ділянками зображення, що допомагає виділити межі між різними об'єктами або текстурами.

Наприклад, на зображенні дороги, на якій потрібно визначити межі розмітки або бордюрів за допомогою методу виявлення контурів можна виділити чіткі лінії, які відповідають цим об'єктам. Використовуючи ці дані, виконується подальший аналіз, наприклад, розрахунок траєкторій руху транспортних засобів або навігація автомобіля.

Метод фіксації контурів часто використовується як попередній етап в задачах, пов'язаних з виявленням і відстеженням об'єктів. За допомогою нього виділяються ключові риси об'єктів, такі як форми чи межі, що є основою для подальшого аналізу.

Основою методу є виявлення місць, де інтенсивність пікселів змінюється найбільше, оскільки ці переходи є показниками меж об'єктів. Існують кілька класичних алгоритмів для виявлення контурів, таких як алгоритм Собеля, Кані, Лапласа та Робертса.

Алгоритм Собеля використовує маски для обчислення градієнта інтенсивності по двох осях, щоб визначити контури.

Алгоритм Кані забезпечує високоточне виявлення контурів за рахунок фільтрації зображення, обчислення градієнтів, та застосування подвійного порогу для виділення контурів. Цей алгоритм здатен фільтрувати малозначущі зміни, що можна сприйняти як шуми, що дозволяє отримати більш чіткі та точні контури, необхідні для подальшого аналізу [25, 26].

Алгоритм Лапласа використовує лапласіан після попереднього згладжування зображення, щоб виявити зміни інтенсивності, що дозволяє виділяти більш чіткі контури.

Перевагами методу фіксації контурів є його простота та ефективність. Ці алгоритми здатні швидко обробляти зображення, що робить їх ефективними для застосувань у реальному часі, наприклад у відеоаналітиці. Приклад використання алгоритмів наведено на рисунку 2.4.

Попри ефективність, метод має певні обмеження. На зображеннях із низькою контрастністю або складними умовами освітлення точність виявлення контурів може значно знижуватися. Також метод може стикатися зі складнощами при аналізі сцен із надмірною кількістю деталей, де шуми можуть маскувати важливі межі.

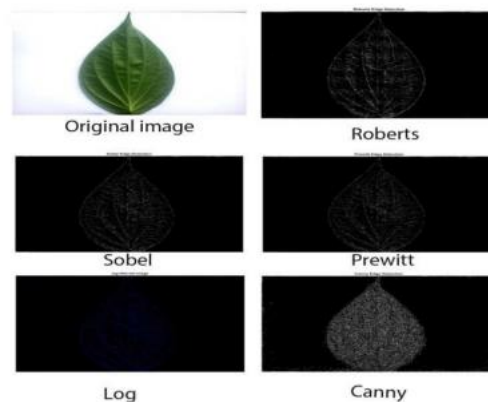


Рисунок 2.4 – Використання алгоритмів

2.3.3 Метод оптичного потоку.

Метод оптичного потоку є алгоритмічним підходом у комп'ютерному зорі, який дозволяє визначити переміщення об'єктів або структур у відеопослідовності на основі змін яскравості пікселів між сусідніми кадрами. Він базується на аналізі різниці інтенсивності зображення, припускаючи, що яскравість кожного пікселя залишається сталою під час руху.

Метод оптичного потоку дозволяє оцінити рух пікселів між кадрами на основі змін яскравості. Наприклад, якщо піксель на координаті (50, 50) у першому кадрі переміщається до координати (52, 51) у наступному кадрі, то метод визначає вектор його руху, який відображає зміщення по горизонталі та вертикалі. Цей вектор показує, як піксель зміщується у просторі, і дозволяє аналізувати динаміку об'єктів на зображенні. Щоб зменшити вплив шумів і отримати більш точні результати, аналіз проводиться у невеликих областях, які охоплюють декілька сусідніх пікселів.

Розглядаючи область розміром 3 на 3 пікселів, можна оцінити середній вектор руху для цієї групи пікселів, що дозволяє врахувати інформацію не лише з окремого пікселя, а й з його оточення, що знижує вплив локальних змін яскравості чи шумів. Отримані вектори руху використовуються для відстеження об'єктів.

Метод оптичного потоку застосовується для широкого спектра завдань. У відеоспостереженні він використовується для виявлення рухомих об'єктів. У робототехніці метод допомагає аналізувати навколишнє середовище для визначення траєкторій. У медицині оптичний потік застосовується для аналізу руху внутрішніх органів, наприклад серця.

Попри високу ефективність, метод має обмеження. Він чутливий до змін освітлення та працює найкраще за умов плавних і постійних змін яскравості. Якщо відбувається швидка зміна освітлення або швидкий рух, можливі похибки у визначенні векторів.

3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ВИДІЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІ

3.1 Розробка алгоритму виділення стаціонарних об'єктів

3.1.1 Вимоги та розробка алгоритму.

Розробка алгоритму виділення стаціонарних об'єктів включає кілька етапів, які спрямовані на точне визначення меж об'єктів, що не змінюють свого положення у кадрі. Основна мета алгоритму – аналіз відео або окремих кадрів для ідентифікації об'єктів на основі їх контрастності з фоном.

Перший етап передбачає сегментацію кадру на малі блоки (сегменти) заданого розміру. Для кожного сегмента обчислюється середня інтенсивність пікселів, яка порівнюється із середнім значенням інтенсивності фону. Розраховується як абсолютна контрастність (різниця інтенсивностей), так і відносна (нормалізована за значенням фону). Якщо значення контрастності сегмента перевищує задані пороги, цей сегмент позначається як такий, що містить потенційний об'єкт. У результаті формується бінарна маска, яка виділяє ділянки з відмінною інтенсивністю.

На наступному етапі за допомогою аналізу бінарної маски виділяються окремі об'єкти. Для цього маска розділяється на групи зв'язаних компонент, кожна з яких відповідає одному об'єкту. Для кожного об'єкта визначаються його межі у вигляді прямокутника, який охоплює всю область. Фільтрація за мінімальним розміром дозволяє відсіяти дрібні перешкоди або шум.

Алгоритм повинен враховувати можливість додавання об'єктів із шумом (наприклад, пуассонівським) для тестування для моделювання реальних умов, в яких об'єкти мають неоднорідну інтенсивність через шум датчика або зйомки. Середня інтенсивність кожного об'єкта розраховується після накладання шуму, що дозволяє оцінити його сигнал щодо фону. Відношення сигнал-шум (SNR) використовується для визначення чіткості виявлення.

Візуалізація результатів є фінальним кроком алгоритму, що дозволяє оцінити його роботу на практиці. Кадр відображається із зазначенням меж об'єктів у вигляді прямокутників, що демонструє ефективність алгоритму в умовах із різними рівнями контрастності та шуму. Даний підхід забезпечує точність та адаптивність для виявлення стаціонарних об'єктів навіть у складних умовах зйомки.

Розроблений алгоритм (рисунок 3.1) спрямований на виділення стаціонарних об'єктів на основі аналізу їх контрастності з фоном у зображенні. Для цього кадр ділиться на невеликі сегменти, у кожному з яких обчислюється середнє значення інтенсивності пікселів. Середнє значення порівнюється із заздалегідь визначеною інтенсивністю фону. На основі цієї різниці розраховуються дві величини: абсолютна та відносна контрастність. Якщо будь-яка з цих величин перевищує встановлений поріг, сегмент позначається як такий, що містить потенційний об'єкт. У результаті формується бінарна маска, де області, що відповідають об'єктам, виділяються від решти кадру.

Після формування маски виконується об'єднання сусідніх пікселів із подібними значеннями, що дозволяє розділити об'єкти на окремі компоненти. Для кожного з цих компонентів визначаються їх межі у вигляді мінімального прямокутника, що охоплює об'єкт. На цьому етапі застосовується фільтрація, яка виключає надто дрібні області, що можуть бути результатом шуму.

Щоб перевірити роботу алгоритму, у зображення додаються об'єкти із шумовими характеристиками, що імітують реальні умови. Для кожного такого об'єкта обчислюється середня інтенсивність після накладання шуму, що дозволяє оцінити його видимість у кадрі. Відношення сигналу до шуму використовується як ключова величина, яка показує, наскільки чітко об'єкт відрізняється від фону.

Завершальний етап передбачає візуалізацію результатів. Кадр відображається разом із межами виділених об'єктів, що дозволяє оцінити точність та ефективність алгоритму. Таким чином, алгоритм забезпечує надійне виділення стаціонарних об'єктів навіть у присутності шуму чи інших збурень.

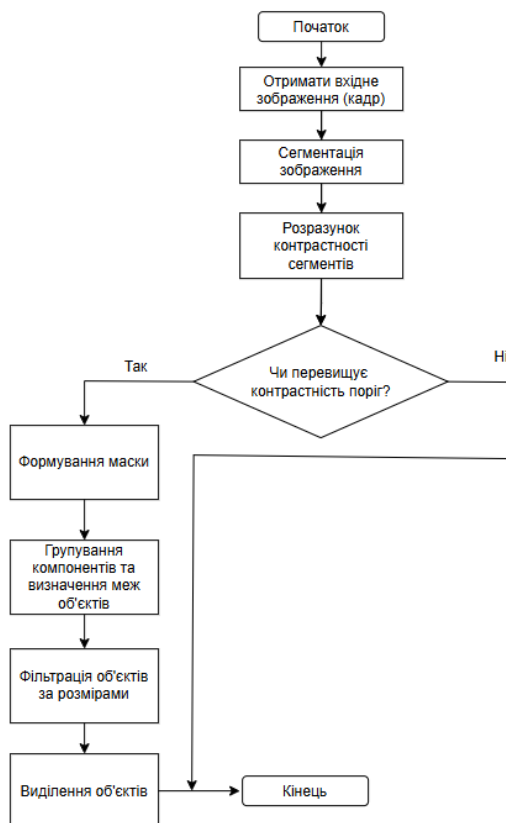


Рисунок 3.1 – Алгоритм виділення стаціонарних об'єктів

3.1.2 Результат роботи алгоритму.

Алгоритм був протестований на зображенні з кількома об'єктами, до яких поступово змінювали контрастність та розмір для оцінки його ефективності. У кадрі було розміщено три об'єкти: з високим, з низьким, та з середнім контрастом.

Результатом роботи алгоритму є виділенні об'єкти на телевізійному зображенні (рисунок 3.2). Для об'єктів було поступово змінено розмір та контрастність з метою визначення моменту, коли алгоритм перестає визначати об'єкти.

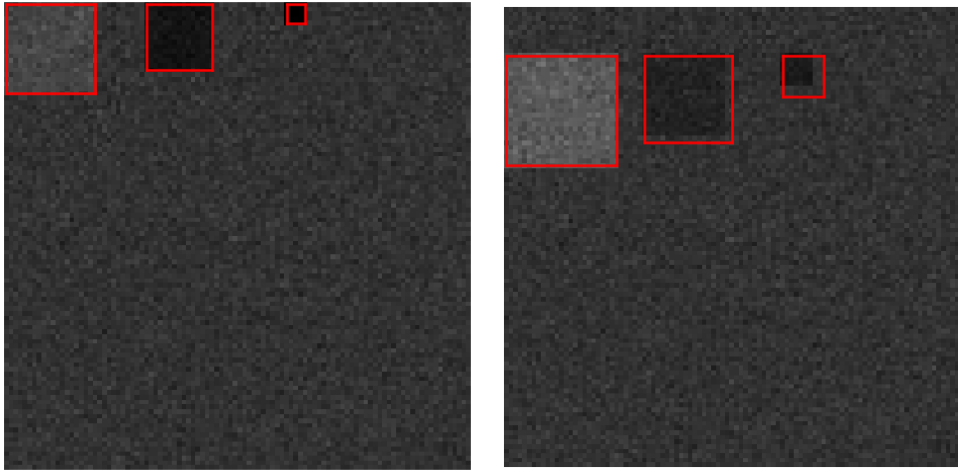


Рисунок 3.2 – Правильне виділення об'єктів

Як видно з рисунку 3.2, об'єкти виділяються правильно, при умові що об'єкт сильно контрастує з фоном. Наближаючи освітленість до фонові починаються проблеми з виявленням об'єктів (рисунок 3.3).

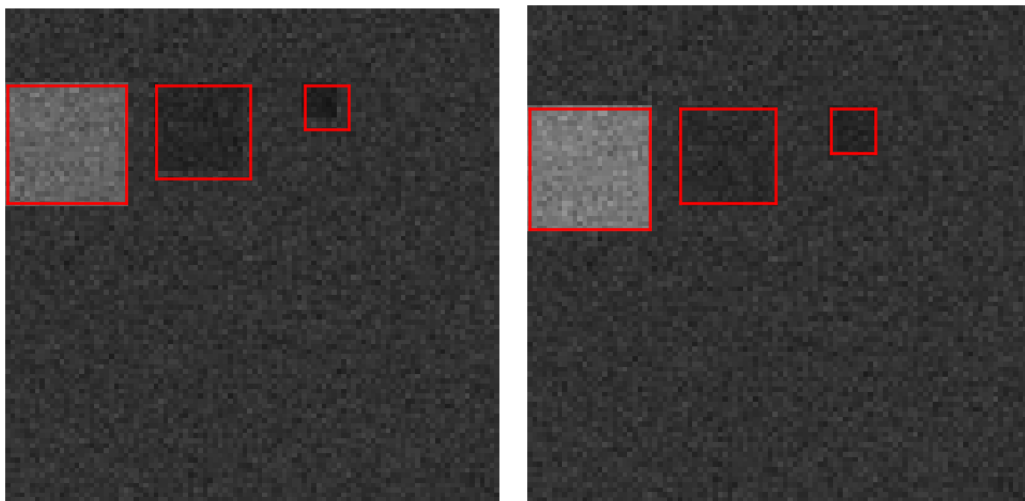


Рисунок 3.3 – Поступове збільшення контрастності об'єктів

Як видно з рисунку 3.3, об'єкти, наближаючись до освітленості фону, все ще виділяються, але якщо об'єкт має невелику площу або сильно «розмитий», середня інтенсивність пікселів у межах об'єкта може збігатися з середньою інтенсивністю фону (рисунок 3.4), що призводить до неправильного виявлення об'єкту.

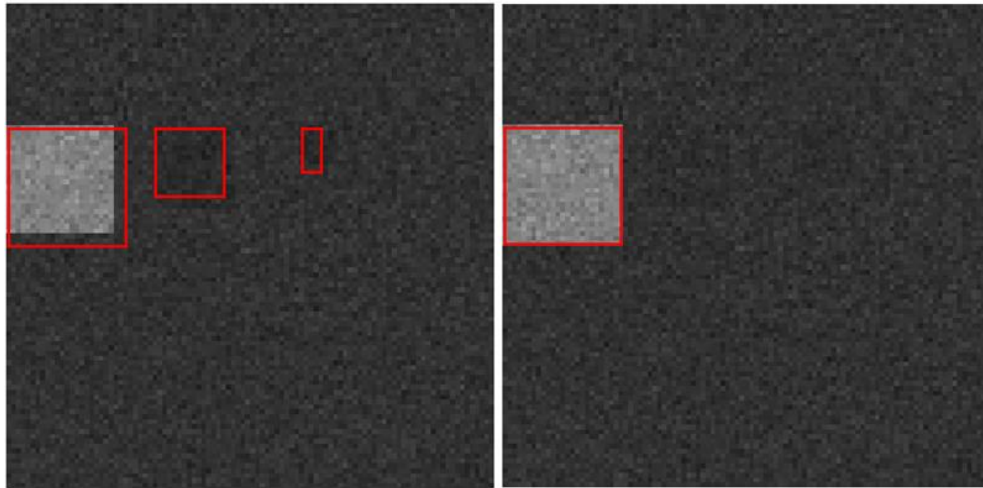


Рисунок 3.4 – Неправильне виділення об'єктів

Продовжуючи поступово збільшувати рівень освітленості об'єктів бачимо, що подолавши певний поріг об'єкти починають виділятися (рисунок 3.5).

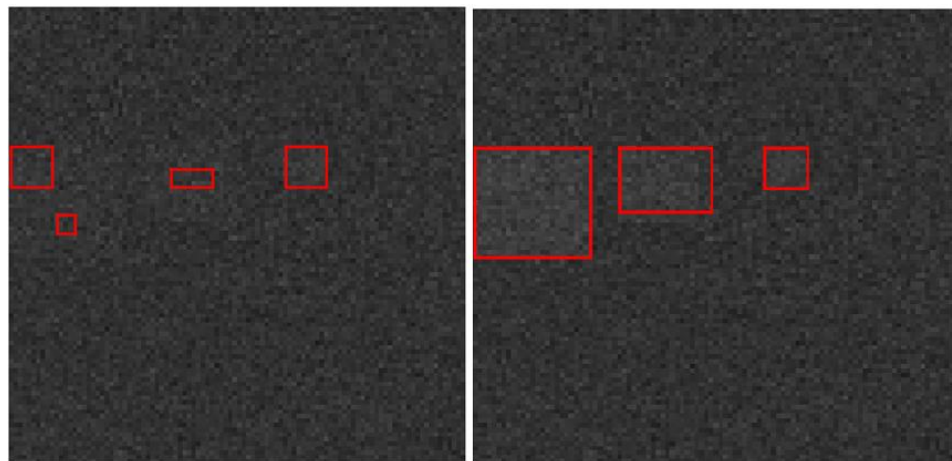


Рисунок 3.5 – Початок виділення об'єктів

Зі збільшенням освітленості об'єктів було сформовано більше кадрів для знаходження порогу, коли об'єкт перестає виділятися. Для цього було визначено відношення сигнал-шум для кожного об'єкту та побудований

графік залежності відношення сигнал-шум з рівнем абсолютної контрастності (рисунок 3.6).

Відношення сигнал/шум є важливим параметром, який характеризує якість сигналу порівняно з рівнем шуму. Воно визначає, наскільки потужність корисного сигналу перевищує потужність шуму.

Розрахунок відношення сигнал/шум проводився за формулою [27]:

$$\varphi = \frac{\bar{U}_c}{\sqrt{D_\phi}} \quad (3.1)$$

У вираз (3.1) входять наступні величини:

$$\text{середнє значення: } \bar{U} = \frac{1}{mn} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n U(x_i, y_j). \quad (3.2)$$

дисперсія сигналу D: визначається Пуассонівським шумом і дорівнює середній інтенсивності фону.

Контрастність визначається для сегментів зображення шляхом порівняння їх середньої інтенсивності з інтенсивністю фону.

Абсолютна контрастність визначає величину різниці між середньою інтенсивністю об'єкта та фону, незалежно від їхнього абсолютного значення. Вона дозволяє виявляти об'єкти, інтенсивність яких суттєво відрізняється від фону. Ефективна, коли фон має низьку або стабільну інтенсивність, і об'єкт чітко виділяється. Застосовується в умовах, коли абсолютна різниця важливіша за пропорційні співвідношення.

$$C_{\text{абс}} = |I_{\text{сер}} - I_\phi|. \quad (3.3)$$

Відносна контрастність нормалізує різницю між інтенсивностями, враховуючи фонову інтенсивність. Це дозволяє оцінити, наскільки різниця відчутна відносно фону. Ефективна в умовах, де фон має змінну інтенсивність, наприклад, через неоднорідне освітлення. Дозволяє коректно виділяти об'єкти в сценах із великими варіаціями освітлення, де абсолютна різниця могла б бути

недостатньо інформативною та підходить для аналізу сцен, де об'єкти мають схожу інтенсивність із фоном.

$$C_{\text{від}} = \frac{|I_{\text{сег}} - I_{\text{ф}}|}{I_{\text{ф}}}. \quad (3.4)$$

Сегмент вважається таким, що містить об'єкт, якщо одна з контрастностей перевищує заданий поріг:

$$C_{\text{абс}} > T_{\text{абс}} \text{ або } C_{\text{від}} > T_{\text{від}}. \quad (3.5)$$

Для побудови стробу спочатку відбувається визначення групи пікселів, що мають однакове значення контрастності.

$$L(x, y) = k, k \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (3.6)$$

де $L(x, y)$ – мітка пікселя,

N – кількість зв'язаних компонентів.

Для кожної зв'язаної компоненти k розраховуються мінімальні та максимальні координати x та y :

$$x_{\min} = \min(x_k), x_{\max} = \max(x_k), \quad (3.7)$$

$$y_{\min} = \min(y_k), y_{\max} = \max(y_k), \quad (3.8)$$

де (x_k, y_k) – координати пікселів, що належать до компоненти k

Після цього визначаються розміри стробу, ширина w та висота h обчислюються як:

$$w = x_{\max} - x_{\min} + 1. \quad (3.9)$$

$$h = y_{\max} - y_{\min} + 1. \quad (3.10)$$

Об'єкти, розмір яких менший за задані порогові значення ширини w_{\min} і висоти h_{\min} видаляються. Після цього визначається строб для кожного об'єкту як множина точок.

$$\text{Строб} = \{(x, y) \mid x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, y_{\min} \leq y \leq y_{\max}\}. \quad (3.11)$$

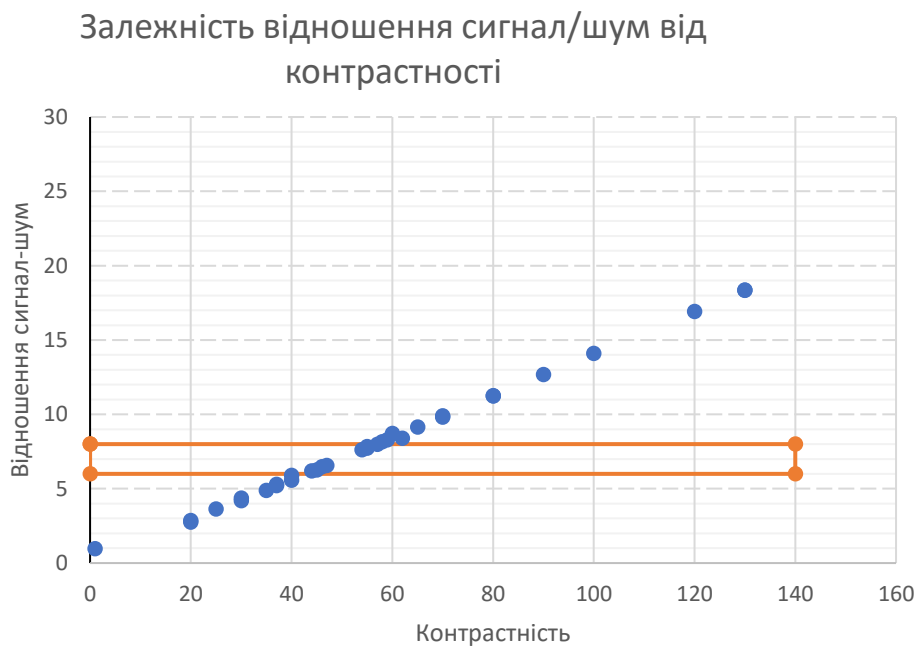


Рисунок 3.6 – Графік залежності відношення сигнал-шум від контрастності

Алгоритм успішно виділив усі об'єкти, поки їх контрастність залишалася достатньо високою, тобто значення інтенсивності об'єктів суттєво відрізнялися від інтенсивності фону. При зниженні контрастності об'єктів до рівня інтенсивності фону спостерігалися труднощі у виявленні. Об'єкти почали змішуватися з фоном, що призвело до помилок у їх виділенні. Маленькі об'єкти або об'єкти зі слабким контрастом могли бути некоректно розпізнані через близькість їхніх середніх інтенсивностей до фону. Алгоритм втрачає здатність виявляти об'єкти, якщо відношення сигнал-шум знаходиться у діапазоні 6–8. Це відповідає ситуації, коли інтенсивність об'єктів стає майже рівною інтенсивності фону. Візуальні спостереження підтвердили, що алгоритм коректно виділяє межі об'єктів у вигляді прямокутників за умови, що об'єкти мають достатню контрастність і розмір.

Таким чином, алгоритм ефективно працює для трьох об'єктів із різною контрастністю, демонструючи стабільні результати в умовах високої

контрастності та поступове зниження точності при наближенні характеристик об'єктів до характеристик фону.

3.2 Розробка алгоритму виявлення рухомих об'єктів

Алгоритм для виявлення рухомих об'єктів базується на аналізі відео як послідовності кадрів, які перетворюються у градації сірого для спрощення обробки. Фон завантажується окремо як статичне зображення. Фоновий кадр наведено на рисунку 3.7. На кожному кадрі обчислюється різниця між поточним кадром і фоном, створюючи маску змін, де пікселі, що перевищують заданий поріг, відображають рух.

Фон оновлюється за допомогою згладжування, де кожен кадр поступово інтегрується у фонову модель із заданою швидкістю, що дозволяє враховувати поступові зміни освітлення чи сцени. У створеній масці виділяються зв'язані області, які маркуються та аналізуються для визначення їх меж. Виявлені об'єкти фільтруються за мінімальними розмірами, щоб відкинути шум або дрібні об'єкти.



Рисунок 3.7 – Фоновий кадр

Об'єднання областей здійснюється за допомогою перевірки меж стробів на перетин. Перетинаючі області об'єднуються, створюючи великі строби, які продовжуються на наступних кадрах. Для візуалізації результати накладаються на кожен кадр у вигляді кольорових прямокутників, які позначають межі виявлених об'єктів. Червоні прямокутники використовуються для позначення активних областей руху. Розроблений алгоритм наведено на рисунку 3.8.

Алгоритм працює з кожним кадром по черзі, застосовуючи оновлення фону, виявлення об'єктів і об'єднання стробів. У кінцевому результаті створюється серія кадрів із візуальним позначенням рухомих об'єктів, дозволяючи проводити аналіз змін у сцені з можливістю відслідковування руху об'єктів на часі.



Рисунок 3.8 – Алгоритм виділення рухомих об'єктів

Робота алгоритму показана на рисунку 3.9 та рисунку 3.10. Рухомий об'єкт з'являється в кадрі та виділяється.



Рисунок 3.9 – Виділення рухомого об'єкту



Рисунок 3.10 – Виділення з поступовим переміщенням

ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було проведено дослідження методів автоматичного виявлення та відстеження рухомих об'єктів у системах відеоспостереження. Основним результатом є розробка алгоритмів, які враховують особливості роботи в умовах змінного освітлення, наявності шумів та динамічності середовища.

Виконаний аналіз сучасних методів виявлення об'єктів, таких як віднімання фону, аналіз контурів та використання оптичного потоку, дозволив визначити їх переваги та недоліки. Це стало основою для створення алгоритмів, здатних адаптуватися до різних умов та забезпечувати стабільну роботу системи.

Експериментальне моделювання підтвердило ефективність розроблених підходів. Алгоритми показали високу точність при виявленні та відстеженні об'єктів. Зокрема, було досягнуто значного зниження помилкових спрацьовувань та покращено якість виділення меж об'єктів.

Результати роботи можуть бути використані для вдосконалення існуючих систем відеоспостереження, зокрема у сферах громадської безпеки, моніторингу транспортних потоків та промислових застосувань. Подальший розвиток розробок може бути спрямований на інтеграцію алгоритмів у масштабні системи.

Таким чином, результати виконаної роботи сприяють підвищенню ефективності систем відеоспостереження, зокрема в аспектах автоматичного виявлення та відстеження об'єктів у динамічних умовах. Запропоновані підходи та розроблені алгоритми можуть стати основою для вдосконалення існуючих рішень та їх адаптації до різних сфер застосування, забезпечуючи надійність і точність роботи систем у реальному часі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. M. Valera and S. Velastin, "Intelligent distributed surveillance systems: A review," in *IEEE Proc. Vis. Image, Signal Process.*, vol. 152, no. 2, pp. 192–204, Apr. 2005
2. Real-Time Human Detection in Video Surveillance / C. Sravanth et al. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*. 2021. Vol. 9, no. 1. P. 44–50.
3. W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, "A survey on visual surveillance of object motion and behaviors," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. C, Appl. Rev.*, vol. 34, no. 3, pp. 334–352, Aug. 2004.
4. Coetzer B., der Merwe J. v., Josephs B. *Information Management and Video Analytics: the Future of Intelligent Video Surveillance. Video Surveillance*. 2011.
5. Pilih CCTV Analog Camera atau IP Camera ? CCTV Pati Hikvision. *CCTV Pati Hikvision*. URL: <https://hikvisionpati.com/pilih-cctv-analog-atau-ip-camera>
6. Ducheve, Plamen, and Ivan Luis Del Sol. "SECURITY CAMERAS AND REAL TIME SURVEILLANCE." *ARTTE Applied Researches in Technics, Technologies and Education*: 251.
7. Popovic, Gradimirka & Arsić, Nebojša & Jakšić, Branimir & Gara, Boris & Petrovic, Mile. (2013). Overview, Characteristics and Advantages of IP Camera Video Surveillance Systems Compared to Systems with other Kinds of Camera. 2. pp. 356-362.
8. Позначення ступеня захисту корпусів обладнання від впливів навколишнього середовища - KODA. KODA. URL: <https://www.koda.ua/ukr/info/infotechno/info1/>

9. Qadir F., Gani G., Jeelani Z. Digital Image Processing. *Image Processing and Intelligent Computing Systems*. Boca Raton, 2022. P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003267782-1>
10. Recognition of Hand Gesture Image Using Deep Convolutional Neural Network / K. M. Sagayam et al. *International Journal of Image and Graphics*. 2021. P. 2140008. URL: <https://doi.org/10.1142/s0219467821400088>
11. Ciresan D., Meier U., Schmidhuber J. Multi-column deep neural networks for image classification. *2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Providence, RI, 16–21 June 2012. 2012. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2012.6248110>
12. Woods R. E., Gonzalez R. C. Digital Image Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education, Limited, 2013. 928 c.
13. Prince S. J. D. Computer vision: models, learning, and inference. Cambridge University Press, 2012.
14. K P. W. Digital image processing: piks scientific inside. Wiley India, 2007.
15. Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1979.
16. Jain A. K. Fundamentals of digital image processing. London : Prentice-Hall International, 1989. 569 c.
17. Woods R. E., Gonzalez R. C. Digital image processing: pearson new international edition. Pearson Education, Limited, 2013. 928 c.
18. K P. W. Digital image processing: piks scientific inside. Wiley India, 2007.
19. Das D., Saharia S. Implementation and Performance Evaluation of Background Subtraction Algorithms. *International Journal on Computational*

Science & Applications. 2014. Vol. 4, no. 2. P. 49–55.
URL: <https://doi.org/10.5121/ijcsa.2014.4206>

20. Hofmann M., Tiefenbacher P., Rigoll G. Background segmentation with feedback: The Pixel-Based Adaptive Segmenter. *2012 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPR Workshops)*, Providence, RI, USA, 16–21 June 2012. 2012.
URL: <https://doi.org/10.1109/cvprw.2012.6238925>

21. Robust Real-Time Traffic Surveillance with Deep Learning / J. Fernández et al. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2021. Vol. 2021. P. 1–18.
URL: <https://doi.org/10.1155/2021/4632353>

22. Jamil N., Sembok T. M. T., Bakar Z. A. Noise removal and enhancement of binary images using morphological operations. *2008 International Symposium on Information Technology*, Kuala Lumpur, Malaysia, 26–28 August 2008. 2008.
URL: <https://doi.org/10.1109/itsim.2008.4631954>

23. Srivastava A., Klassen E. P. Motivation for Function and Shape Analysis. *Functional and Shape Data Analysis*. New York, NY, 2016. P. 1–19.
URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-4020-2_1

24. Sun T., Gao C. Z. An improved canny edge detection algorithm. *Applied mechanics and materials*. 2013. Vol. 291-294. P. 2869–2873.
URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.291-294.2869>

25. A distributed canny edge detector: algorithm and FPGA implementation / Q. Xu et al. *IEEE transactions on image processing*. 2014. Vol. 23, no. 7. P. 2944–2960. URL: <https://doi.org/10.1109/tip.2014.2311656> (date of access: 05.12.2024).

26. Optical flow and scene flow estimation: a survey / M. Zhai et al. *Pattern recognition*. 2021. Vol. 114. P. 107861.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2021.107861>

27. Стрілкова Т. О., Калмиков О. С. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Тепловізійні та телевізійні пристрої і

системи ” для студентів денної і заочної форм навчання галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації», спеціальності 171 «Електроніка», освітньо-професійної програми «Електронні прилади та пристрої» / Упоряд.: Т.О. Стрількова, О.С. Калмиков – Харків: ХНУРЕ, 2023. – 49 с.

28. Real-time edge detection and range finding using FPGAs / T. M. Khan et al. *Optik*. 2015. Vol. 126, no. 17. P. 1545–1550. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.01.024>

29. Edge Video Analytics for Public Safety: A Review / Q. Zhang et al. *Proceedings of the IEEE*. 2019. Vol. 107, no. 8. P. 1675–1696. URL: <https://doi.org/10.1109/jproc.2019.2925910>

30. Ko T., Soatto S., Estrin D. Background Subtraction on Distributions. *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, Heidelberg, 2008. P. 276–289. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-88690-7_21

31. Mandellos N. A., Keramitsoglou I., Kiranoudis C. T. A background subtraction algorithm for detecting and tracking vehicles. *Expert Systems with Applications*. 2011. Vol. 38, no. 3. P. 1619–1631.

32. Tatiana Strelkova, Aleksandr Lytyuga, Aleksandr Kalmykov, Ganna Khoroshun, Andrii Riazantsev, Oleksandr Ryazantsev. Influence of a signal description model on the calculations of the efficiency indicators of optoelectronic systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. - 4/5 (106). – pp. 41-50. ISBN: 17294061 17293774. (SCOPUS). DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210769>.

33. Stochastic deterministic methods for processing signals and images in optical electronic systems Tetiana O. Strikova; Oleksandr P. Lytyuga; Krzysztof Skorupski; Alina Bugubayeva *Proceedings Volume 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019; 1117608 (2019) https://doi.org/10.1117/12.2536605 Event: Photonics*

Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019, 2019, Wilga, Poland. (SCOPUS) Стохастико-детерміновані методи обробки сигналів та зображень в оптико-електронних системах.

34. T. Strelkova ,A.I. Strelkov, V.M. Kartashov, A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Methods of Reception and Signal Processing in Machine Vision Systems // Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0., 2021, Pages: 71-102. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch003. Монографія. Chapter 3 in book. IGI Global. USA.

35. T. A. Strelkova , A. P. Lytyuga, A S. Kalmykov. Statistical Characteristics of Optical Signals and Images in Machine Vision Systems // Examining Optoelectronics in Machine Vision and Applications in Industry 4.0. 2021, Pages: 134-162. DOI: 10.4018/978-1-7998-6522-3.ch005. Монографія. Chapter 5 in book . IGI Global. USA.

36. Стрількова Т.О, Литюга О.П. Формування вихідного сигналу оптико-електронних систем з обмеженим динамічним діапазоном // IX International Conference on Optoelectronic Information Technologies “PHOTONICS-ODS 2020” Ukraine, Vinnytsia, VNTU October 5-7, 2020, pp. 13.

37. Стрількова Т. О., Калмиков О. С., Литюга О. П. Визначення ефективності оптико-електронних систем на основі статистичних моделей сигналів. XX Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», 18-19 травня 2021 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна, с. 19.

38. Стрількова Т. О. Литюга О.П., Дуднік О.В. Використання методів машинного навчання для інтелектуального аналізу даних систем відеоспостереження // XXIII Міжнародна науково-технічна конференція “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”. Секція 2. Оптичні та оптико-електронні прилади системи. Фотоніка. 14-15 травня 2024 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна., С. 51-52.

39. Deep learning for computer vision: a brief review / Ksheera R Shetty та ін. International journal of advanced research in science, communication and technology. 2022. С. 450–463. URL: <https://doi.org/10.48175/ijarsct-2898>
40. Chary P. S. Real time object detection using yolov4. International journal for research in applied science and engineering technology. 2023. Т. 11, № 12. С. 1375–1379. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.57602>
41. Huang X., Bi N., Tan J. Visual transformer-based models: a survey. Pattern recognition and artificial intelligence. Cham, 2022. P. 295–305. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09282-4_25
42. Hu M., Wu Q. A survey on self-supervised learning-based video anomaly detection. Academic journal of science and technology. 2024. Vol. 11, no. 2. P. 41–44. URL: <https://doi.org/10.54097/etr5a113>
43. Urban scene semantic segmentation with insufficient labeled data / Q. Zheng et al. China communications. 2019. Vol. 16, no. 11. P. 212–221. URL: <https://doi.org/10.23919/jcc.2019.11.017>
44. Qian R., Lai X., Li X. 3D object detection for autonomous driving: a survey. Pattern recognition. 2022. P. 108796. URL: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.108796>
45. Unsupervised domain adaptation in semantic segmentation: a review / M. Toldo et al. Technologies. 2020. Vol. 8, no. 2. P. 35. URL: <https://doi.org/10.3390/technologies8020035>
46. Kumar A., Sarren P., Raja. Deep learning-based multi-object tracking. Object tracking technology. Singapore, 2023. P. 183–199. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-99-3288-7_8
47. Misra I., van der Maaten L. Self-Supervised learning of pretext-invariant representations. 2020 *IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (CVPR)*, Seattle, WA, USA, 13–19 June 2020. 2020. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr42600.2020.00674>