

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

16.01.2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Василь' (Vasyl).

Токар В. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ АКТ
Кафедра _____ КІТАР
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)
Спеціальність _____ 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
Тип програми _____ Освітньо-професійна
Освітня програма _____ Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і
виробництва
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« 02 » _____ вересня _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві _____ Токарю Владиславу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: _____ Розроблення системи автоматизації для моніторингу
переміщень персоналу у виробничих приміщеннях

Затверджена наказом університету від _____ 22.11.2024 №1231 Ст.

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____
3. Вихідні дані до роботи: камера відеоспостереження (Logitech C920),
програмування (PyCharm, OpenCV), моделі машинного навчання та
методи виявлення руху (Motion Detection, cvMeanShift, cvCamShift,
YOLO).

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі. Вступ. Аналіз та сучасний
розвиток систем моніторингу. Історія відеоспостереження. Порівняння
аналогових та цифрових систем відеоспостереження. Аналогові системи
відеоспостереження. Цифрові системи відеоспостереження. Роль світла в
камерах. Механічні компоненти камери відеоспостереження. Системи
моніторингу. Практичне значення розробки. Існуючі системи моніторингу.
Зберігання та обробка даних. Мова програмування Python. Порівняння з іншими
мовами. Середовище розробки PyCharm. Порівняння з іншими IDE. Приклади
реальних проектів. Методи виявлення руху. Метод Motion Detection. Метод
cvMeanShift. Метод cvCamShif. Метод YOLO. Використання
відеоспостереження у різних галузях. Тестування програми. Охорона праці під
час використання проекту. Висновки. Перелік джерел посилання. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Графічний матеріал у вигляді презентації (10–15 аркушів формату А4).


6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	02.09.2024	Виконано
2	Аналіз літератури та супутніх джерел	02.09.2024-10.11.2024	Виконано
3	Аналіз теоретичних та методологічних основ	10.11.2024-29.11.2024	Виконано
4	Аналіз існуючих систем	29.11.2024-02.12.2024	Виконано
5	Постановка задачі	02.12.2024-10.12.2024	Виконано
6	Проектування системи	10.12.2024-25.12.2024	Виконано
7	Розробка та тестування програмної реалізації	25.12.2024-05.01.2025	Виконано
8	Аналіз результатів, отриманих за допомогою програмного засобу	05.01.2025-07.01.2025	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	07.01.2025-15.01.2025	Виконано
10	Оформлення графічної частини та презентаційних матеріалів комп'ютерного захисту	15.01.2025-19.05.2025	Виконано
11	Подання роботи на рецензування	21.01.2025	Виконано
12	Попередній захист	22.01.2025	Виконано
13	Подання роботи до екзаменаційної комісії	23.01.2025	Виконано

Дата видачі завдання 2 вересня 2024 р.

Здобувач 
(підпис)

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 92 с., 38 рис., 21 джерел.

СИСТЕМА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, МОНІТОРИНГ, PYTHON, ВИЯВЛЕННЯ РУХУ, АНАЛІЗ ВІДЕО, МЕТОД.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого виявлення рухів на основі аналізу відео.

Предмет дослідження – методи та алгоритми аналізу руху об'єктів у відеопотоках.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка та аналіз методу автоматизованого моніторингу переміщення персоналу у виробничих приміщеннях на основі комп'ютерного зору та машинного навчання.

Методи дослідження – алгоритми для розпізнавання об'єктів мовою Python, методи обробки сигналів.

У кваліфікаційній роботі досліджено ефективність застосування моделей для обробки відеопотоків та алгоритм для обробки руху в реальному часі. Отримані результати демонструють високу точність виявлення та класифікації об'єктів.

Для цього проведено налаштування моделей для аналізу відео мовою Python, тестування системи та аналіз даних руху об'єкта, верифікацію результатів за допомогою часових міток та параметрів руху.

REFERAT

Explanatory note: 92 p., 38 fig., 21 sources.

VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM, MONITORING, PYTHON,
MOTION DETECTION, VIDEO ANALYSIS, METHOD.

The object of research is the process of automated motion detection based on video analysis.

The subject of the study is methods and algorithms for analyzing object motion in video streams.

The purpose of the qualification work is to create an effective motion detection and object classification system using modern machine learning methods.

Research methods are algorithms for object recognition in Python, signal processing methods.

The qualification work investigates the effectiveness of using models for processing video streams and an algorithm for processing motion in real time. The results obtained demonstrate high accuracy of object detection and classification.

For this purpose, models for video analysis in Python were configured, the system was tested and object motion data was analyzed, and the results were verified using time stamps and motion parameters.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз та сучасний розвиток систем моніторингу.....	10
1.1. Історія відеоспостереження.....	10
1.2 Порівняння аналогових та цифрових систем відеоспостереження.....	14
1.2.1 Аналогові системи відеоспостереження	15
1.2.2 Цифрові системи відеоспостереження.....	15
1.3 Роль світла в камерах.....	17
1.4 Механічні компоненти камери відеоспостереження.....	23
1.5 Системи моніторингу.....	29
1.5.1 Практичне значення розробки.....	29
1.5.2 Існуючі системи моніторингу.....	30
1.6 Зберігання та обробка даних.....	36
1.7 Висновки.....	38
2 Мова програмування Python.....	39
2.1 Порівняння з іншими мовами.....	39
2.2 Середовище розробки PyCharm.....	40
2.2.1 Порівняння з іншими IDE.....	40
2.2.2 Приклади реальних проєктів.....	42
2.3 Висновки.....	42
3 Методи виявлення руху.....	43
3.1 Метод Motion Detection.....	43
3.2 Метод cvMeanShift.....	46
3.3 Метод cvCamShift.....	48
3.4 Метод YOLO.....	51
3.5 Використання відеоспостереження у різних галузях.....	54
3.6 Тестування програми.....	60

3.7 Охорона праці під час використання проекту.....	65
3.8 Висновки.....	68
Висновки.....	69
Перелік джерел посилання.....	71
Додаток А Текст програми.....	74
Додаток Б Демонстраційний матеріал.....	86

ВСТУП

Сьогодні наука та технології є невід'ємною складовою прогресу суспільства. Однією з провідних сфер є застосування сучасних методів машинного навчання для аналізу даних та автоматизації задач.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого виявлення рухів на основі аналізу відео.

Метою цього проєкту є створення ефективної системи для виявлення руху та класифікації об'єктів, заснованої на використанні новітніх алгоритмів машинного навчання. Основна увага приділяється створенню моделей та алгоритмів, які забезпечують високу точність і швидкодію системи.

Методи дослідження – алгоритми для розпізнавання об'єктів мовою Python, методи обробки сигналів.

Актуальність цієї теми зумовлена зростаючими вимогами до ефективності та надійності систем моніторингу, особливо в таких галузях, як безпека, транспорт і виробництво. Автоматизація процесів, оптимізація ресурсів та підвищення точності аналізу є ключовими аспектами сучасних технологій.

У ході дослідження застосовуються передові методи аналізу й моделювання, включаючи машинне навчання, глибоке навчання, комп'ютерний зір та обробку сигналів. Особлива увага приділяється оцінці ефективності запропонованих підходів та їх порівнянню з наявними рішеннями.

Головною метою роботи є створення дієвої системи виявлення руху та класифікації об'єктів, яка базується на використанні сучасних методів машинного навчання. Основні завдання включають розробку моделей для аналізу даних, навчання алгоритмів на релевантних наборах даних і перевірку функціональності системи в реальних умовах.

1 АНАЛІЗ ТА СУЧАСНИЙ РОЗВИТОК СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

1.1 Історія відеоспостереження

Відеоспостереження відіграє важливу роль у світі безпеки, забезпечуючи надійний моніторинг і захист об'єктів на території. З моменту своєї появи в 1940-х роках. Однією з перших систем відеоспостереження була система, розроблена німецьким інженером Вальтером Брухтом для контролю запуском ракети «Фрау-2». Ця система слугувала для того, щоб оператори на безпечній відстані спостерігали за запуском самої ракети. Камери кріпилися на штативи, забезпечуючи гарний огляд зони запуску. Вони передавали відеосигнал на монітори, де оператори могли бачити, що відбувається під час запуску. Використання камер дозволило зібрати важливі дані про поведінку ракет під час запуску і польоту, що було надзвичайно цінним для вдосконалення технології. Це було великим досягненням для того часу, і такі системи стали основою для подальшого розвитку технологій відеоспостереження. На рисунку 1.1 показано фото полігону та перших систем відеоспостереження.



Рисунок 1.1 – Перша система відеоспостереження

У 1950-х роках відеоспостереження почало знаходити застосування поза військовою сферою. У банках і магазинах камери використовувалися для запобігання злочинам і контролю касових операцій. У Великій Британії вперше було створено відеокамери для моніторингу громадських місць під час великих заходів. Це був перший крок до становлення систем громадської безпеки, які активно застосовуються до сьогодні. На рисунку 1.2 показаний вигляд першої відеокамери.

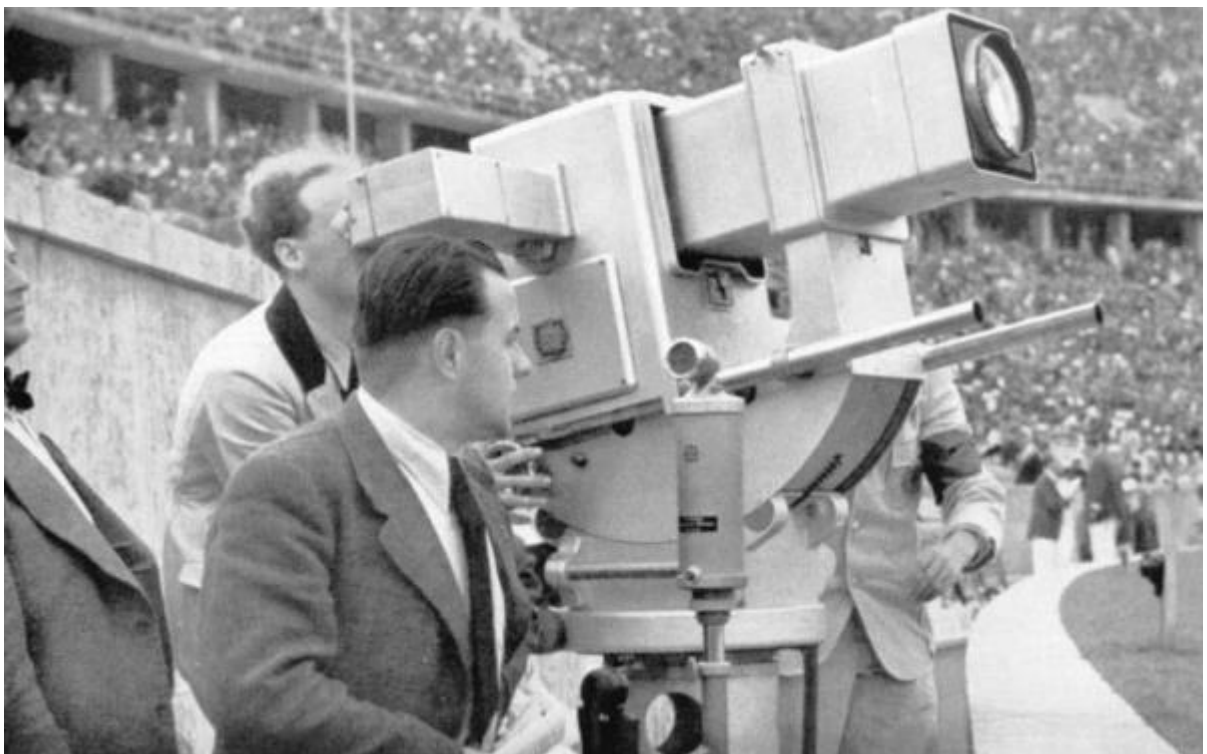


Рисунок 1.2 – Вигляд першої відеокамери

У 1960-х роках системи відеоспостереження стали частиною інфраструктури великих організацій. Використання камер дозволяло контролювати доступ до об'єктів, що значно підвищило рівень безпеки.

У 1970-х роках завдяки розвитку аналогових технологій відеоспостереження стало доступнішим. Камери почали оснащувати функцією запису на магнітні стрічки, що спростило збереження та аналіз даних. Ці системи отримали популярність серед державних установ, банків і

комерційних підприємств. Завдяки широкому застосуванню аналогові камери заклали основу для подальшого вдосконалення відеотехнологій. На рис. 1.3 показаний вигляд камери з функцією запису на магнітну стрічку.

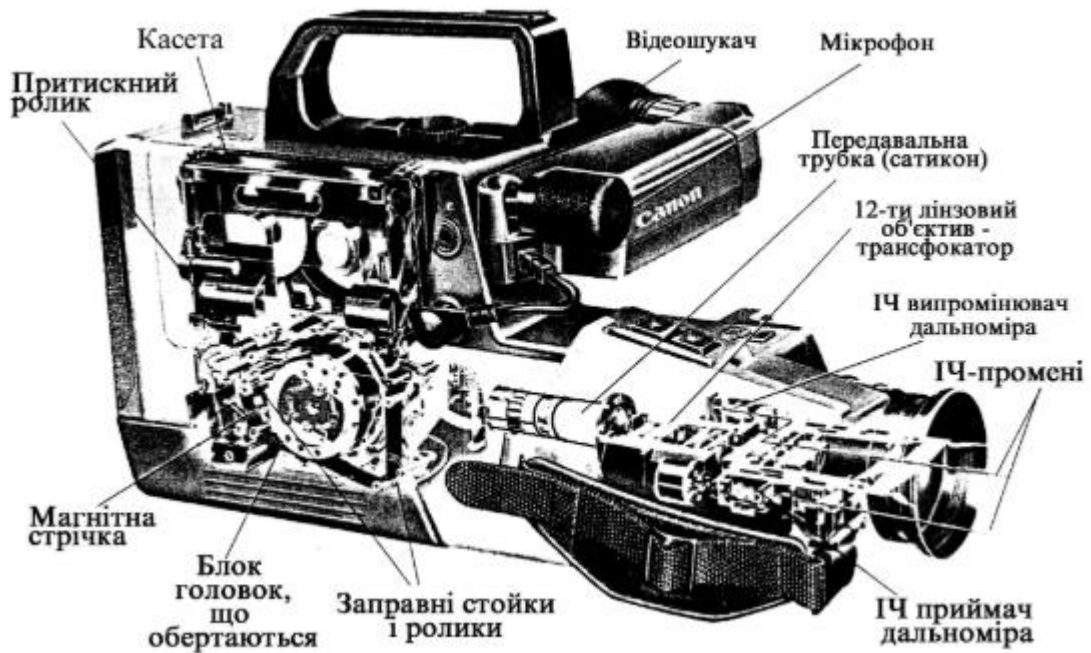


Рисунок 1.3 – Вигляд камери з функцією запису на магнітну стрічку

У 1980-х роках почалася ера цифрових систем відеоспостереження. Камери почали використовувати цифрові сенсори для отримання відеосигналу у високій якості. Це дозволило значно покращити деталізацію зображення та розширити можливості обробки відео. З'явилися перші системи мультиплексування, які дозволяли одночасно записувати відео з кількох камер, що стало революційним досягненням для великих об'єктів.

У 1990-х роках цифрові системи отримали підтримку жорстких дисків для зберігання даних, що забезпечило швидкий доступ до записів. У цей період відеоспостереження стало невід'ємною частиною інфраструктури безпеки багатьох підприємств. На рисунку 1.4 показаний вигляд цифрової камери з жорстким диском.



Рисунок 1.4 – Вигляд цифрової камери з жорстким диском

На початку 2000-х років технології відеоспостереження зробили ще один значний крок уперед завдяки впровадженню IP-камер. Ці пристрої використовують мережеві протоколи для передачі відеосигналу, що забезпечило можливість віддаленого моніторингу через Інтернет. IP-камери мають високу роздільну здатність і дозволяють інтегруватися з іншими системами безпеки. Такі камери використовуються у великих торгових центрах для одночасного моніторингу десятків зон. На рисунку 1.5 показаний вигляд IP-камери.



Рисунок 1.5 – Вигляд IP-камери

Сучасні системи відеоспостереження інтегрують новітні технології, такі як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання та хмарні обслуговування. Камери з ШІ здатні автоматично розпізнати обличчя, ідентифікувати об'єкти та аналізувати поведінку. На транспортних вузлах такі системи використовуються для вивчення підозрілих осіб або залишених предметів. На рисунку 1.6 показаний принцип розпізнавання штучним інтелектом об'єкт.



Рисунок 1.6 – Принцип розпізнавання штучним інтелектом об'єкт

1.2 Порівняння аналогових та цифрових систем відеоспостереження

Кожен із цих підходів має свої особливості, переваги та недоліки. Знання про ці системи є ключем до правильного вибору технологій залежно від потреб і умов використання.

1.2.1 Аналогові системи відеоспостереження

Аналогові системи були першими, які широко використовувалися для моніторингу. Їхня робота базується на передачі відеосигналу у форматі аналогового сигналу через коаксіальний кабель до відеореєстратора або монітора. Якість зображення таких систем обмежена стандартами NTSC або PAL, які мають низьку роздільну здатність порівняно з сучасними цифровими системами. На рисунку 1.7 показана схема підключення аналогової системи.

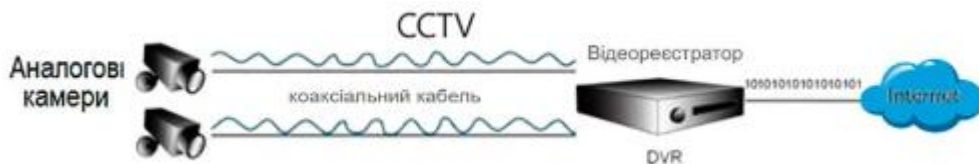


Рисунок 1.7 – Схема підключення аналогової системи

Головною перевагою аналогових систем є їх простота у налаштуванні та експлуатації. Вони є менш витратними у порівнянні з цифровими системами, що робить їх популярними у невеликих організаціях та приватних домоволодіннях. Проте аналогові системи мають обмежену функціональність: вони не підтримують функції віддаленого доступу, інтелектуальної аналітики чи інтеграції з іншими системами. Однак, завдяки технології HD-over-Coaxial (HD-CVI, HD-TVI, AHD), аналогові системи отримали новий поштовх до розвитку. Ці технології дозволяють передавати відео у форматі HD та FULL HD через коаксіальні кабелі, що значно покращує якість зображення.

1.2.2 Цифрові системи відеоспостереження

Цифрові системи базуються на використанні IP-камер, які перетворюють відеосигнал у цифровий формат для його зберігання та передачі через мережу. Вони забезпечують високу роздільну здатність зображення,

підтримуючи формати HD, 4K і 8K. Цифрові системи також надають можливість інтеграції з іншими технологіями, такими як штучний інтелект, машинне навчання та аналітика. На рисунку 1.8 показана схема підключення цифрової системи відеоспостереження.



Рисунок 1.8 – Схема підключення цифрової системи відеоспостереження

Однією з головних переваг цифрових систем є їхня гнучкість. IP-камери можуть бути підключені до локальних або глобальних мереж, забезпечуючи віддалений доступ через Інтернет. Це дозволяє користувачам переглядати відео в реальному часі або отримувати доступ до архіву з будь-якої точки світу. Крім того, цифрові системи підтримують функції розпізнавання облич, об'єктів та номерних знаків, що робить їх ідеальними для використання у великих системах безпеки. Недоліком цифрових систем є їхня висока вартість порівняно з аналоговими. Вони також потребують більшої пропускної здатності мережі та спеціалізованого обладнання для зберігання даних, таких як NAS або сервери з великими обсягом пам'яті. Крім того,

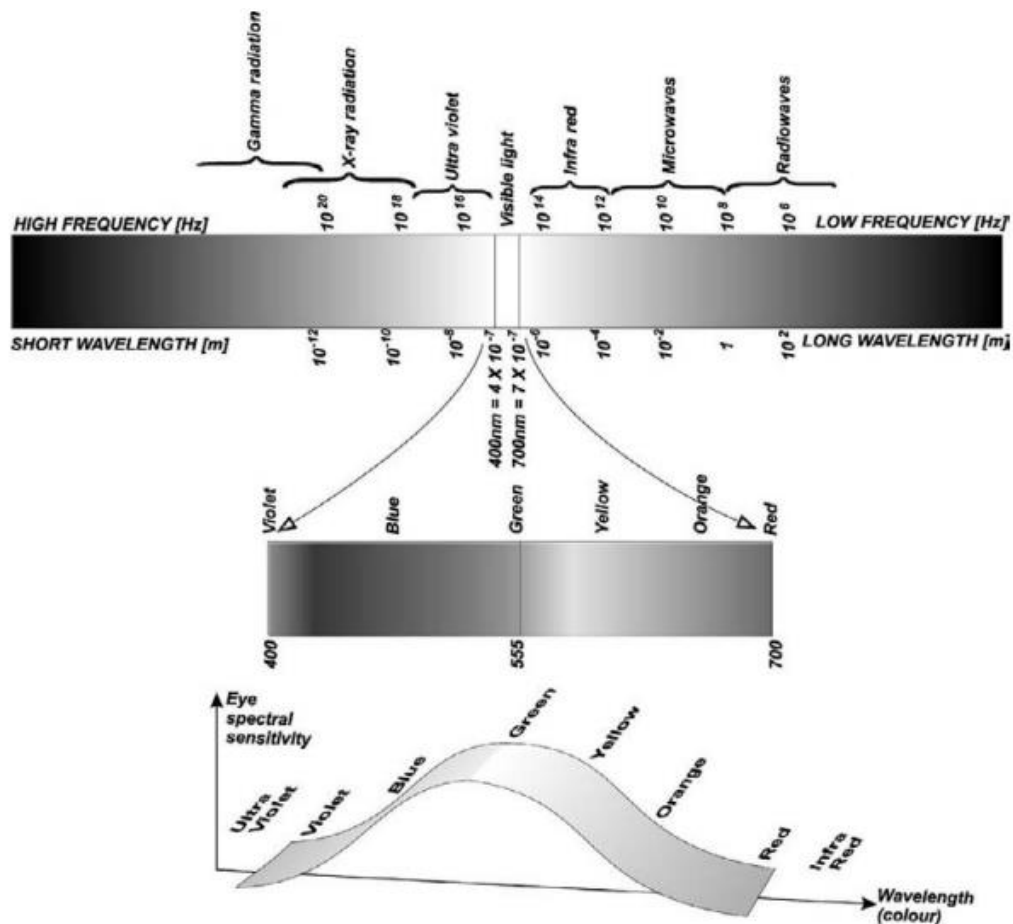
складність налаштування та обслуговування може вимагати участі кваліфікованих спеціалістів.

Основна різниця між аналоговими та цифровими системами полягає у способі передачі даних. Аналогові системи передають дані у вигляді безперервного сигналу, тоді як цифрові працюють із дискретними даними. Це впливає на якість зображення, функціональність та масштабованість систем. Аналогові системи є оптимальними для невеликих об'єктів, де не потрібна висока роздільна здатність або складна аналітика. Вони простіші у використанні та дешевші, що робить їх привабливим варіантом для малого бізнесу чи домашнього використання. Цифрові системи ідеально підходять для великих підприємств, інфраструктурних об'єктів або міських систем безпеки, де важлива висока якість зображення, функції інтелектуального аналізу та інтеграція з іншими системами. Хоча початкові витрати на впровадження цифрових систем є високими, їх гнучкість і функціональність компенсують ці витрати у довгостроковій перспективі.

1.3 Роль світла в камерах

Світло є основою для всіх сучасних технологій візуальної комунікації, таких як фотографії, кінематографія, телебачення та система відеоспостереження. Розуміння властивосте світла є критично важливим для ефективного функціонування камер та обробки відеосигналу. Воно має хвильову та корпускулярну природу. Хвильові властивості, такі як відбиття і заломлення, широко використовуються у системах оптичних лінз. Корпускулярна природа світла відкрита Генріхом Герцем та пояснена Ейнштейном, відіграє ключову роль у роботі світлочутливих сенсорів камер. Хвильова природа дозволяє зрозуміти явища рефlekтації, інтеграції та дифракції, тоді як корпускулярна пояснює фотоелектричний ефект – ключовою для функціонування CCD і CMOS сенсорів.

Світло – це електромагнітне випромінювання. Людське око може реагувати на це випромінювання та розрізняти частоти, які сприймаються оком як колір. Подивіться на рис. 1.9 електромагнітне випромінювання включає всі частоти або довжини хвиль. Видимий світ займає лише невелике «вікно» цього діапазону. Це вікно лежить у діапазоні від 380 нм до 780 нм. Щоб легше було запам'ятати, ми приблизно візьмемо межі діапазону рівними 400 нм і 700 нм. 400 нм відповідає фіолетовому кольору, а 700 нм – червоному. У міру збільшення довжини хвилі колір безперервно переходить від фіолетового до блакитного, зеленого, жовтого, помаранчевого та червоного. Для визначення середньої чутливості людського ока була зроблена безліч експериментів і тестів, і, як видно з малюнка, не всі кольори мають однаковий вплив на сітківку ока [21].



The electromagnetic spectrum and human's eye sensitivity

Рисунок 1.9 – Електромагнітний спектр та чутливість людського ока

Око найбільш чутливе до зеленого кольору. Іншими словами, якщо зібрати всі довжини хвиль з рівною енергією, то зелений матиме найбільший вихід на сітківці. Частоти вище фіолетового (довжини хвиль коротше 400 нм) і нижче червоного (довжини понад 700 нм) не сприймаються середнім людським оком. Я наголошую тут на «середньому», тому що чутливість людського ока — це статистична величина. Є люди з «колірною сліпотою», спектральна чутливість якої відрізняється (зазвичай вже) від показаної на малюнку. Деякі люди з «колірною сліпотою» не бачать червоного кольору, інші не розрізняють блакитний. Натреноване професійне око художника чи фотографа може розвинути дуже високу чутливість, розрізняючи такі частоти (кольори), які іншим можуть бути однаковими. Деякі можуть навіть вийти за мінімальну і максимальну межу частот, що сприймаються, тобто розрізнити темно-фіолетовий або червоний колір, невидимий для інших індивідів [21].

Хвильова природа світла визначає дизайн лінз камер, тоді як корпускулярна природа є основою роботи сенсорів, які перетворюють світлові фотони у електронні сигнали. Лінзи дозволяють фокусувати світло на сенсор, забезпечуючи формування чіткого зображення. Знання про світло також важливі для обробки зображень та відео в реальному часі.

На рисунку 1.10 показано аналогію людського ока та камери.

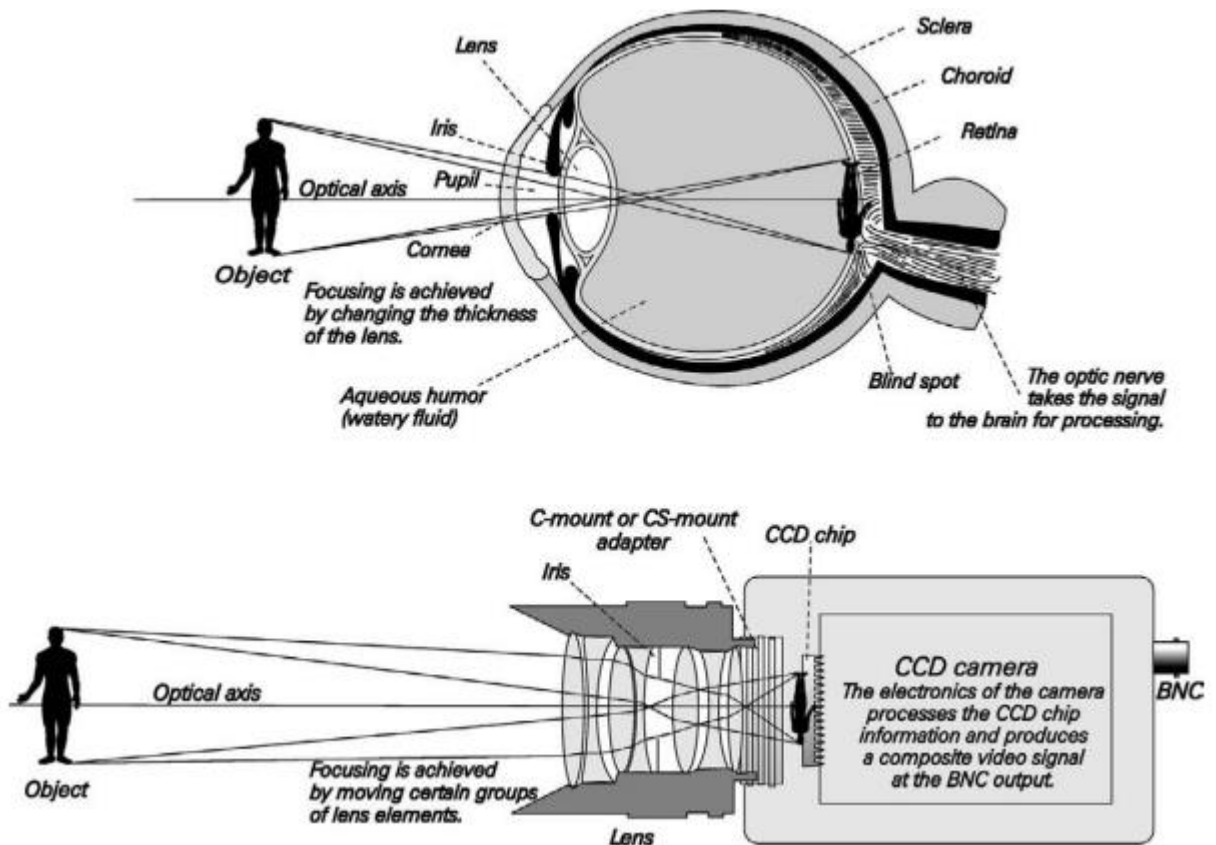


Рисунок 1.10 – Аналогія людського ока та камери

Різні підходи до визначення одиниць вимірювання світла, що застосовувалися вченими у різні епохи, часто ускладнюють аналіз характеристик камер відеоспостереження. Для кращого розуміння розглянемо основні світові величини, починаючи з їх джерел, поширення у просторі та впливу на об'єкти, і закінчуючи відбиттям світла.

Інтенсивність світла (I) описує випромінювану енергію джерела у всіх напрямках. Одиниця вимірювання цієї величини – кандела (кд). Спочатку ця одиниця визначалась як еквівалентна світлу, який випромінює свічка. У 1948 році визначення було уточнене: кандела стала означати силу світла, що випромінюється чорним тілом при температурі, з якої платина переходить з рідкого у твердий стан.

Світловий потік (F) – кількість світлової енергії, що передається у певному тілесному куті. Одиницею вимірювання світлового потоку є люмен (лм). Один люмен дорівнює світловому потоку, випроміненому джерелом із

силою світла 1 кандела у куті в 1 стерадіан. Таким чином, потік розраховується, враховуючи як силу світла, так і тілесний кут випромінювання.

Чутливість людського ока до різних кольорів впливає на світловій потік. Наприклад, зелений колір із довжиною хвилі 555 нм і потужністю 1 ват створює приблизно 680 люменів. Інші довжини хвиль дають менший потік, навіть за тієї ж потужності, через специфіку сприйняття кольорів людським оком.

Освітленість (E) є ключовою характеристикою у сфері відеоспостереження, особливо під час оцінки мінімального рівня освітленості, необхідного для роботи камер. Ця величина визначається як світловий потік, що падає на одиницю площі поверхні. Одиницею вимірювання є люкс (лк) – 1 люкс дорівнює світловому потоку в 1 люмен на квадратній метр. Якщо джерело світла з інтенсивністю 1 кандела знаходиться у центрі сфери радіусом 1 метр, освітленість внутрішньої поверхні сфери дорівнюватиме 1 люксу. Це співвідношення виражається формулою:

$$E = \frac{F}{A}, \quad (1.1)$$

де E – освітленість, F – світловий потік, A – площа поверхні.

Світловий потік визначається як добуток сили світла на тілесний кут, в якому цей потік поширюється:

$$F = I \times \omega, \quad (1.2)$$

де I – світловий потік, ω - тілесний кут.

Якщо джерело світла є точковим, то для визначення тілесного кута можна використати формули сферичної геометрії. Тілесний кут можна

обчислити через площу освітлюваної поверхні та відстань від джерела до цієї поверхні:

$$\omega = \frac{A}{d^2}, \quad (1.3)$$

де A - площа освітлюваної поверхні, d – відстань до цієї поверхні.

Підставивши (1.2), (1.3) в (1.1) отримуємо:

$$E = \frac{I}{d^2} \quad (1.4)$$

Якщо освітлювана поверхня знаходиться під певним кутом до напрямку падаючого світла, ефективну площу, на яку падає світловий потік, можна оцінити через проекцію. У цьому випадку формула для освітленості змінюється:

$$E = I \times \cos \frac{\theta}{d^2} \quad (1.5)$$

На рисунку 1.11 показана схема площі під певним кутом.

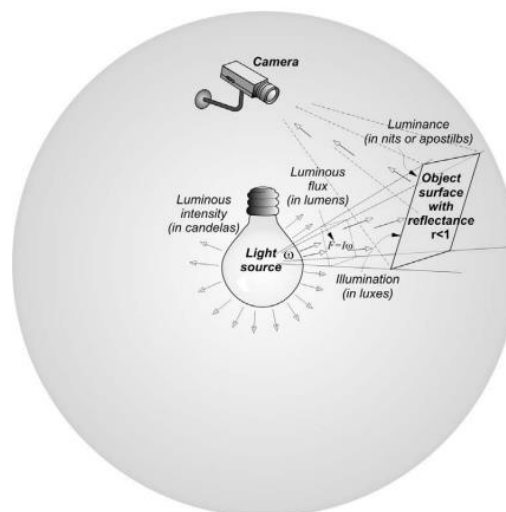


Рисунок 1.11 – Схема площі під певним кутом

1.4 Механічні компоненти камери відеоспостереження

Камери є складними пристроями, які поєднують електронні та механічні компоненти для забезпечення стабільності та надійної роботи. Механічна частина відповідає за захист, стабільність і точність роботи всіх елементів.

Корпус камери: є першим і найважливішим шаром захисту камери. Він виконує кілька функцій: запобігання потраплянню пилу, вологи і інших зовнішніх факторів, а також забезпечення стійкості до механічних пошкоджень. Корпусу можуть виготовлятися з пластику, алюмінію або нержавіючої, залежно від умов експлуатації. Наприклад, камери для зовнішнього використання часто мають герметичні корпуси, що відповідають стандартам IP66 або IP67, забезпечуючи водонепроникність та захист від пилу. Крім того, вандалостійкі корпуси, виготовлені з посилених матеріалів, використовуються в місцях з високим ризиком фізичних пошкоджень.

Внутрішні компоненти камери: Камера відеоспостереження має складну внутрішню структуру, що забезпечує її функціональність і продуктивність. Материнська плата є основою, яка об'єднує всі електронні елементи. На ній розташовані процесор обробки зображення (IPS), модулі пам'яті та комунікаційні інтереси. Сучасні IP-камери оснащені мережевими модулями, які підтримують протоколи Ethernet і PoE (живлення через мережу), що спрощує інсталяцію та підключення.

Сенсор зображення відповідає за перетворення світлових сигналів у електричні. Найпоширенішими є CMOS-сенсори, які забезпечують високу швидкість роботи та енергоефективність. Альтернативою є CCD-сенсори, що забезпечують високу якість зображення при низькому освітленні. Наприклад, сенсори Sony Exmor широко використовується в преміальних камерах завдяки їхній здатності забезпечувати деталізовані зображення.

Оптика є ключовим компонентом у системах відеоспостереження, адже саме вона визначає якість зображення, що передається на сенсор камери. Одним із важливих фізичних явищ, що лежить в основі роботи оптичних систем, є переломлення світла. Коли світло переходить із одного середовища в до іншого, наприклад, із повітря у скло, його швидкість змінюється. Це спричиняє зміну напрямку світлових променів. Заломлення дозволяє лінзам фокусувати світло, спрямовуючи його на сенсор камери. Завдяки цьому явищу можна формувати чітке зображення з мінімальними оптичними спотвореннями. Процес заломлення описується законом Снеліуса, згідно з яким співвідношення синусів кутів падіння і заломлення пропорційне відношенню показників заломлення двох середовищ. Цей принцип використовується при розробці для забезпечення оптимального фокусування світла. Заломлення також важливе для корекцій аберацій, таких як хроматична аберация, яка спричиняє появу кольорових спотворень на краях зображення. На рисунку 1.12 зображено рефракцію світла та закон Снеліуса.

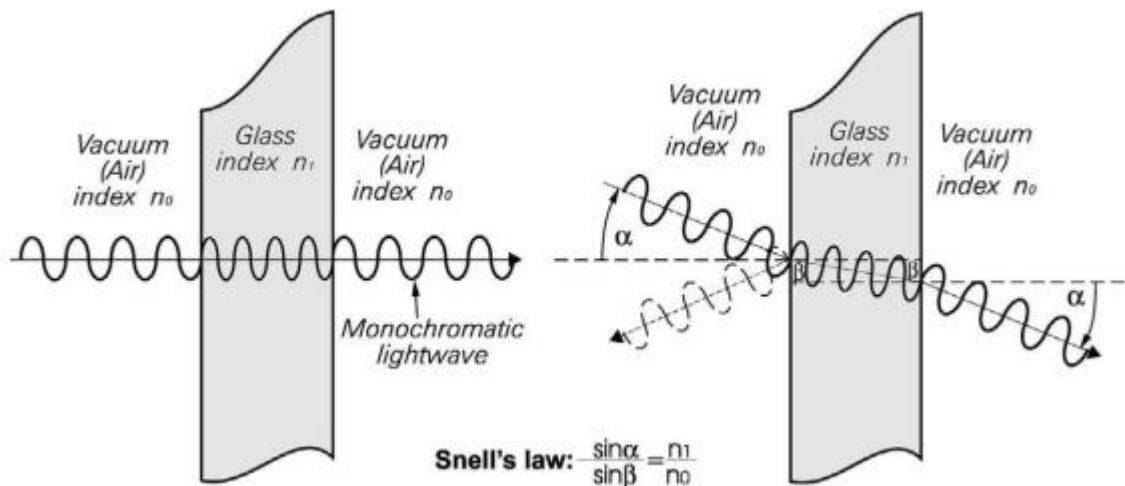


Рисунок 1.12 – Рефракція світла та закон Снеліуса

Лінзи є центральною частиною об'єктивів камер. Вони створені для збору і спрямування світлових хвиль на площину сенсора. Сучасні лінзи

можуть бути виготовлені з декількох шарів скла з різними показниками заломлення, що дозволяє мінімізувати спотворення зображення. Асферичні лінзи, які мають складніші поверхні, забезпечують ще більшу точність фокусування і чіткість деталей. Особливу роль в оптиці відіграють ширококутні лінзи, які забезпечують великий кут огляду. Вони підходять для моніторингу великих площ, таких як склади чи парковки, де необхідно охопити велику територію однією камерою. Проте через широкий кут огляду ці лінзи можуть мати обмеження у деталізації об'єктів на значній відстані. У таких випадках застосовуються телеоб'єктиви, які дозволяють фокусуватися на об'єктах, що знаходяться далеко від камери. Телеоб'єктиви часто використовуються для детального спостереження за рухомими об'єктами або розпізнавання номерних знаків автомобілів.

Види лінз: лінзи типу «риб'яче око» створюють панорамні зображення з кутом огляду до 180 градусів. Вони ідеально підходять для ситуацій, коли потрібен повний контроль сцени. Наприклад, у великих приміщеннях або для моніторингу громадських приміщень. Однак, через характерну кривизну зображення, ці лінзи можуть створювати викривлення, що слід враховувати під час їх використання. На рисунку 1.13 показаний вигляд лінзи типу «риб'яче око».



Рисунок 1.13 – Лінзи типу «риб'яче око»

Інфрачервоні лінзи є важливими для забезпечення якісного відеоспостереження в умовах низького освітлення або в повній темряві. Вони оптимізовані для роботи в інфрачервоному спектрі, який невидимий для людського ока, але чутливий для сенсорів камери. Завдяки цьому інфрачервоні лінзи дозволяють отримувати чітке зображення навіть у найскладніших умовах освітлення. На рисунку 1.14 показаний вигляд інфрачервоної лінзи.



Рисунок 1.14 – Інфрачервоні лінзи

Особливу гнучкість у налаштуванні забезпечують варіофокальні лінзи, які дозволяють змінювати фокусну відстань залежно від завдань моніторингу. Ці лінзи широко використовуються у ситуаціях, де потрібно змінювати масштабування або адаптувати кут огляду до нових умов спостереження. На рисунку 1.15 показаний вигляд варіофокальної лінзи.



Рисунок 1.15 – Варіофокальна лінза

Асферичні лінзи, які мають складну геометрію поверхонь, мінімізують спотворення зображення та забезпечують рівномірну чіткість по всьому полю кадру. Вони особливо корисні для високоточних камер, де кожна деталь має значення. Такі лінзи також використовуються у системах, які потребують максимальної якості зображення за складних умов. На рисунку 1.16 показаний вигляд асферичної лінзи.

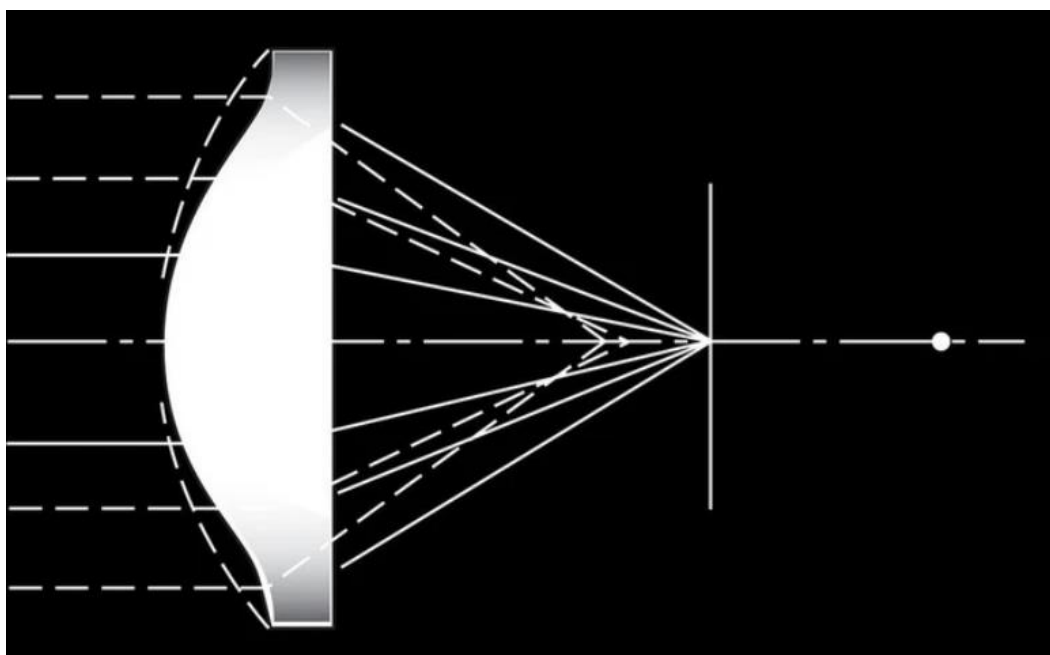


Рисунок 1.16 – Асферична лінза

Сучасні інновації в оптичних системах включають адаптивні лінзи, які можуть змінювати свою форму залежно від умов освітлення, покращуючи якість зображення. Багатошарові антиблікові покриття допомагають зменшити відбиття світла та покращують контрастність, що особливо важливо для зйомки при яскравому сонячному світлі або вночі. Також активно використовується змінні фільтри, які дозволяють блокувати певні дожини хвиль, такі як ультрафіолетове чи інфрачервоне світло, для забезпечення більшої точності кольорів.

Інфрачервоні фільтри (ІЧ-фільтри) автоматично перемикаються залежно від умов освітлення. У денний час вони блокують інфрачервоні хвилі для збереження природності кольорів, а вночі забезпечують чітке зображення в інфрачервоному спектрі.

Стабільна робота внутрішніх компонентів потребує ефективного відведення тепла. Для цього використовуються пасивні радіатори або активні вентилятори. Камери, що працюють у спекотних кліматичних умовах, оснащуються додатковими системами терморегуляції, які підтримують оптимальну температуру навіть при інтенсивному використанні.

Камери PTZ (plan-tilt-zoom) мають інтегровані механізми, які дозволяють змінювати напрямок огляду та масштабування. Ці механізми приводяться в дію двигуни, які забезпечують плавний і точний рух. Вони використовуються в системах моніторингу стадіонів або транспортних вузлів, де необхідно швидко змінювати ракурс спостереження.

Захистні елементи, такі як козирки, запобігають потраплянню води або сонячного світла на об'єктив, що особливо важливо для зовнішніх камер. Деякі камери оснащуються антивандальними кожухами, які захищають пристрій від ударів або спроб пошкодження.

Система прокладки кабелів передбачає наявність спеціальних каналів, що дозволяють сховати дроти всередині корпусу. Це забезпечує як естетику, так і додатковий захист від фізичних пошкоджень або зовнішніх впливів.

1.5 Системи моніторингу

1.5.1 Практичне значення розробки

Надзвичайно широке практичне застосування, яке охоплює різні аспекти діяльності підприємств має запровадження автоматизованої системи моніторингу переміщень персоналу.

Підвищення рівня безпеки: автоматизовані системи моніторингу дозволяють виявляти несанкціоновані переміщення, які провокують крадіжки, промислові шпигунства та аварійні ситуації. Завдяки інтеграції камер відеоспостереження з алгоритмами штучного інтелекту можна оперативно реагувати на підозрілу поведінку, зберігаючи записи для подальшого аналізу.

Оптимізація робочих процесів: зниження затримок у виробничих процесах, підвищення продуктивності та оптимізації використання ресурсів забезпечується системами моніторингу, які фіксують точний облік переміщень працівників, що дозволяє аналізувати їхню зайнятість, ефективність використання часу та логістику [5].

Забезпечення дотримання стандартів охорони праці: автоматизовані системи моніторингу можуть відстежувати наявність працівників у небезпечних зонах, перевіряти використання засобів індивідуального захисту та фіксувати потенційно небезпечні дії, які являється критично важливими з точки зору дотримання норм охорони праці. До таких галузей відноситься будівництво, енергетика або хімічна промисловість.

Контроль фізичного стану працівників: сучасні системи дозволяють виявляти перевантаження або стан працівників, що вимагає відпочинку, і вчасно вживати заходів для запобігання травмам чи вигоранню шляхом інтегрування з носимими пристроями, які вимірюють пульс, рівень стресу або показники активності.

Економія ресурсів та зниження витрат: автоматизація моніторингу допомагає скоротити витрати на оплату праці охоронців, а також зменшує кількість помилок, які можуть виникнути через людський фактор, а також аналіз зібраних даних дозволяє прогнозувати потреби у ресурсах, що сприяє ефективнішому плануванню [8].

Підвищення прозорості та підзвітності: дані, зібрані автоматизованими системами, можуть використовуватися для формування звітності, аналізу KPI персоналу та розробки рекомендацій для покращення роботи підприємства [18].

Таким чином, впровадження сучасних систем моніторингу дозволяє покращити рівень контролю, підвищити ефективність роботи підприємства та створити комфортні умови для працівників, забезпечуючи баланс між безпекою та продуктивністю.

1.5.2 Існуючі системи моніторингу

RFID системи: Однією з найпопулярніших технологій для моніторингу переміщень персоналу являється RFID (Radio-Frequency Identification) технологія, яка використовує радіочастотні мітки, які прикріплюються до об'єктів або носяться працівниками. Зчитувачі, розташовані у різних зонах виробничого

приміщення, фіксують сигнали від цих міток, що дозволяє визначити місцезнаходження персоналу в реальному часі.

RFID системи мають високу точність та швидкість відстеження, можливість моніторингу у режимі реального часу, а також зручність використання. Але вони являються дорогавартісними у встановленні та обслуговуванні, оскільки потребують спеціалізованих зчитувачів та міток, а також можуть втрачати сигнал у разі наявності перешкод у приміщенні.

На рис. 1.17 показаний приклад RFID системи.

Прохід за RFID картами



Рисунок 1.17 – RFID системи

Основні компоненти RFID систем включають радіочастотні мітки, які можуть бути активними або пасивними, та зчитувачі, які фіксують сигнали від міток. Активні мітки містять вбудоване джерело живлення і можуть передавати сигнал на великі відстані, тоді як пасивні мітки не мають власного джерела живлення і використовують енергію сигналу від зчитувача для передачі даних. Зчитувачі переважно розташовуються на входах і виходах зон або у ключових точках виробничого приміщення для забезпечення повного покриття.

Існує декілька типів RFID систем:

- системи високочастотної (HF);
- ультрависокочастотної (UHF) ідентифікації.

HF системи в порівнянні з системи UHF мають короткий діапазон дії, але забезпечують кращу точність у середовищах з великою кількістю металевих або водних перешкод. UHF системи в порівнянні з системи HF

забезпечують значно більший діапазон дії, але можуть бути більш чутливими до зовнішніх факторів.

У реальному світі RFID системи застосовуються у різних галузях:

- у логістиці вони використовуються для відстеження вантажів;
- у роздрібній торгівлі - для управління запасами;
- у виробництві - для моніторингу переміщень обладнання та персоналу;
- у сфері охорони здоров'я допомагають відстежувати медичні пристрої та пацієнтів, що підвищує безпеку та ефективність лікувального процесу.

Відеоспостереження: популярною технологією для моніторингу переміщень персоналу відеоспостереження. Для відеоспостереження камери встановлюються у ключових точках виробничого приміщення і передають відеопотоки, які аналізуються для виявлення руху та переміщень.

Основною перевагою систем відеоспостереження являється візуалізація, яка дозволяє не лише фіксувати переміщення, але і здійснювати аналіз поведінки працівників, що являється корисним для запобігання аварійних ситуацій та покращення умов праці. Відеоспостереження також дозволяє здійснювати ретроспективний аналіз подій, що є важливим для розслідування інцидентів та вивчення поведінки працівників для подальшої оптимізації виробничих процесів.

На рис. 1.18 показаний приклад відеоспостереження.



Рисунок 1.18 – Системи відеоспостереження

Основними компонентами систем відеоспостереження є камери, рекордери та програмне забезпечення для аналізу відеопотоків.

Камери можуть бути як аналоговими так і цифровими. Вони можуть мати різні рівні роздільної здатності та різні функції, такі як нічне бачення або панорамування.

Рекордери в залежності від потреб підприємства мають різний обсяг пам'яті і використовуються для зберігання відеопотоків.

Програмне забезпечення для аналізу відеопотоків дозволяє автоматизувати процес виявлення руху, розпізнавання обличчя та інших важливих подій.

Сучасні системи відеоспостереження для підвищення точності та ефективності моніторингу використовують технології машинного навчання та штучного інтелекту. Наприклад, алгоритми розпізнавання обличчя можуть автоматично ідентифікувати працівників і відстежувати їх переміщення по виробничому приміщенню, що дозволяє покращити контроль доступу до різних зон та оперативно реагувати на небезпечні ситуації.

Кейси з реального світу включають використання відеоспостереження на великих виробничих підприємствах для моніторингу безпеки персоналу та обладнання, наприклад:

- у автомобільній промисловості відеоспостереження використовується для контролю якості продукції та запобігання виробничим дефектам;

- у сфері охорони здоров'я камери спостереження встановлюються у лікарнях та медичних центрах для забезпечення безпеки пацієнтів та медичного персоналу, а також для контролю використання медичного обладнання;

- у роздрібній торгівлі для запобігання крадіжок, управління потоками клієнтів та відстеження їх поведінки, поліпшення розташування товарів у магазинах, підвищення ефективності маркетингових кампаній та оптимізації роботи персоналу, що дозволяє виявляти підозрілу активність та оперативно реагувати на можливі правопорушення.

Аналіз даних з носимих пристроїв: смарт-годинники та фітнес-трекери, які являються носими пристроями також можуть використовуватися і для моніторингу переміщень персоналу. Вони збирають дані про фізичну активність та місцезнаходження працівників, які потім аналізуються для визначення їх переміщень та стану здоров'я.

На рис. 1.19 показані приклади носимих пристроїв.



Рисунок 1.19 – Приклад носимих пристроїв

Переваги цієї технології включають можливість збору детальних даних про фізичний стан працівників, що сприяє запобіганню травм та підвищує ефективності роботи. Однак, існують і обмеження, такі як необхідність добровільного носіння пристроїв працівниками, можливість збирання лише обмеженої кількості даних, а також питання конфіденційності та безпеки даних.

Основними компонентами носимих пристроїв являються датчики, які вимірюють різні параметри фізичної активності: кількість кроків, серцевий ритм, рівень фізичної активності та інші показники. Ці дані передаються на сервери для подальшого аналізу. Використання носимих пристроїв дозволяє не тільки відстежувати переміщення працівників, але й моніторити їх фізичний стан у реальному часі.

Носимі пристрої можуть також використовуватися для відстеження стану здоров'я працівників для запобігання травмам та захворюванням на робочому місці. Наприклад, аналіз даних про серцевий ритм та рівень активності може вказати на надмірне навантаження або стрес, що дозволяє вжити превентивних заходів для покращення умов праці, що являється особливо корисним у важких виробничих умовах, де ризик отримання травм або перевантаження є високим.

Також слід звернути увагу, що носимі пристрої можливо інтегрувати з іншими системами моніторингу для забезпечення більш комплексного підходу до безпеки та ефективності на виробництві. Наприклад, дані з носимих пристроїв можуть бути використані для контролю доступу до різних зон виробничого приміщення або для автоматичного регулювання робочих процесів у залежності від фізичного стану працівників.

1.6 Зберігання та обробка даних

Зберігання та обробка даних відіграють ключову роль у сучасних системах відеоспостереження. Оскільки обсяг відеозаписів постійно зростає через підвищення роздільної здатності камер і збільшення тривалості записів, розробка ефективних рішень для їх зберігання та обробки є критично важливою. Хмарні платформи, локальні сховища та алгоритми стиснення відео забезпечують баланс між продуктивністю, доступністю й економічністю.

Сучасні хмари рішення відкривають нові можливості для зберігання великих обсягів відео. Використання хмарних платформ дозволяє зберігати дані на віддалених серверах із доступом через Інтернет. Такі сервіси, як Amazon Web Services, Google Cloud і Microsoft Azure, забезпечують масштабованість, високу доступність і надійний захист даних завдяки

шифруванню. Вони також дозволяють інтегруватися з аналітичними системами, що значно розширює можливість відеоспостереження. Хмарні системи дозволяють проводити аналіз відео в реальному часі та швидко знаходити потрібні записи, що особливо актуально для великих організацій.

Локальні системи зберігання, такі як Network Attached Storage або сервери, залишаються популярними через свою незалежність від Інтернету та можливість повного контролю над даними. Вони дозволяють зберігати дані на місці, що забезпечує швидкий доступ до записів і високу швидкість обробки. Сервери великих компаній, таких як Synology і Dell EMC, часто використовуються у великих системах відеоспостереження. Водночас локальні системи мають свої обмеження, зокрема обмежений обсяг пам'яті та ризик втрати даних через фізичні пошкодження обладнання. Тому комбіновані рішення, які поєднують локальне та хмарне зберігання, стають дедалі популярнішими. На рисунку 1.20 зображено вигляд сервера.



Рисунок 1.20 – Вигляд Сервера

Ефективне стиснення відео є ключовим фактором для зменшення обсягу даних і оптимізації використання пам'яті. Алгоритми стиснення, такі як H.264, H.265 (HEVC) і AV1, стали стандартом у сфері відеоспостереження. H.264 забезпечує оптимальний баланс між якістю зображення та розмірами файлів, тоді як H.265 дозволяє зменшити обсяг даних до 50% порівняно з H.264, що є вживим для відео у форматі 4K або 8K. Новий стандарт AV1

забезпечує ще більшу ефективність і стає популярним у потокових системах і хмарних рішеннях. Стиснення також дозволяє зменшити навантаження на мережу, забезпечуючи швидку передачу даних у реальному часі.

Зберігання великих обсягів відео пов'язане із викликами в галузі конфіденційності та безпеки даних. Відеозаписи можуть містити чутливу інформацію, тому їх захист є пріоритетним. Використання сучасних методів шифрування забезпечує безпеку даних під час передачі й зберігання. Системи аутентифікації та контролю доступу дозволяють обмежити перегляд записів лише авторизованими користувачами. Дворівнева аутентифікація або використання біометричних даних для доступу до архівів значно підвищують рівень безпеки. Резервне копіювання є ще одним важливим інструментом для уникнення втрати даних через технічні збої або фізичні пошкодження обладнання.

1.7 Висновки

Аналіз існуючих систем моніторингу показав, що за останні десятиліття відбувся значний розвиток технологій відеоспостереження. Аналогові системи, які раніше були основним засобом спостереження, мають низку обмежень, таких як низька якість зображення, обмежена можливість збереження записів та складність інтеграції з іншими системами безпеки. Цифрові системи, навпаки, пропонують високу роздільну здатність, можливість застосування алгоритмів обробки зображень та інтеграцію зі штучним інтелектом. Особливо важливим аспектом для систем моніторингу є якість освітлення у приміщеннях, оскільки саме воно безпосередньо впливає на точність розпізнавання об'єктів. Загалом, розвиток цифрових технологій дозволяє значно підвищити ефективність відеоспостереження, що робить такі системи незамінними в сучасних умовах.

2 МОВА ПРОГРАМУВАННЯ PYTHON

Завдяки своїй простоті, читабельності та широкій спільноті розробників Python став однією з найпопулярніших мов програмування, що робить його ідеальним для швидкої розробки та тестування прототипів, а також для створення складних проектів [2].

Такі компанії, як Google, Facebook, Instagram та Spotify використовують Python у своїх розробках. Google використовує Python для багатьох своїх внутрішніх систем та для розробки сторонніх інструментів. Facebook використовує Python для аналізу даних та машинного навчання. Instagram використовує Python для серверної частини своєї платформи, що дозволяє обробляти мільйони користувачів щодня. Spotify використовує Python для аналізу та рекомендацій музики.

Завдяки своїм потужним бібліотекам для обробки даних та машинного навчання Python також використовується в багатьох наукових дослідженнях:

- у геноміці: Python використовується для аналізу ДНК-послідовностей;
- у фізиці: для моделювання складних фізичних процесів;
- у економіці: для аналізу фінансових ринків.

Це робить Python універсальним інструментом для різних галузей науки та техніки [14].

2.1 Порівняння з іншими мовами

Python має кілька переваг перед іншими мовами програмування, такими як C++, Java або JavaScript.

По-перше, Python являється інтерпретованою мовою тому, що програми написані на Python не потребують компіляції перед виконанням. Це дозволяє швидко писати та тестувати код.

По-друге, Python має високу читабельність та простоту синтаксису, що робить його ідеальним для новачків та дозволяє досвідченим розробникам ефективно працювати під час розроблення складних проєктів.

Python також має велику кількість бібліотек та фреймворків для різних завдань, включаючи обробку даних, машинне навчання, веб-розробку та багато іншого [15].

Бібліотека Pandas дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних, а TensorFlow та scikit-learn - з машинним навчанням, що робить Python універсальним інструментом для різних галузей та завдань [7].

У порівнянні з C++, Python має простіший синтаксис і менший обсяг коду для виконання тих же завдань, що дозволяє зменшити час розробки та знизити кількість помилок у коді. Хоча C++ може бути швидшим у виконанні, Python забезпечує швидкість розробки та легкість обслуговування коду.

На відміну від Java, яка являється популярною мовою для веб-розробки, Python має простіший синтаксис і ширшу підтримку різних фреймворків, що дозволяє швидше реалізовувати проєкти. Також JavaScript має такого широкого спектру бібліотек для машинного навчання та обробки даних, як Python.

2.2 Середовище розробки PyCharm

2.2.1 Порівняння з іншими IDE

Одним із найпопулярніших інтегрованих середовищ розробки (IDE) для Python є PyCharm. Але існують й інші варіанти, які користуються широким попитом серед розробників, зокрема Visual Studio Code, Jupyter Notebook та Spyder.

Visual Studio Code є легким та потужним середовищем розробки, що підтримує велику кількість мов програмування і має широкий набір

розширень для Python, але для досягнення функціональності PyCharm може вимагати додаткового налаштування [16].

На рис. 2.1 показаний інтерфейс PyCharm.

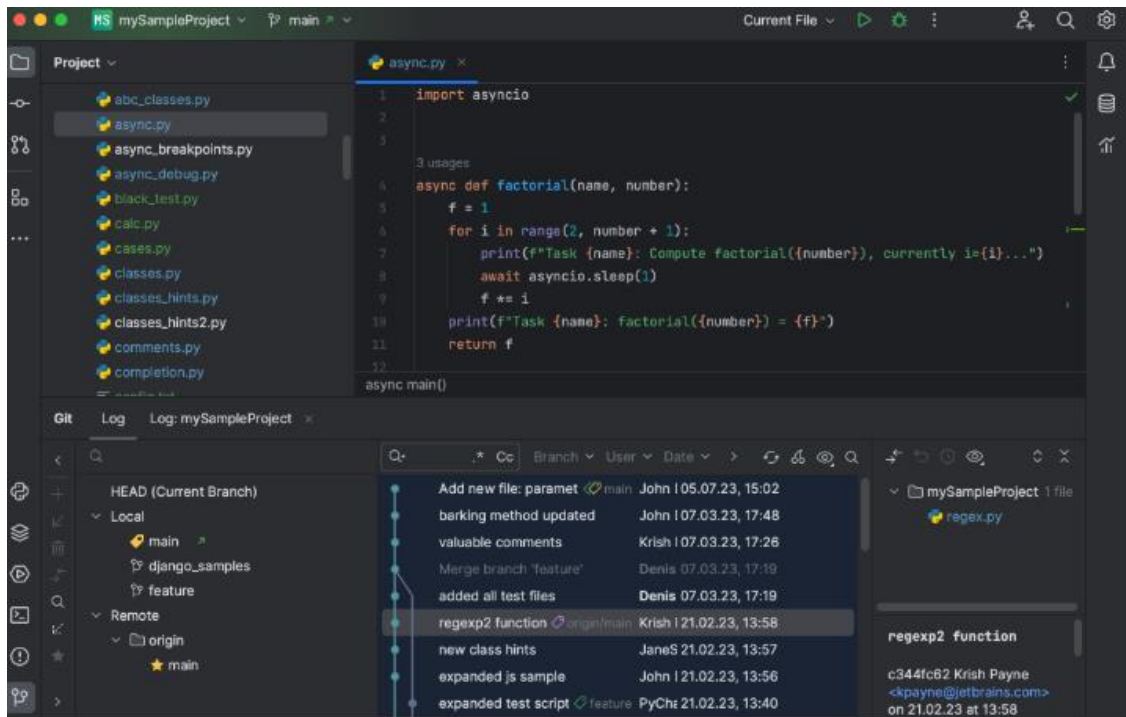


Рисунок 2.1 – Інтерфейс PyCharm

Jupyter Notebook часто обирають для наукових досліджень і аналізу даних тому, що це середовище дозволяє створювати інтерактивні документи, які містять код, текст, візуалізації та математичні рівняння. Проте його зручність зменшується, коли мова йде про розробку великих програмних проектів.

Spyder, своєю чергою, є популярним вибором для наукових обчислень, оскільки поєднує редактор коду, консолі, інструменти для інтерактивного тестування та налагодження. Однак, функціональність Spyder поступається можливостям PyCharm, що може обмежувати його використання для більш складних завдань.

2.2.2 Приклади реальних проектів

PyCharm широко використовується для розробки реальних проектів у різних галузях:

- у фінансовому секторі PyCharm використовується для розробки алгоритмів торгівлі, які аналізують ринкові дані та здійснюють автоматичні транзакції;

- у наукових дослідженнях PyCharm використовується для обробки великих обсягів даних та створення моделей машинного навчання, що допомагає вивчати складні явища та робити прогнози;

- у веб-розробці PyCharm використовується для створення складних веб-додатків за допомогою фреймворків Django та Flask. До складних веб-додатків відносяться великі корпоративні системи та інтерактивні веб-сайти, які можуть бути розроблені з використанням PyCharm для забезпечення швидкої та ефективної розробки, а також легкої підтримки та масштабованості.

2.3 Висновки

Аналіз мов програмування, що використовуються для розробки систем моніторингу, показав, що Python є одним із найкращих варіантів завдяки своїй гнучкості та наявності потужних бібліотек для обробки зображень та відео. Порівняно з іншими мовами, такими як C++ чи Java, Python має простий синтаксис, що полегшує розробку та тестування програмного забезпечення. Також середовище розробки PyCharm, у порівнянні з іншими IDE, виявилось одним із найзручніших для роботи з Python, оскільки містить вбудовані інструменти для налагодження, тестування та візуалізації даних.

3 МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ РУХУ

3.1 Motion Detection

Motion Detection, або виявлення руху, базується на аналізі змін між поточними та попередніми відеокадрами для ідентифікації руху. Такий підхід використовує різні алгоритми, в тому числі різницю між кадрами або аналіз фону, що дозволяє визначати зміни у відеопотоці.

Процес виявлення руху починається із захоплення відеопотоку, який розбивається на окремі кадри. Далі проводиться попередня обробка цих кадрів для зменшення шуму та покращення якості зображення. На основі аналізу послідовних кадрів відбувається ідентифікація змін, які сигналізують про рух [3]. Завершальним етапом є аналіз виявленого руху, де визначаються такі параметри, як швидкість і напрямок рухомих об'єктів. З цього ми отримуємо формулу:

$$D(x, y) = |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)|, \quad (3.1)$$

де $I_t(x, y)$ – значення пікселя на координатах (x, y) у поточному кадрі, а $I_{t-1}(x, y)$ – у попередньому.

Поріг для виявлення руху: $D(x, y) > T$ (поріг T), піксель вважається частиною руху.

Для видалення шумів використовується гаусівський фільтр:

$$I_{filtred} = I_{original} \times G(x, y, \sigma) \quad (3.2)$$

Код використання формули в коді наведений в лістингу 3.1

Лістинг 3.1 - Використання формули в коді

```

gray_frame = cv2.cvtColor(frame,
cv2.COLOR_BGR2GRAY)
gray_frame = cv2.GaussianBlur(gray_frame, (21,
21), 0)

if prev_frame is None:
    prev_frame = gray_frame
    continue

frame_diff = cv2.absdiff(prev_frame, gray_frame)
_, thresh = cv2.threshold(frame_diff, 25, 255,
cv2.THRESH_BINARY)
contours, _ = cv2.findContours(thresh,
cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

```

Цей метод забезпечує ефективне виявлення руху у реальному часі, хоча його чутливість до зовнішніх факторів, таких як зміни освітлення, може викликати помилкові спрацювання.

Перевагами цього методу є його простота та швидкість виконання, що дозволяє виявляти рух в реальному часі. Однак, метод може бути чутливим до змін освітлення та інших зовнішніх факторів, які можуть викликати помилкові спрацювання.

Motion Detection має широке застосування в різних сферах, включаючи системи безпеки, моніторинг дорожнього руху, а також у розважальних додатках, таких як відеоігри та анімація. У системах безпеки цей метод використовується для виявлення несанкціонованих проникнень та забезпечення безпеки об'єктів. В області моніторингу дорожнього руху він

допомагає виявляти аварії та затори, що дозволяє оперативно реагувати на надзвичайні ситуації.

На рис. 3.1 показаний приклад використання методу Motion Detection.



Рисунок 3.1 – Приклад використання методу Motion Detection

Основні алгоритми, які використовуються для виявлення руху, включають прості методи різниці між кадрами і складніші методи, такі як Gaussian Mixture Model (GMM) та Background Subtraction. Метод різниці між кадрами полягає у вирахуванні попереднього кадру з поточного, що дозволяє виявляти зміни, які вказують на рух. GMM використовує статистичні моделі для створення фону і виявлення рухомих об'єктів шляхом аналізу відхилень від цієї моделі. Background Subtraction використовує попередньо створений фон для виявлення руху шляхом віднімання його з поточного кадру [13].

3.2 Метод cvMeanShift

Метод cvMeanShift ґрунтується на алгоритмі середнього зсуву, який застосовується для відстеження об'єктів у відеопотоці. Цей алгоритм працює шляхом аналізу колірних гістограм для визначення області інтересу. У процесі виконання він обчислює середнє значення кольорів у заданій області та зміщує цю область у напрямку до регіону з найбільш схожими кольорами [11].

Спочатку визначається вихідна область інтересу на основі аналізу колірних характеристик. Далі виконується розрахунок середнього зсуву, що дозволяє коректувати положення області, орієнтуючи її до зон із подібними кольорами. Завершальним етапом є адаптація області інтересу, яка оновлюється для точного відстеження об'єкта. Це можна представити у виді формули:

$$x_{new} = \frac{\sum_i x_i K\left(\frac{|x_i - x_{current}|}{h}\right)}{\sum_i K\left(\frac{|x_i - x_{current}|}{h}\right)}, \quad (3.3)$$

де x_i – координати пікселів усередині області; K – ядрова функція, яка зменшує вагу точок залежно від відстані; h - ширина вікна.

Використання формули в коді наведено в лістингу 3.2.

Лістинг 3.2 – Використання формули в коді

```
roi_hsv = cv2.cvtColor(roi, cv2.COLOR_BGR2HSV)
mask = cv2.inRange(roi_hsv, np.array((0., 60., 32.)),
np.array((180., 255., 255.)))
roi_hist = cv2.calcHist([roi_hsv], [0], mask, [180], [0,
180])
cv2.normalize(roi_hist, roi_hist, 0, 255,
cv2.NORM_MINMAX)
```

На рис. 3.2 показаний приклад використання методу cvMeanShift.



Рисунок 3.2 – Приклад використання методу cvMeanShift

Такий підхід є ефективним для об'єктів з однорідними кольоровими характеристиками, оскільки забезпечує стійкість до шуму та незначних варіацій у формі об'єкта.

Метод cvMeanShift ефективний для відстеження об'єктів з однорідним кольором і являється стійким до шуму та варіацій форми об'єкта. Основною перевагою методу є його стійкість до шуму та варіацій у формі об'єкта. Однак, метод може мати труднощі з відстеженням об'єктів, що змінюють свій колір або зливаються з фоном.

Алгоритм MeanShift використовується для розпізнавання та класифікації об'єктів в різних додатках: відстеження об'єктів у відео, сегментація зображень та у системах комп'ютерного зору. Однією з основних переваг алгоритму є його здатність адаптуватися до змін у положенні та формі об'єкта, що дозволяє точно відстежувати об'єкти в реальному часі і робить його

корисним для застосувань, де необхідна висока точність та надійність відстеження.

Метод MeanShift дозволяє виділити область інтересу в зображенні працює за рахунок аналізу гістограми кольорів. Після того, як визначена початкова область, алгоритм виконує послідовні ітерації, під час яких область зміщується до регіону з найбільш схожими кольорами, що дозволяє алгоритму точно відстежувати об'єкти, навіть за умови, що вони трохи змінюють своє положення або форму.

3.3 Метод cvCamShift

Вдосконаленням алгоритму MeanShift являється метод cvCamShift, який забезпечує адаптивну зміну розміру та форми області відстеження в залежності від характеристик руху об'єкта. На початковому етапі визначається початкова область інтересу, яка відповідає параметрам об'єкта, що відстежується, це робиться за допомогою формули:

$$M_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q I(x, y), \quad (3.4)$$

де M_{pq} – момент порядку p, q ; $I(x, y)$ – значення інтенсивності пікселя на координатах (x, y) .

Координати центру області визначаються за формулами:

$$x_{center} = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \quad y_{center} = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (3.5)$$

Далі застосовується алгоритм MeanShift для зміщення цієї області в напрямку до регіону з максимально схожими кольоровими характеристиками. Використання формули в кодi показано у лістингу 3.3

Лістинг 3.3 - Використання формули в кодi

```
ret, track_window = cv2.CamShift(back_proj,
track_window, (cv2.TERM_CRITERIA_EPS |
cv2.TERM_CRITERIA_COUNT, 10, 1))
```

Особливістю `cvCamShift` є динамічна адаптація області відстеження, тобто її розмір і форма змінюються у відповідь на рухи та деформації об'єкта, що дозволяє алгоритму залишатися точним навіть у випадках, коли об'єкт змінює свої розміри або форму під час переміщення.

Метод ефективно використовується у відеоаналізі для відстеження об'єктів, які перебувають у динаміці, забезпечуючи точність навіть у складних умовах, таких як зміна освітлення або взаємодія з іншими об'єктами в полі зору, що дозволяє ефективно відстежувати об'єкти зі змінними розмірами у відеопотоці.

Алгоритм `cvCamShift` як і `MeanShift`, аналізує гістограми кольорів, а ще додатково адаптує параметри відстеження, чим забезпечує більшу гнучкість та точність. Основними перевагами методу є його здатність адаптуватися до змін у розмірі та формі об'єкта, а також висока точність відстеження. Проте, метод може вимагати значних обчислювальних ресурсів, що може бути викликом у режимі реального часу.

Метод `cvCamShift` широко використовується в системах відстеження об'єктів у реальному часі, таких як системи безпеки, автоматизація виробничих процесів, а також у розважальних додатках. Завдяки здатності адаптуватися до змін розміру та форми об'єкта, цей метод є особливо корисним у динамічних середовищах, де об'єкти можуть змінюватися в процесі руху.

Робота методу `cvCamShift` починається зі збору початкових даних, що включає визначення параметрів об'єкта, таких як колірні гістограми та початкові координати. Ці дані використовуються для визначення області інтересу, яка стане основою для подальшого відстеження.

Далі виконується ітеративний процес, під час якого алгоритм MeanShift повторно використовується для уточнення положення об'єкта, що дозволяє враховувати зміни в русі об'єкта та коригувати його координати. Після кожної ітерації відбувається адаптація параметрів: розмір та форма області інтересу динамічно оновлюються на основі нових даних, які отримано в результаті аналізу.

Завершальним етапом є оцінка отриманих результатів. На цьому етапі проводиться аналіз точності відстеження, а також за потреби коригуються параметри для забезпечення стабільної роботи алгоритму. Такий підхід дозволяє cvCamShift, зберігаючи високу точність навіть у складних умовах, ефективно реагувати на зміни характеристик об'єкта та навколишнього середовища. Завдяки своїй гнучкості та точності, cvCamShift є потужним інструментом для розробки систем відстеження руху.

Робота алгоритму cvCamShift починається зі збору початкових даних і є основою для подальшого процесу відстеження, де визначаються ключові параметри об'єкта: колірні гістограми та координати, які слугують базою для створення області інтересу. Ця початкова інформація.

На наступному етапі виконується ітеративний процес, під час якого алгоритм MeanShift використовується для уточнення місцезнаходження об'єкта. Завдяки цьому методу система аналізує рух об'єкта та коригує його положення, враховуючи зміни у відеопотоці.

Потім проводиться адаптація параметрів. Алгоритм автоматично оновлює розмір та форму області інтересу, враховуючи нові характеристики об'єкта, що дозволяє зберігати точність навіть при суттєвих змінах розмірів або форми.

Завершальний етап передбачає оцінку результатів: отримані дані аналізуються для забезпечення стабільності та точності роботи алгоритму. У разі необхідності система коригує параметри, що дає змогу ефективно відстежувати об'єкти навіть у змінних умовах [12].

На рис. 3.3 показаний приклад використання методу cvCamShift.

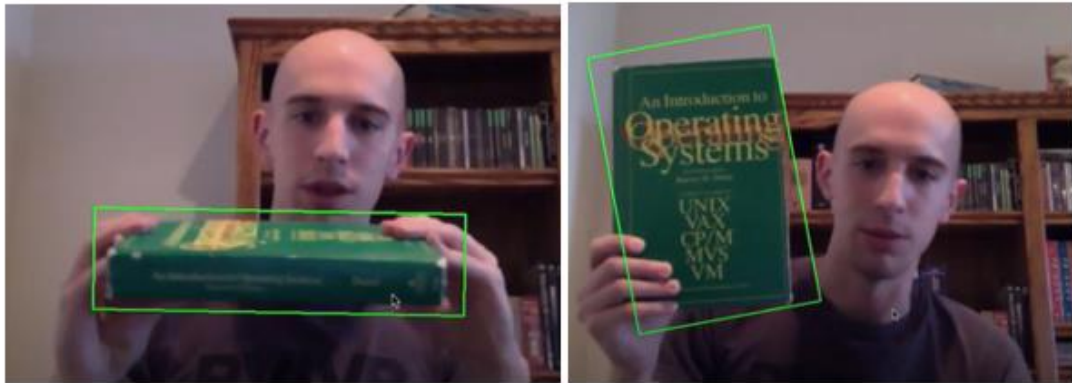


Рисунок 3.3 – Приклад використання методу cvCamShift

Метод cvCamShift дозволяє ефективно відстежувати об'єкти навіть у складних умовах, таких як зміни освітлення або наявність перешкод. Завдяки своїй гнучкості та точності, cvCamShift є потужним інструментом для розробки систем відстеження руху і широко використовується в системах безпеки для моніторингу переміщення людей, у спортивних аналізах для відстеження рухів гравців, а також у розважальних додатках, таких як віртуальна реальність, де важливо точно відстежувати переміщення користувачів для створення реалістичного досвіду.

3.4 YOLO

Метод YOLO (You Only Look Once) є одним із найбільш ефективних підходів для вирішення задач розпізнавання та виявлення об'єктів на зображеннях і відео. Основна ідея цього методу полягає в тому, що замість використання кількох етапів аналізу, як це роблять традиційні підходи (наприклад, R-CNN), YOLO здійснює виявлення об'єктів за один прохід через нейронну мережу [9]. Завдяки цьому він забезпечує високу швидкість роботи та здатний працювати у реальному часі [19].

YOLO розділяє зображення на сітку рівних клітинок, і кожна з них відповідає за прогнозування об'єктів, центри яких потрапляють у межі цієї клітинки. Кожна клітинка передбачає набір параметрів, включаючи координати обмежувальних рамок (bounding boxes), впевненість у наявності об'єкта (confidence score) і класи об'єктів. Для цього використовується формула:

$$L_{OSS} = \lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2], \quad (3.6)$$

де λ_{coord} – ваговий коефіцієнт, що регулюється важливість координат; S – кількість клітинок у сітці, на яку розділено зображення; B – кількість рамок для кожної клітинки; x_i, y_i – координати центру передбачуваної рамки; 1_{ij}^{obj} – індикатор, що показує, чи є об'єкт у клітинці i, j .

В лістингу 3.4 показано використання формули в коді.

Лістинг 3.4 – використання формули в коді

```
for detection in output:
    scores = detection[5:]
    class_id = np.argmax(scores)
    confidence = scores[class_id]

    if class_id == 0 and confidence > conf_threshold:
        box = detection[0:4] * np.array([width, height,
width, height])
        (centerX, centerY, boxW, boxH) =
box.astype("int")
```

Мережа одночасно виконує ці передбачення для всіх клітинок, а потім використовує методи післяобробки, такі як придушення немаксимумів (Non-

Maximum Suppression, NMS), щоб відфільтрувати зайві або перекриваючі рамки.

Архітектура YOLO базується на глибокій згортковій нейронній мережі (Convolutional Neural Network, CNN), яка дозволяє витягувати зображувальні особливості та створювати точні передбачення для різноманітних об'єктів. Зазвичай для навчання використовуються великі обсяги розмічених даних, що дозволяє мережі генерувати високоточні результати навіть на складних зображеннях [10].

Однією з головних переваг YOLO є його швидкість. Завдяки одноетапній обробці зображень він може аналізувати десятки кадрів за секунду навіть на середньому апаратному забезпеченні, що робить його оптимальним для роботи з відео в реальному часі. Крім того, цей алгоритм демонструє високу точність при виявленні об'єктів на зображеннях з чіткими контурами, а також добре масштабується до різних розмірів вхідних зображень. Ще однією важливою перевагою є універсальність — YOLO може розпізнавати об'єкти з великої кількості категорій, що робить його застосовним у таких галузях, як відеоспостереження, медицина, автономне водіння, робототехніка та розумні міста.

Попри очевидні переваги, метод має і певні недоліки. По-перше, точність YOLO знижується у випадках, коли об'єкти мають малі розміри або сильно перекриваються. Це пов'язано з тим, що розділення зображення на сітку може бути недостатньо точним для аналізу дрібних деталей. По-друге, для тренування моделі потрібні значні обчислювальні ресурси, включаючи потужні графічні процесори. Ще одним недоліком є те, що наявність великої кількості схожих об'єктів на одній сцені може створити труднощі в розпізнаванні.

На рис. 3.4 показаний приклад використання методу YOLO.

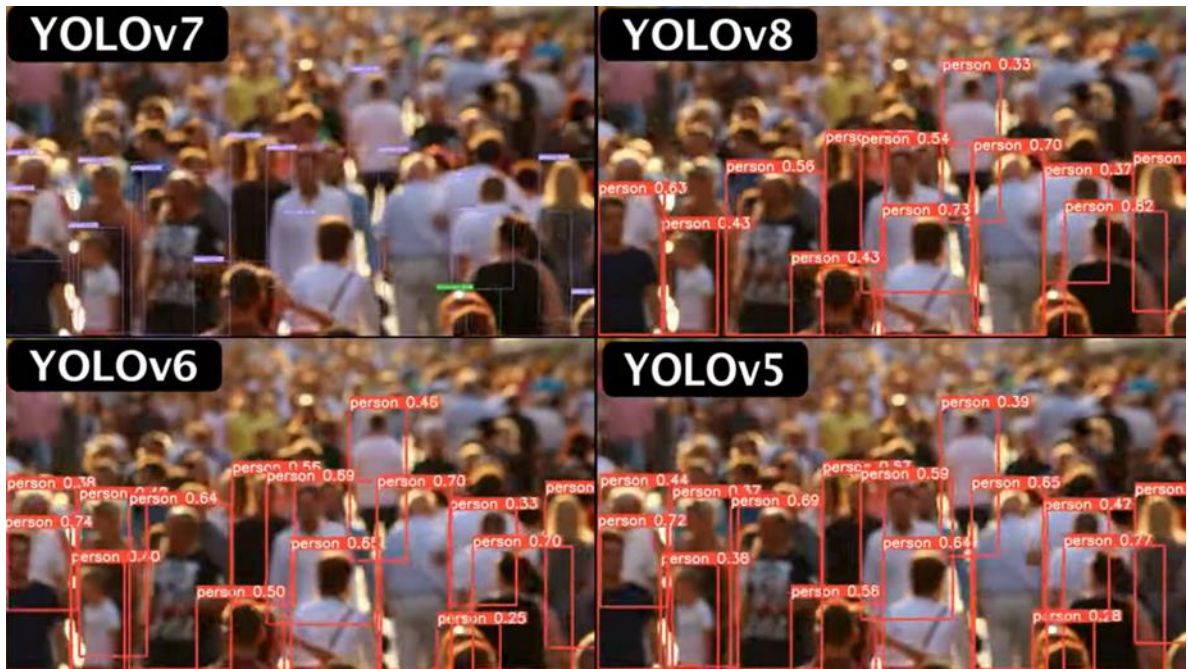


Рисунок 3.4 – Приклад використання методу YOLO

Удосконалення YOLO в нових версіях, таких як YOLOv4 і YOLOv5, спрямовані на подолання цих обмежень. Наприклад, вони включають більш складні архітектури, такі як CSPDarknet, та вдосконалені методи післяобробки для підвищення точності.

Таким чином, YOLO є сучасним інструментом, який забезпечує баланс між продуктивністю та точністю, що дозволяє ефективно вирішувати завдання комп'ютерного зору в різних практичних сценаріях. Завдяки своїй швидкості й універсальності, цей метод залишається одним із найпопулярніших у своїй галузі.

3.5 Використання відеоспостереження у різних галузях

Використання систем відеоспостереження охоплює різноманітні галузі. Завдяки можливості моніторингу, фіксації подій та підвищення безпеки, ці системи відіграють важливу роль у різних секторах. Розглянемо основні галузі, де відеоспостереження має найширше застосування.

У сфері бізнесу камери забезпечують безпеку співробітників, клієнтів і матеріальних цінностей. У роздрібній торгівлі вони використовуються для запобігання крадіжкам, моніторингу касових операцій та аналізу поведінки покупців. Системи з відеоаналітикою дозволяють визначити місця найбільшої активності клієнтів у магазинах, що допомагає оптимізувати викладку товару. На рисунку 3.5 показаний приклад використання відеоспостереження у сфері бізнесу.

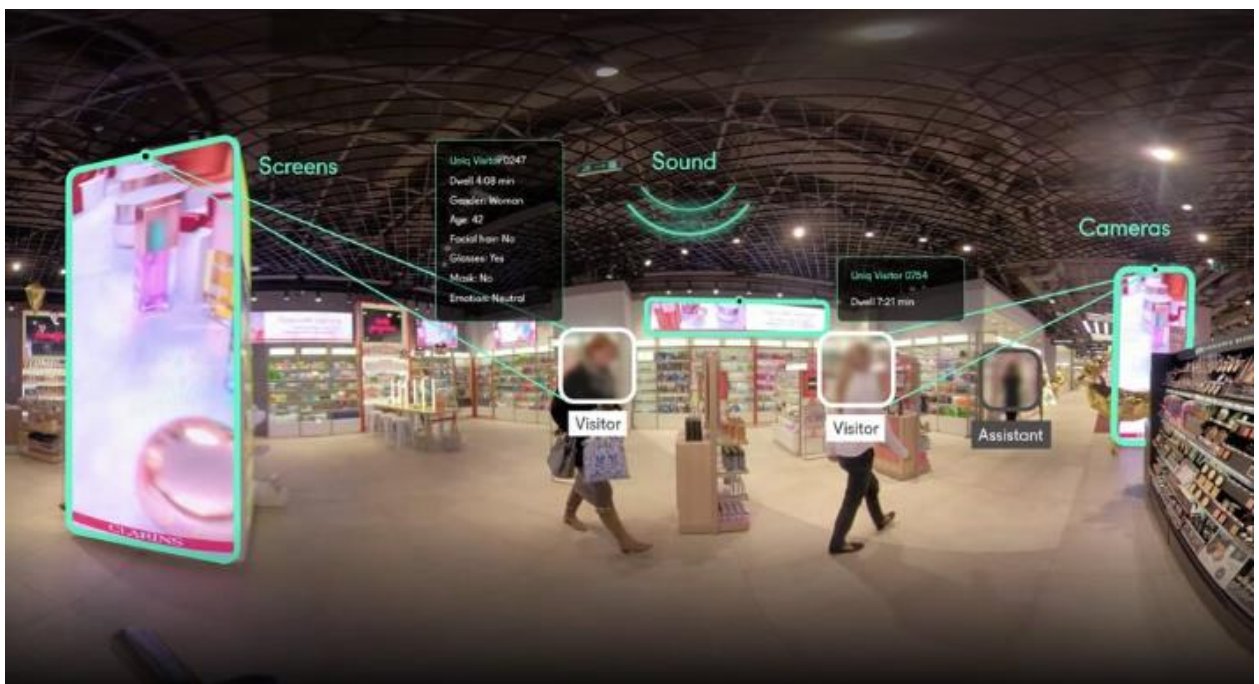


Рисунок 3.5 – Відеоспостереження у сфері бізнесу

Офіси також використовують системи відеоспостереження для контролю доступу до приміщень, запобігання несанкціонованому проникненню та забезпечення захисту конфіденційної інформації. На складах відеоспостереження допомагає відслідковувати процеси логістики та мінімізувати ризики втрати вантажів.

У транспорті системи відеоспостереження є критично важливими для забезпечення безпеки пасажирів, персоналу та інфраструктури. На залізничних станціях і в аеропортах камери допомагають контролювати потік

пасажирів, виявляти підозрілі об'єкти та запобігати правопорушенням. У громадському транспорті вони використовуються для моніторингу пасажирських салонів, запобігання вандалізму та розслідування інцидентів. На автомагістралях відеоспостереження дозволяє контролювати трафік, фіксувати порушення правил дорожнього руху та оперативно реагувати на аварії. Системи автоматичного розпізнавання номерних знаків дозволяють ідентифікувати транспортні засоби, які беруть участь у правопорушеннях. На рисунку 3.6 показаний приклад використання відеоспостереження у сфері транспорту.



Рисунок 3.6 – Відеоспостереження у сфері транспорту

У медичних установах системи відеоспостереження використовуються для контролю доступу до чутливих зон, таких як операції або лабораторії. Це допомагає забезпечити безпеку пацієнтів, персоналу та обладнання. Камери також дозволяють моніторингу стан пацієнтів у реанімаційних відділеннях або віддалено спостерігати за ними. Додатково,

відеоспостереження сприяє дотриманню санітарних норм. Камери можуть бути використані для контролю дотримання протоколів гігієни персоналом у лікарнях. На рисунку 3.7 зображений приклад використання відеоспостереження в сфері медицини.



Рисунок 3.7 – Відеоспостереження в сфері медицини

У школах, університетах та інших закладах системи відеоспостереження забезпечують безпеку студентів, викладачів та персоналу. Камери допомагають запобігати інцидентам булінгу, контролювати доступ до будівель і спостерігати за територією навчального закладу. У деяких випадках системи відеоспостереження використовуються для дистанційного навчання. Камери в аудиторіях дозволяють транслювати лекції в режимі реального часу

або записувати їх для подальшого використання. На рисунку 3.8 показаний приклад використання відеоспостереження у сфері освіти.



Рисунок 3.8 – Відеоспостереження у сфері освіти

У міських умовах системи відеоспостереження допомагають підтримувати громадський порядок. Камери встановлюються у парках, на вулицях, у метро та інших громадських містах. Вони дозволяють оперативно реагувати на правопорушення, моніторити натовпи під час масових заходів та забезпечувати безпеку під час надзвичайних ситуацій. На рисунку 3.9 показаний приклад використання відеоспостереження в громадських містах.



Рисунок 3.9 – Відеоспостереження в громадських містах

На промислових об'єктах відеоспостереження використовується для моніторингу у виробничих процесах, забезпечення безпеки працівників та запобігання аварійним ситуаціям. У нафтовій і газовій галузі камери дозволяють відслідковувати стан обладнання та виявляти потенційні ризики. На рисунку 1.10 зображений приклад використання відеоспостереження на промислових об'єктах.



Рисунок 3.10 – Відеоспостереження на промислових об'єктах

3.6 Тестування програми

Перед тим, як почати використання програмою, повинні виконатися наступні умови:

- робочий комп'ютер чи ноутбук підключений до мережі інтернет;
- на робочому комп'ютері чи ноутбуку користувача встановлено і запущено сервер Python;
- на робочому комп'ютері чи ноутбуку користувача встановлено Python не нижче 3.9 версії;
- на робочому комп'ютері чи ноутбуку користувача встановлено всі необхідні бібліотеки.

Без виконаних умов робота з програмою не можлива, якщо вони виконані, користувач відкриває середу розробки PyCharm та запускає код програми натиснувши клавішу Run, після цих дій користувачеві відкривається вікно керування програмою, де він може запустити моніторинг відео, зупинити його та переключатися між методами обробки відео. Вікно керування представлено на рисунку 3.11.

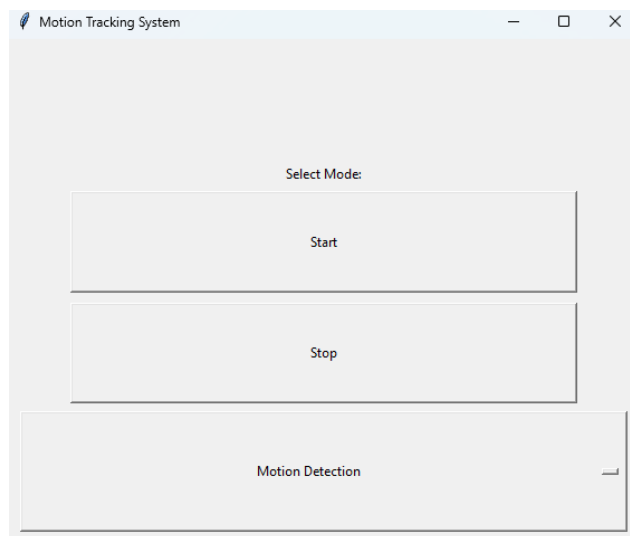


Рисунок 3.11 – Вікно керування та вікно камери

Після того як користувач потрапив до вікна керування він натискає клавішу Start, щоб почався моніторинг відео. На рисунку 3.12 показане вікно камери.

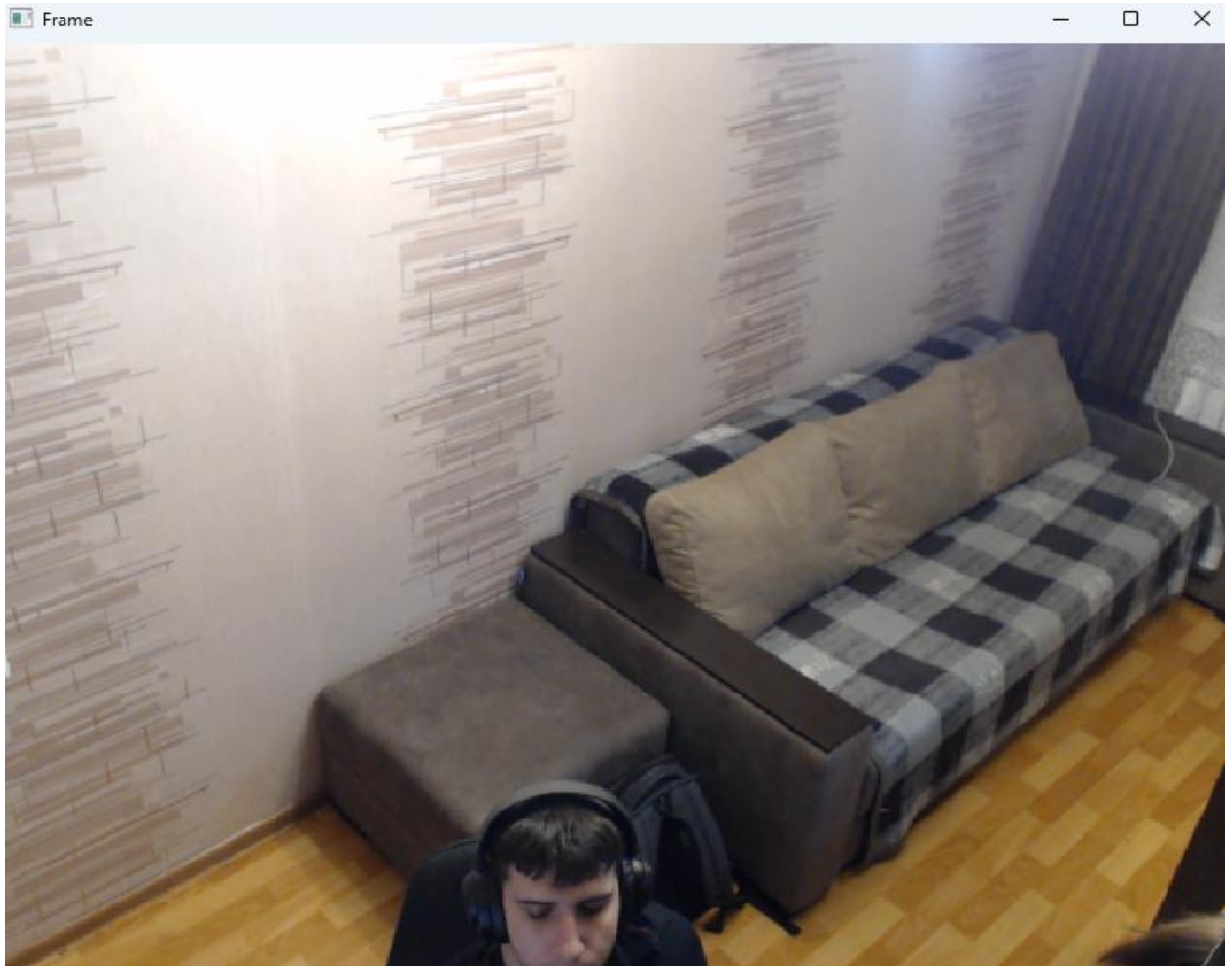


Рисунок 3.12 – Вікно камери

Після того як користувач запустив моніторинг відео, запускається перший метод обробки (Motion Detection). Він спрацьовує, коли трапляються зміни відео потоці. Ці зміни виділяються квадратом та робиться фото цих змін та зберігається на комп'ютері або ноутбуці користувача з датою та часом цих змін, після зберігання фото в консоль PyCharm виводиться повідомлення про успішне збереження. На рисунку 3.13 показаний приклад виділення змін та збереження фото.

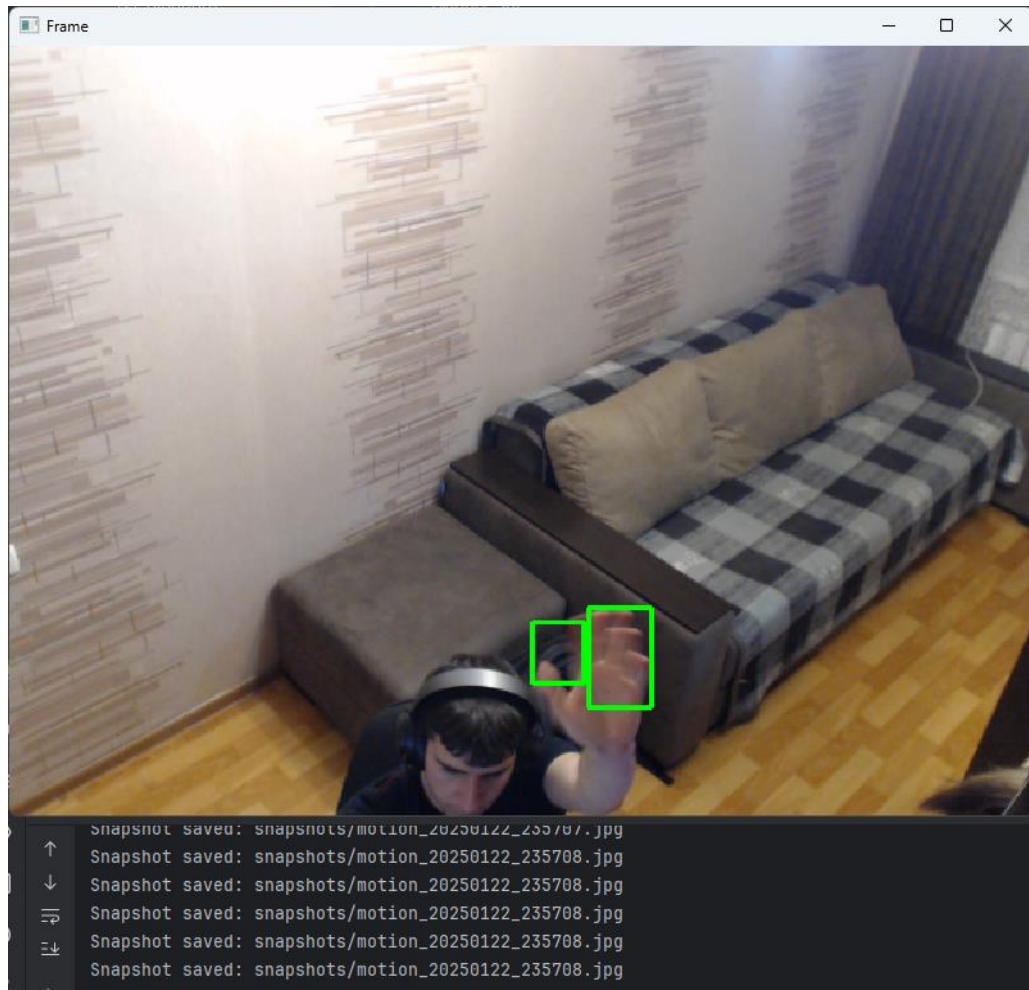


Рисунок 3.13 – Приклад виділення змін та збереження фото

За допомогою метода MeanShift, користувач може ідентифікувати об'єкти, а саме людей, та метод автоматично слідує за ним та рахує кількість об'єктів в радіусі дії камери, якщо об'єкт не ідентифікований, в консоль PyCharm виводиться повідомлення, що об'єкт не знайдено. На рисунку 3.14 та рисунку 3.15 показаний приклад використання методу MeanShift.

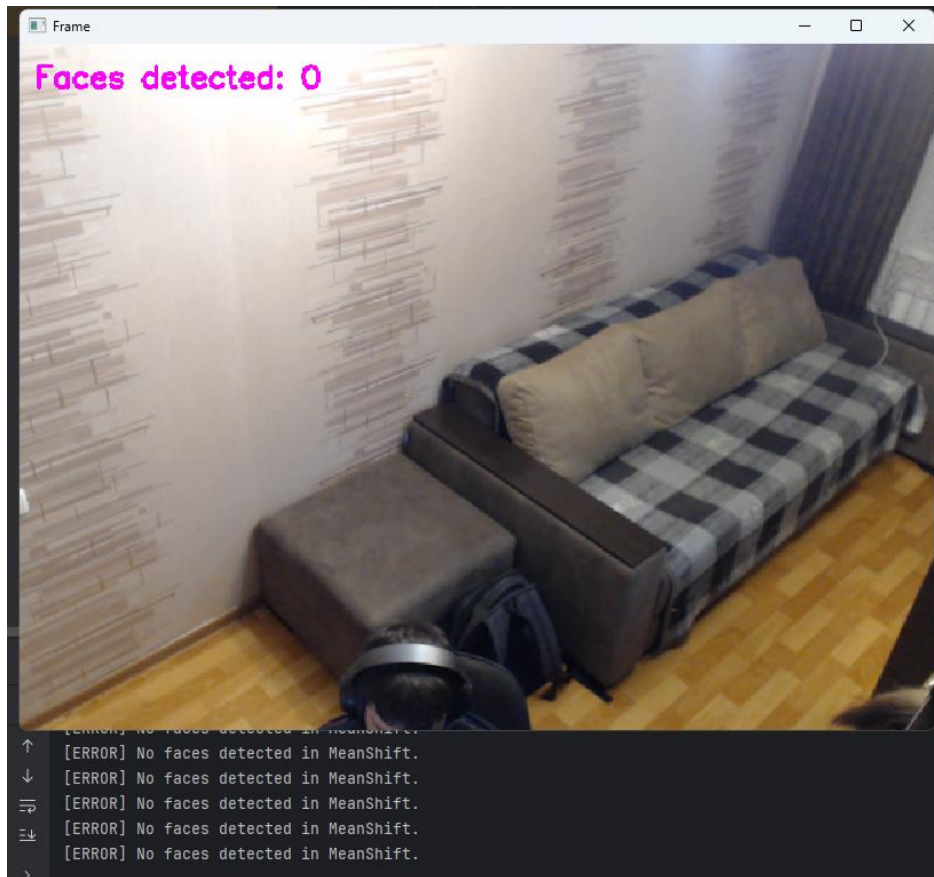


Рисунок - 3.14 – Вікно камери та вивід повідомлення, коли об'єкт не знайдено

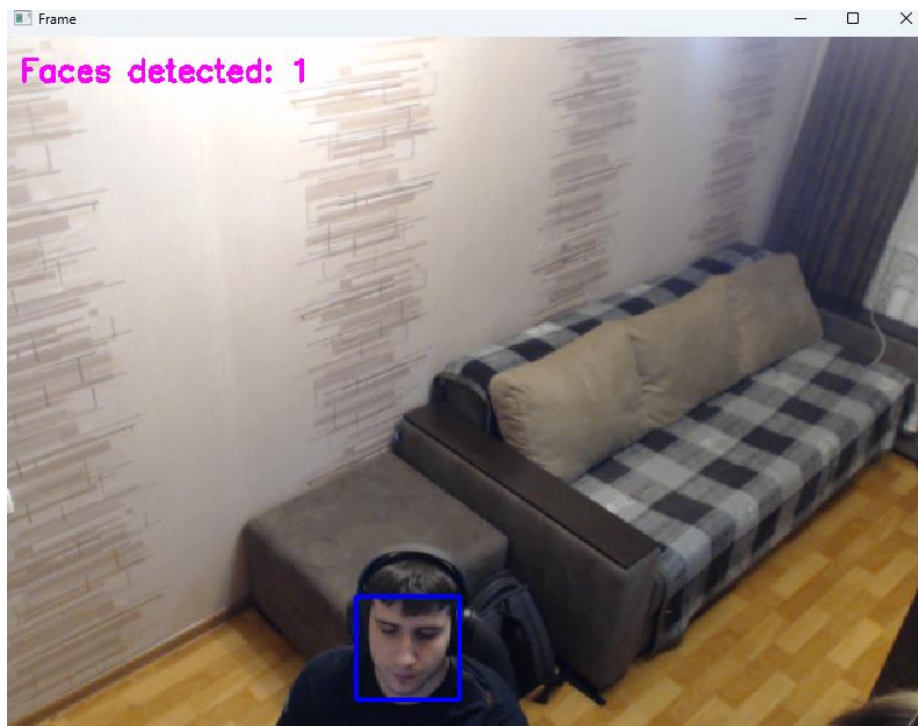


Рисунок 3.15 – Вікно камери, коли об'єкт ідентифікований

В методі CamShift розроблено слідкування за об'єктом зі зміною його розміру та положення, який бере ідентифікований об'єкт з метода MeanShift, також створені закриті зони в які об'єкт не може потрапляти. Також сюди добавлений додатковий метод, а саме YOLO, через нього йде перевірка чи об'єкт зайшов в закриту зону, чи ні. Якщо об'єкт заходить в закриту зону, спрацьовує тривога і йде автоматична запис відео, що об'єкт робив протягом часу, коли він перебував в закритій зоні, повідомлення про початок тривоги, запису відео та завершенні запису виводяться в консоль PyCharm. На рисунку 3.16 та рисунку 3.17 показаний приклад роботи метода.

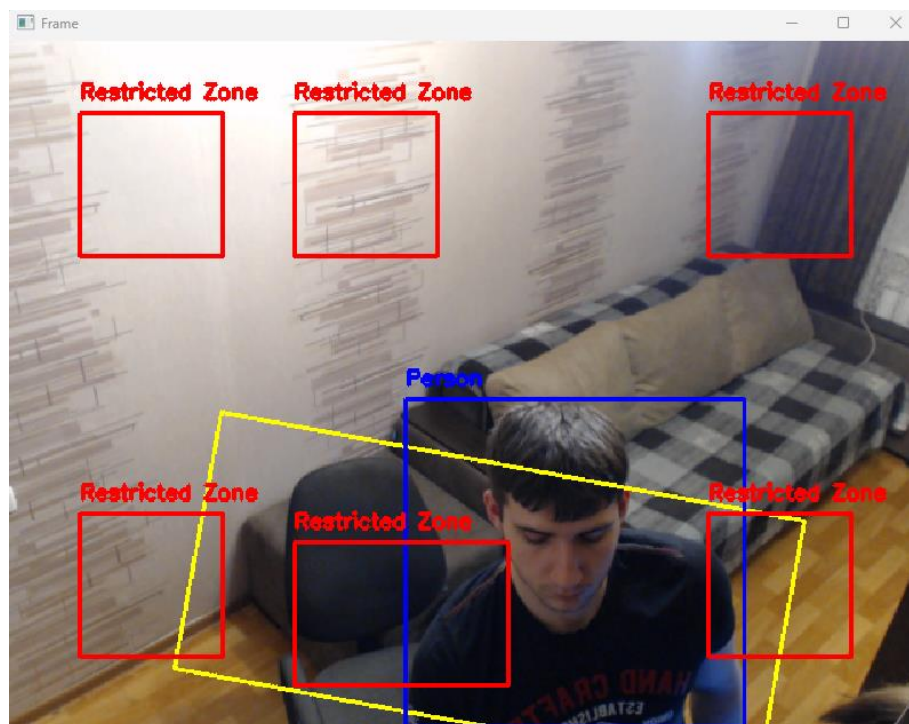


Рисунок 3.16 – Вікно камери, коли об'єкт не в закритій зоні

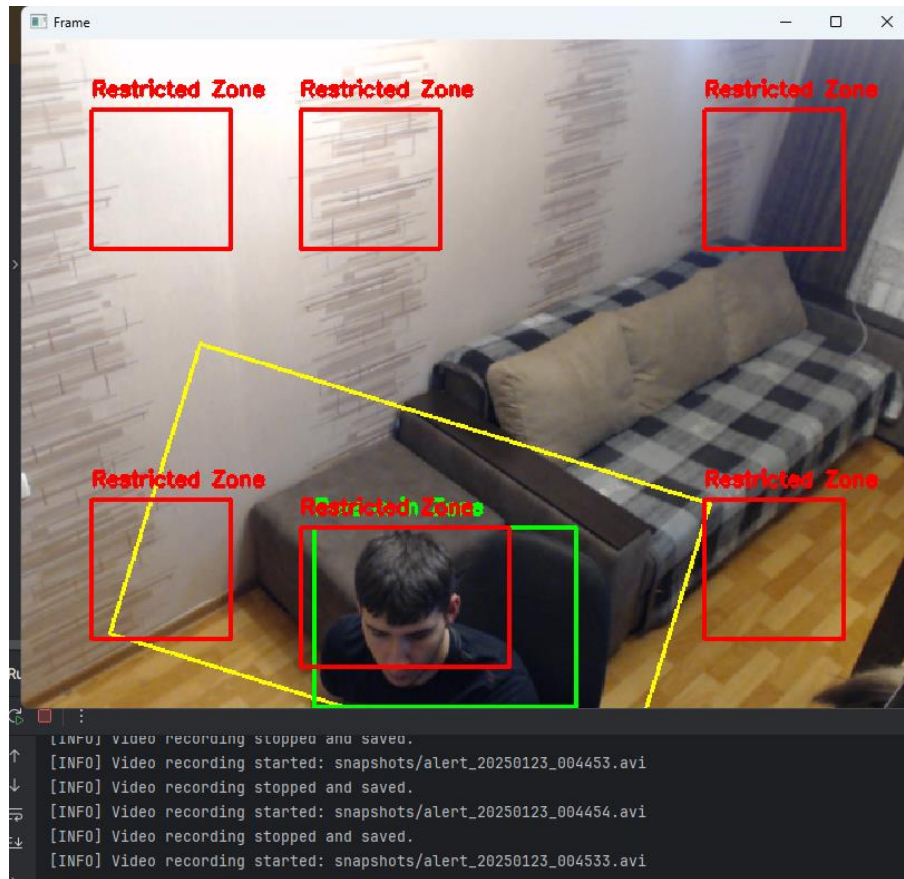


Рисунок 3.17 – Вікно камери, коли об’єкт знаходиться в закритій зоні

3.7 Охорона праці під час використання проекту

Охорона праці під час реалізації проекту є важливим аспектом, який дозволяє забезпечити безпечні умови для всіх учасників робочого процесу. Це охоплює організацію робочих місць, навчання персоналу, перевірку обладнання, а також розрахунок витрат праці з урахуванням складності завдання та кваліфікації працівників. Для оцінки загальних витрат праці використовується умовне число операторів Q , а також додаткові коефіцієнти, що враховують новизну продукту та його складність. Цей підхід забезпечує точний розрахунок усіх витрат, пов’язаних із виконанням робіт.

Базовий показник витрат праці розраховується за формуло:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{опис}} + T_{\text{обл}} + T_{\text{алг}} + T_{\text{прог}} + T_{\text{налаш}} + T_{\text{док}}, \quad (3.7)$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальні витрати праці, люд-год; $T_{\text{опис}}$ – витрати праці на опис завдання; $T_{\text{обл}}$ – витрати праці на вивчення предметної області; $T_{\text{алг}}$ – витрати праці на розробку алгоритмів; $T_{\text{прог}}$ – витрати праці на програмування; $T_{\text{налаш}}$ – витрати праці на налаштування програми; $T_{\text{док}}$ – витрати праці на підготовку документації.

Формуло для витрати праці:

$$T_i = \frac{Q \times B_i}{S_i \times k_i}, \quad (3.8)$$

де T_i – витрати праці на конкретному етапі; Q - умовне число операторів; B_i – базовий коефіцієнт трудомісткості для етапу; S_i – стандартний обсяг роботи для етапу люд.-год.; k_i – коефіцієнт кваліфікації для етапу.

Усі складові визначаються через умовне число операторів Q :

$$Q = q \times c \times (1 + p), \quad (3.9)$$

де q – кількість базових операцій; c – коефіцієнт складності завдання ($1.25 \leq c \leq 2$); p – коефіцієнт новизни програми ($p = 0.1$ для нового проекту).

Для виконання розрахунків використаємо число операторів 20 (15 кількість студентів, 5 викладачів і інженер-лаборантів, які будуть використовувати даний програмний продукт в навчанні. Коефіцієнт складності програми буде 1.5, програмна новизна складає 0.2. Обчислюємо умовне число операторів Q :

$$Q = 20 \times 1.5 \times (1 + 0.2) = 36 \quad (3.10)$$

Витрати праці опису завдання:

$$T_{\text{опис}} = \frac{36 \times 1.1}{10 \times 0.9} = 4.4 \text{ люд.-год.} \quad (3.11)$$

Витрати праці розгляду предметної області:

$$T_{\text{обл}} = \frac{36 \times 1.2}{12 \times 0.85} = 5.4 \text{ люд.-год.} \quad (3.12)$$

Витрати праці розробки алгоритмів:

$$T_{\text{алг}} = \frac{36 \times 1.5}{14 \times 0.8} = 4.82 \text{ люд.-год.} \quad (3.13)$$

Витрати праці програмування:

$$T_{\text{прог}} = \frac{36 \times 1.3}{12 \times 0.9} = 4.33 \text{ люд.-год.} \quad (3.14)$$

Витрати праці налаштування програми:

$$T_{\text{налашт}} = \frac{36 \times 1.1}{11 \times 0.85} = 4.24 \text{ люд.-год.} \quad (3.15)$$

Витрати праці на підготовку документації:

$$T_{\text{док}} = \frac{36 \times 1}{8 \times 0.9} = 5 \text{ люд.-год.} \quad (3.16)$$

Загальні витрати праці:

$$T_{\text{заг}} = 4.4 + 4.24 + 4.82 + 4.33 + 4.24 + 5 = 27.03 \text{ люд.-год.} \quad (3.17)$$

3.8 Висновки

У розділі було досліджено методи виявлення руху, серед яких Motion Detection, cvMeanShift, cvCamShift та YOLO. Традиційні алгоритми продемонстрували ефективність у простих умовах, але їх точність знижується при змінному освітленні та складному фоні. YOLO показав найкращі результати завдяки високій швидкості, точності та здатності працювати в реальному часі.

Використання відеоспостереження має широкий спектр застосувань – від безпеки до контролю виробничих процесів. Тестування системи підтвердило її працездатність у різних умовах, забезпечуючи точність і мінімізацію хибних спрацювань.

Окремо розглянуто питання охорони праці, де відеомоніторинг допомагає зменшити ризики та забезпечити безпеку персоналу. Впровадження автоматизованих систем дозволяє підвищити рівень контролю, оптимізувати робочі процеси та запобігати аварійним ситуаціям.

Загалом, поєднання традиційних методів і сучасних алгоритмів на основі глибокого навчання значно покращує ефективність систем моніторингу, що робить їх перспективними для подальшого розвитку та впровадження.

ВИСНОВКИ

Робота спрямована на створення комплексного програмного забезпечення для аналізу руху у відеопотоці, що об'єднує кілька підходів та алгоритмів, кожен із яких реалізовано окремо та адаптовано для певного типу задач. Основними методами є Motion Detection, MeanShift, CamShift та YOLO.

Метод Motion Detection використовується як початковий етап аналізу, дозволяючи фіксувати зони активності у відеопотоці та зберігати фото сумнівних дій об'єкта.

Алгоритм MeanShift забезпечує надійне відстеження об'єктів, аналізуючи їхні кольорові характеристики. Він є ефективним у випадках, коли об'єкт зберігає свої основні візуальні риси, що робить його корисним для задач із невеликою варіативністю об'єктів.

Розширенням цього підходу є CamShift, який адаптує параметри трекінгу залежно від зміни розміру, орієнтації чи форми об'єкта. Це дозволяє використовувати його у складних умовах, де об'єкти можуть змінювати свої характеристики, наприклад, при зміні відстані до камери або повороті.

Окрім класичних методів аналізу, у роботі інтегровано сучасний алгоритм YOLO, який використовується для детекції об'єктів у відео. Завдяки його високій швидкості та точності, програма здатна виявляти кілька об'єктів одночасно, визначаючи їхній тип, координати та розміри. YOLO є ключовим компонентом системи, який забезпечує швидке й ефективне розпізнавання, що особливо важливо для задач у реальному часі.

Об'єднання цих методів у єдиній системі дозволяє створити універсальне рішення для аналізу відео, здатне вирішувати задачі як виявлення, так і трекінгу об'єктів. Користувач має можливість обирати між різними режимами роботи залежно від поставленої задачі, що робить систему гнучкою та придатною для широкого спектра застосувань: від моніторингу безпеки до аналізу руху транспорту чи поведінки людей.

Розроблене програмне забезпечення демонструє переваги інтеграції кількох підходів до аналізу відео, дозволяючи забезпечувати високу точність і стабільність навіть у складних умовах. Висновки цієї роботи можуть бути використані як основа для подальшого розвитку та оптимізації систем відеоспостереження з метою підвищення їхньої ефективності та функціональності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки з підготовки та захисту кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / Упоряд. І.Ш. Невлюдов та ін. — Харків : ХНУРЕ, 2024. — 57 с.
2. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) / Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Євсєєв В.В. — Харків : ХНУРЕ, 2020. — 257 с.
3. Nevliudov, I., & et al. Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller // 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). — IEEE, 2022. — С. 61–64.
4. Nevliudov, I., & et al. Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. — 2020. — 8(10). — С. 7465–7473.
5. Невлюдов І.Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Збірник задач: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, Г.В. Пономарьова. — Кривий Ріг : КК НАУ, 2018. — 332 с.
6. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарева. — Харків : Панов А.М., 2020. — 240 с.
7. Невлюдов І.Ш., Євсєєв В.В., Максимова С.С. ВЕАМ робототехніка: Навчальний посібник. — Prague : Oktan Print, 2024. — 276 с.
8. Методи опрацювання відеопотоків у реальному часі // PeerDH. — 2024. [Електроннийресурс]. — Режим доступу: <https://peerdh.com/uk/blogs/programming-insights/implementing-real-time-video-stream-preprocessing-techniques-for-optimized-object-detection-with-opencv>.

9. Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection // arXiv preprint arXiv:2004.10934. — 2020. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2004.10934>.
10. Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. Scaled-YOLOv4: Scaling Cross Stage Partial Network // arXiv preprint arXiv:2011.08036. — 2021. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2011.08036>.
11. Розробка модифікації алгоритму для трекінгу об'єктів у відеопотоці // Open Archive NURE. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://openarchive.nure.ua/bitstreams/5898afab-9e57-46e8-a3bd5fe8374a5c40/download>.
12. Нейромережева технологія виявлення і розпізнавання людей у відеопотоці // VNTU. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41884/19561.pdf>.
13. Алгоритм детекції рухомих об'єктів у відеопотоці на основі адаптивного моделювання фону // WUNU. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/43883/1/Гергардт.pdf>.
14. Використання Python у навчальних процесах і дослідженнях // Python.org. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://python.org/python-education>.
15. Середовище розробки Python: що для себе обере професіонал? // Foxminded. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://foxminded.ua/seredovyshche-rozrobky-python>.
16. Топ-5 IDE і редакторів коду Python: огляд, плюси та мінуси // University Sigma Software. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://university.sigma.software/best-python-ide-and-code-editors>.
17. Інтеграція технологій автоматизації у виробничих процесах // ScienceDirect. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://sciencedirect.com/integration-automation>.

18. Обчислювальні методи для автоматизації виробничих процесів // ArXiv.org. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://arxiv.org/computational-methods-automation>.

19. Детекція об'єктів у відеопотоці: Сучасні алгоритми та перспективи // arXivpreprint arXiv:1804.02767. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1804.02767>.

20. Основи наукових досліджень: Підручник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. — Prague : OKTAN PRINT, 2024. — 468 с.

21. Damjanovski, Vlado. CCTV: Networking and Digital Technology. Second Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005. — 660 с.