

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської дипломної роботи на тему:

«РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У ПРИМІЩЕННІ»

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-206,
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Мулярчук О.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ІРТС

Звягін О.С.
(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2024 р.

Рецензент: д.т.н., доц., професор каф. ІКСТ
Михалевський Д.В.

(прізвище та ініціали)
« 11 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.
(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
Олександр ОСАДЧУК
15 березня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мулярчуку Олександр Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Радіотехнічна система виявлення присутності осіб у приміщенні»

керівник роботи к.т.н., доц. каф. ІРТС Звягін О.С.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “11”03 2024 року № 80

2. Строк подання студентом роботи 07 06 2024 року

3. Вихідні дані до роботи розробити радіотехнічну систему виявлення присутності осіб в приміщенні, розглянути принцип побудови системи, провести моделювання радіотехнічної системи, напруга живлення: 5 В, робоча температура 0°C~ 70°C

4. Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз радіотехнічних систем контролю присутності осіб. Розробка радіотехнічної систем виявлення присутності осіб. Моделювання радіотехнічної системи. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): . Структурна схема радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні. Пінова схема модуля ESP32-CAM. Модуль ESP32-CAM підключення джерела живлення. Інтерфейс модуля ESP32-CAM. Інфрачервоний сенсор руху AM312 та його підключення до модуля камери. Модуль GSM SIM800L. Основні функції телеграм бота.

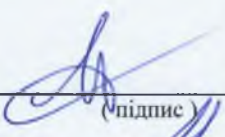
6. Консультанти розділів роботи

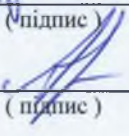
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	к.т.н., доцент, доцент каф. ІРТС Звягін О.С.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, професор, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 14.03. 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2024-28.02.2024	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2024-10.03.2024	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	11.03.2024-31.03.2024	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2024-06.05.2024	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2024-18.05.2024	
6.	Розробка графічної частини БДР	19.05.2024-22.05.2024	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2024-28.05.2024	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	29.05.2024-05.06.2024	
9.	Нормоконтроль	06.06.2024-07.06.2024	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	08.06.2024-10.06.2024	
11.	Захист БДР ЕК	11.06.2024-13.06.2024	

Студент  Мулярчук О.П.

Керівник роботи  Звягін О.С.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.396

Мулярчук О.П. Радіотехнічна система виявлення присутності осіб у приміщенні. Бакалаврська дипломна робота зі спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, освітня програма – Радіотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2024. 105 с. Укр. мовою. Бібліогр.: 39 назви; рис.: 29; табл. 8.

Бакалаврська дипломна робота присвячена теоретичному вивченню та практичній розробці радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні. У роботі розглянуто сучасні методи і технології виявлення присутності, включаючи аналіз сенсорів руху, детекцію руху в камерах відеоспостереження, розпізнавання об'єктів на зображеннях та їх застосування в системах обмеження доступу.

У бакалаврській дипломній роботі було проведено аналіз сучасних систем виявлення присутності осіб у приміщенні, досліджено методи розпізнавання образів, зокрема за допомогою штучного інтелекту та інструментів комп'ютерного зору. Описано процес розробки радіотехнічної системи з використанням модуля ESP32-CAM, сенсора руху та контролера GSM SIM800L. Програмне забезпечення системи розроблено для обробки даних з сенсорів, виявлення руху, обробки зображень та надсилання сповіщень.

У загальній частині проекту проведено літературний огляд за темою роботи, обґрунтовано доцільність розробки та впровадження системи. Окремо розглянуто питання охорони праці при експлуатації радіотехнічних систем.

Ключові слова: радіотехнічна система, сенсор руху, ESP32-CAM, GSM SIM800L, виявлення присутності, обробка зображень, штучний інтелект.

ANNOTATION

Mulyarchuk O.P. Radio Engineering System for Detecting Human Presence in a Room. Bachelor's Thesis in the specialty 172 - Telecommunications and Radio Engineering, educational program - Radio Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 105 pages. In Ukrainian. Bibliography: 39 titles; figures: 29; tables: 8.

The bachelor's thesis is devoted to the theoretical study and practical development of a radio engineering system for detecting human presence in a room. The work examines modern methods and technologies for detecting presence, including the analysis of motion sensors, motion detection in surveillance cameras, object recognition in images, and their application in access control systems.

The bachelor's thesis includes an analysis of modern systems for detecting human presence in a room, explores methods of pattern recognition, particularly using artificial intelligence and computer vision tools. The process of developing a radio engineering system using the ESP32-CAM module, motion sensor, and GSM SIM800L controller is described. The system software is developed for processing data from sensors, motion detection, image processing, and sending notifications.

The general part of the project provides a literature review on the topic of the work, substantiates the feasibility of developing and implementing the system. Occupational safety issues during the operation of radio engineering systems are also considered.

Keywords: radio engineering system, motion sensor, ESP32-CAM, GSM SIM800L, presence detection, image processing, artificial intelligence.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У ПРИМІЩЕННІ.....	9
1.1 Аналіз принципів роботи та різновидності сенсорів руху.....	9
1.2 Фіксування руху в камерах відеоспостереження.....	12
1.3 Розпізнавання об'єктів на зображеннях.....	14
1.4 Аналіз розпізнавання об'єктів в системах обмеження доступу в приміщеннях.....	18
2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ.....	25
2.1 Дослідження методів виявлення рухомих об'єктів	25
2.2 Дослідження виявлення рухомих об'єктів за допомогою OpenCV	27
2.3 Дослідження методів розпізнавання образів за допомогою штучного інтелекту	32
3 РОЗРОБКА РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У ПРИМІЩЕННІ.....	49
3.1 Модуль руху.....	49
3.2 Модуль відеокамери.....	55
3.3 GSM модуль.....	60
3.4 Розробка структурної схеми пристрою.....	66
3.5 Розробка програмного забезпечення.....	67
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	74
4.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи.....	75
4.2 Технічні рішення з виробничої санітарії.....	78
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки.....	83
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87
Додаток А (обов'язковий). Ілюстративний матеріал	92
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки роботи.....	97
Додаток В (довідниковий) Лістинг програми.....	99

ВСТУП

Актуальність теми

У сучасному світі питання безпеки та ефективного контролю доступу до приміщень стають все більш важливими. Радіотехнічні системи виявлення присутності осіб є одними з найбільш перспективних і затребуваних технологій у цій сфері. Вони дозволяють автоматизувати процес моніторингу та управління доступом, забезпечуючи високий рівень безпеки та комфорту. Використання таких систем знаходить застосування в різних галузях, включаючи житлові будинки, офісні приміщення, промислові об'єкти та інші критичні інфраструктури.

З розвитком технологій штучного інтелекту та комп'ютерного зору з'явилися нові можливості для вдосконалення радіотехнічних систем виявлення присутності. Це дозволяє підвищити точність і надійність виявлення, зменшити кількість хибних тривог та забезпечити більш ефективне управління доступом. Інтеграція з бездротовими мережами та мобільними технологіями дає змогу створювати гнучкі та масштабовані системи, які можуть оперативно реагувати на зміну умов та вимог.

Мета та завдання дослідження

Метою даної бакалаврської дипломної роботи є розробка радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні на базі модуля ESP32-CAM, сенсора руху та контролера GSM SIM800L. Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

1. Провести аналіз сучасних систем виявлення присутності осіб у приміщенні, визначити їх переваги та недоліки.
2. Дослідити методи розпізнавання образів, зокрема з використанням штучного інтелекту та комп'ютерного зору.
3. Розробити структурну схему радіотехнічної системи виявлення присутності осіб.

4. Вибрати відповідні апаратні компоненти, включаючи модуль ESP32-CAM, сенсор руху та контролер GSM SIM800L.
5. Розробити програмне забезпечення для обробки даних з сенсорів, виявлення руху, обробки зображень та надсилання сповіщень.
6. Провести тестування та оцінку ефективності розробленої системи.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є радіотехнічні системи виявлення присутності осіб у приміщенні. Предметом дослідження є методи та засоби реалізації таких систем на базі сучасних апаратних і програмних компонентів.

Методи дослідження

У роботі використовувалися наступні методи дослідження:

- Аналіз та синтез літературних джерел і наукових публікацій з тематики радіотехнічних систем виявлення присутності.
- Експериментальні методи для розробки та тестування апаратних і програмних компонентів системи.
- Методи математичного моделювання для оптимізації алгоритмів обробки даних та розпізнавання образів.
- Методи програмування та інструменти розробки, зокрема Arduino IDE для програмування ESP32-CAM та інші середовища для роботи з GSM SIM800L.

Наукова новизна та практичне значення роботи

Наукова новизна роботи полягає у розробці комплексної системи виявлення присутності осіб, що використовує сучасні технології комп'ютерного зору та штучного інтелекту, а також бездротові комунікаційні модулі для забезпечення оперативного надсилання сповіщень.

Практичне значення роботи полягає у створенні прототипу радіотехнічної системи виявлення присутності, яка може бути використана для підвищення безпеки приміщень. Розроблена система може знайти застосування у різних сферах, включаючи житлові та комерційні приміщення, а також об'єкти критичної інфраструктури.

Структура роботи

Бакалаврська дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі проведено аналіз сучасних систем для виявлення присутності осіб у приміщенні, включаючи сенсори руху, відеоспостереження та технології розпізнавання образів.

У другому розділі досліджено методи розпізнавання образів, зокрема за допомогою штучного інтелекту та інструментів комп'ютерного зору, а також методи виявлення рухомих об'єктів.

У третьому розділі розглянуто процес розробки радіотехнічної системи виявлення присутності осіб з використанням модуля ESP32-CAM, сенсор руху та контролера GSM SIM800L, включаючи вибір апаратних компонентів та розробку програмного забезпечення.

У четвертому розділі висвітлено питання охорони праці при розробці та експлуатації радіотехнічних систем.

У висновках підбито підсумки дослідження, визначено досягнуті результати та окреслено напрями подальших досліджень.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У ПРИМІЩЕННІ

Виявлення присутності осіб у приміщенні є важливим аспектом для забезпечення безпеки, автоматизації процесів та управління доступом. Сучасні системи для виявлення присутності базуються на різних технологіях, кожна з яких має свої особливості, переваги та недоліки. До основних видів таких систем відносяться сенсори руху, системи відеоспостереження з функцією виявлення руху та системи розпізнавання об'єктів на зображеннях.

1.1 Аналіз принципів роботи та різновидності сенсорів руху

Сенсор руху - це пристрій, який здатний визначити рух або перебування будь-якого об'єкта або людини у приміщенні, температура якого перевищує температуру фону.

За типом використання сенсори поділяються на два види:

Охоронні (встановлюються разом з охоронною сигналізацією для виявлення руху на закритому об'єкті);

Побутові (зазвичай застосовуються в повсякденному житті для автоматизованого увімкнення світла або активації інших пристроїв).

Охоронні сенсори руху.

Розглянемо більш детально охоронні сенсори руху та їхні підвиди. За принципом дії їх поділяють на:

- Інфрачервоні;
- Радіохвильові;
- Ультразвукові;
- Комбіновані (наприклад, інфрачервоні + ультразвукові).

Принцип роботи ультразвукового та інфрачервоного сенсора ґрунтується на ефекті Доплера. Передавачі таких типів випромінюють ультразвукові або

інфрачервоні хвилі, які відбиваються від поверхні. Якщо ця поверхня змінюється, хвилі сповіщають про це приймач, і сенсор спрацьовує.

Інфрачервоні сенсори, у свою чергу, поділяються на активні та пасивні. Різниця між ними полягає в тому, що активні сенсори мають як приймач, так і передавач, а пасивні лише приймач, який вловлює ІЧ-випромінювання від людини. Активні ІЧ-охоронні сенсори (сповіщувачі) мають передавач, що випромінює інфрачервоний промінь або декілька променів, і приймач для їх уловлювання. Ці сповіщувачі видають сигнал за допомогою нормально замкнутого (НЗ) контакту реле при перетині ІЧ-променя людиною або іншим об'єктом. Принцип роботи пасивних інфрачервоних охоронних сенсорів (сповіщувачів) ґрунтується на уловлюванні приймачем інфрачервоного випромінювання людини та видачі сигналу на вихідне реле, якщо людина рухається. Для фокусування інфрачервоного випромінювання на піроелементі ІЧ-сенсора зазвичай використовується лінза Френеля. Охоронні ІЧ-сповіщувачі мають на виході зазвичай тільки нормально замкнутий (НЗ) контакт, який включається в дротову шлейф охоронної сигналізації. Цей контакт розрахований на невеликий струм і напругу в шлейфі сигналізації та розмикається при спрацьовуванні сенсора або при зникненні живлення сенсора.

За конструкцією охоронні сенсори поділяють на:

- Однопозиційні (коли передавач і приймач знаходяться разом в одному блоці);
- Двопозиційні (передавач і приймач знаходяться в різних блоках);
- Багатопозиційні (більше одного сенсора і приймача).

Побутові сенсори руху.

Зазвичай такі сенсори встановлюють разом з лампами або світильниками. Сенсор, який уловив рух у приміщенні, спрямовує сигнал на освітлювальний пристрій і дає йому "наказ" про початок роботи. Це може бути дуже економно, оскільки сенсор можна запрограмувати так, щоб він вимикав освітлення у приміщенні, якщо в ньому не відбувається руху протягом певного часу.

Існують також інші приклади використання побутових сенсорів руху. Наприклад, їх встановлюють на гаражні двері, і при виявленні автомобіля двері автоматично відкриватимуться. Але тут все залежить від вашої фантазії і потреб.

Сенсори руху можуть використовуватися для автоматичного увімкнення і вимкнення різних побутових приладів, таких як вентилятори, обігрівачі або кондиціонери. Наприклад, обігрівач може автоматично вмикатися, коли людина входить у кімнату, і вимикатися, коли кімната залишається порожньою.

У системах "розумного дому" сенсори руху можуть інтегруватися з іншими розумними пристроями, такими як термостати, системи безпеки або мультимедійні системи. Наприклад, при вході в приміщення може автоматично вмикатися музика або телевізор також можуть використовуватися для забезпечення безпеки в домі. Вони можуть активувати камери відеоспостереження або сигналізацію при виявленні несанкціонованого доступу в будинок. Це особливо корисно для захисту будинку під час відсутності мешканців, одним із способів встановлені зовні будинку, для автоматичного увімкнення вуличного освітлення при виявленні руху. Це може забезпечити безпеку під час нічного часу, освітлюючи шлях або відлякуючи потенційних зловмисників.

Сенсори руху можуть бути використані в санітарних зонах, таких як ванні кімнати або туалети, для автоматичного увімкнення витяжних вентиляторів. Це допомагає підтримувати якість повітря і знижує вологість у приміщенні.

У магазинах, офісах і громадських місцях сенсори руху можуть використовуватися для керування освітленням, вентиляцією та іншими системами. Наприклад, в офісі світло може автоматично вимикатися після завершення робочого дня, коли в приміщенні немає руху.

Ще одним способом використання є встановлені в саду або парку для автоматичного увімкнення освітлення або інших пристроїв, таких як системи поливу.

Одним із головних переваг використання побутових сенсорів руху є значна економія енергії. Сенсори забезпечують увімкнення освітлення та інших

пристроїв лише за необхідності, що дозволяє значно знизити споживання електроенергії та зменшити витрати на оплату комунальних послуг.

Таким чином, побутові сенсори руху є універсальними пристроями, які можуть використовуватися для підвищення комфорту, безпеки та ефективності управління енергоспоживанням у різних приміщеннях і ситуаціях.

1.2 Фіксування руху в камерах відеоспостереження

Сучасні системи відеоспостереження практично всі мають вбудовану функцію детекції руху. Детекція руху як функція охоронного відеоспостереження була створена для своєчасного оповіщення відповідального персоналу про зміни в обстановці, яку оглядає камера. Ця функція також є корисною для економії місця на пристрої зберігання відеозаписів, оскільки запис ведеться тільки при зміні картинки.

У перших системах відеоспостереження за це завдання відповідали окремі сенсори, які надсилали системі сигнал про рух на контрольованій території. З розвитком комп'ютерної техніки такі камери вдалося замінити програмними детекторами руху, які працюють за певними алгоритмами. Сучасні цифрові камери та відеореєстратори є міні-комп'ютерами з власною операційною системою, графічним інтерфейсом і програмним забезпеченням з вбудованими алгоритмами детекції різних подій і їх запису.

Одним з базових програмних алгоритмів є детекція руху. Камера здійснює фотографування навколишнього середовища в своєму полі зору з певною частотою кадрів (зазвичай 25 кадрів на секунду). Отримані фотографії мають певне розширення, вимірюване в кількості пікселів, що залежить від світлочутливого елемента камери - матриці. Кожен піксель - це маленький квадратик, якому в електронному вигляді присвоюється певне значення кольору. У цифровому вигляді ці кадри, що містять колірні значення пікселів, зберігаються в пам'яті і порівнюються один з одним на предмет різкої зміни кольору в пікселях, що для камери свідчить про початок руху в кадрі.

Сучасні алгоритми дозволяють налаштувати чутливість детекції, що дає змогу генерувати сигнал про зміни в кадрі при менш різких змінах картинки або при найменших змінах. Це означає, що базова детекція руху - це зміна картинки в кадрі камери, яка може бути викликана рухом штор, кущів, дерев, високої трави і їхніх тіней, а також польотом комах перед камерою.

Для часткового усунення помилкових спрацьовувань можна вказати зону в кадрі, де необхідно здійснювати детекцію руху. Проте це також може призвести до того, що камера пропустить дійсно важливий кадр з рухом. Алгоритм камер відеоспостереження з сенсором руху, навіть з недоліками, дозволяє вести запис не цілодобово, а тільки при зміні картинки, що економить місце в сховищі і інформує зацікавлених осіб про зміни в зоні спостереження.

Логічним продовженням цієї функції стала детекція людини і транспортного засобу в кадрі камери, яка з'явилася кілька років тому. Цей новий алгоритм дозволяє камері не вести запис і не сигналізувати при русі листя, трави, штор, тіней і навіть тварин. Розумне відеоспостереження з сенсором руху реагує тільки при появі в кадрі силуету людини або машини.

Це досягається вбудованими в алгоритм патернами, які дозволяють визначити, що змінювані пікселі в кадрі є рухомою людиною або машиною. Точність цього алгоритму становить від 70 до 90 % залежно від правильності налаштувань алгоритму на деталі навколишнього середовища в кадрі, а також дещо погіршується в нічний час через недостатнє освітлення.

При налаштуванні системи виявлення руху є три важливих параметри, які визначають переломний момент, коли зміна пікселів вважається достатньо відмінною, щоб називатися «подією руху». Це так звана чутливість, поріг та антидизеринг.

Області та сітка.

При створенні зони можна помітити, що вона розділена на невеликі підсекції, такі як сітка. Для зручності ми будемо називати кожен квадрат сітки «областю», яка складається з пікселів сцени. Чутливість — це налаштування, яке показує, скільки змін має відбутися в окремій «області», щоб вважати її

«рухомою». Чим нижче значення чутливості, тим більше ігнорується рух або зміни в одній з цих областей. Чим вище число, тим легше буде враховувати зміни руху.

Зона та поріг.

Це підводить до налаштування порогу. При створенні зони, як зазначалося раніше, вона складається з менших квадратів сітки або областей. Поріг визначає, який відсоток від загальної кількості областей зони має зазнати руху, щоб камера відеоспостереження вважала це подією руху. Наприклад, якщо встановлена зона має розмір 4×4 , всього 16 областей, і встановлений поріг 50, то потрібно не менше 8 з 16 зон (або 50% з них), щоб зазнати руху, для спрацювання тригера.

Антидизеринг.

Ще один параметр, який можна змінити — це антидизеринг. Цей параметр представляє собою таймер, від 0 до 100 секунд, який запускається, як тільки будуть виконані критерії чутливості та порогові значення. Якщо антидизеринг встановлений на 5 секунд, як за замовчуванням, то має пройти 5 секунд, перш ніж подія, яка запускає налаштування чутливості та порогу, буде вважатися зареєстрованою.

Усі ці три параметри працюють разом, щоб допомогти користувачеві усунути хибні спрацювання системи безпеки.

1.3 Розпізнавання об'єктів на зображеннях

Операції розпізнавання на зображеннях певних об'єктів, як правило, передбачають обробку зображень для створення умов, які підвищують ефективність та якість виділення і розпізнавання шуканих або досліджуваних об'єктів. Методи попередньої обробки залежать від завдань досліджень, є досить різноманітними і можуть включати, наприклад, виділення найбільш інформативних фрагментів, їх збільшення, отримання 3-вимірних зображень, кольорове картування, реалізацію високого просторового розділення, підвищення контрастного розділення, покращення якості зображень тощо.

Розпізнавання об'єктів - це технологія комп'ютерного зору, яка дозволяє ідентифікувати об'єкти на зображеннях чи відео. Ця техніка є важливим досягненням алгоритмів глибокого навчання та машинного навчання. Люди легко розпізнають людей, предмети, сцени та візуальні деталі на зображеннях чи відео, і метою є навчити комп'ютер робити те саме, забезпечуючи рівень розуміння того, що зображено.

Для розпізнавання об'єктів існують різні підходи. Останнім часом методи машинного навчання та глибокого навчання стали популярними. Обидві методики використовуються для ідентифікації об'єктів на зображеннях, але вони відрізняються своїми підходами.

Технології глибокого навчання є особливо популярними для розпізнавання об'єктів. Моделі глибокого навчання, такі як конволюційні нейронні мережі (CNN), автоматично навчаються виявляти властивості об'єктів для їх ідентифікації. Наприклад, CNN може навчитися відрізняти котів від собак, аналізуючи тисячі зображень і визначаючи характеристики, які роблять ці тварини різними.

Існують два основні підходи до розпізнавання об'єктів за допомогою глибокого навчання:

- 1 Навчання моделі з нуля: Для цього необхідно зібрати великий набір даних із мітками і розробити мережеву архітектуру, яка навчається розпізнавати об'єкти. Цей підхід може дати чудові результати, але потребує багато тренувальних даних і значних зусиль для налаштування мережі та ваг.
- 2 Використання попередньо навчених моделей: У цьому випадку використовується метод передачі навчання. Починають з існуючої мережі, наприклад, AlexNet або GoogLeNet, і налаштовують її на нові дані з новими класами. Цей метод менш трудомісткий і дозволяє швидше отримати результати, оскільки модель вже була навчена на великій кількості зображень.

Для розпізнавання об'єктів за допомогою традиційного машинного навчання спочатку збирають колекцію зображень або відео та вибирають відповідні характеристики для кожного зображення. Наприклад, алгоритм може

виділяти крайові або кутові ознаки, які допомагають розрізняти класи в даних. Ці ознаки додаються до моделі машинного навчання, яка класифікує їх за відповідними категоріями і використовує цю інформацію для аналізу та класифікації нових об'єктів.

Використання машинного навчання для розпізнавання об'єктів дозволяє гнучко обирати найкращі комбінації характеристик та класифікаторів для навчання, що може забезпечити точні результати з мінімальними даними.

Машинне навчання проти глибокого навчання для розпізнавання об'єктів

Вибір найкращого підходу до розпізнавання об'єктів залежить від конкретного застосування та проблеми, яку потрібно вирішити. У багатьох випадках машинне навчання може бути ефективним, особливо якщо відомо, які характеристики зображення найкраще підходять для диференціації класів об'єктів.

Основне питання при виборі між машинним та глибоким навчанням полягає в можливості використовувати потужний комп'ютер та обсягу доступних тренувальних зображень. Якщо відповідь на будь-яке з цих питань - «ні», то найкращим вибором може стати машинне навчання. Глибоке навчання краще працює з великими обсягами даних, а GPU (графічний процесор) допомагає скоротити час, необхідний для тренування моделі.

Основні етапи розпізнавання об'єктів

Розпізнавання об'єктів складається з трьох ключових етапів:

1. Виявлення (Detection) - знаходження об'єкту на зображенні.
2. Розпізнавання (Recognition) - отримання інформації про виявлений об'єкт.
3. Ідентифікація (Identification) - детальний аналіз об'єкту, виділення інформації.

Кожен з цих етапів може бути реалізований різними підсистемами, використовуючи різні інструменти та підходи. Важливо, щоб ці підсистеми могли ефективно взаємодіяти між собою, обмінюючись даними у встановленому

форматі. Це дозволяє обрати найбільш оптимальні інструменти для кожного етапу без прив'язки до одного стеку технологій, як показано на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Виявлення та упізнавання об'єкту

Додаткові аспекти розпізнавання об'єктів.

- Попередня обробка даних: Нормалізація, аугментація та покращення якості зображень.
- Пост-обробка результатів: Згладжування та об'єднання результатів для підвищення точності.
- Інтеграція з іншими системами: Забезпечення сумісності та ефективної комунікації між підсистемами.
- Оцінка продуктивності: Використання метрик для регулярної оцінки та покращення моделей.
- Адаптивність до нових даних: Регулярне перевчання моделей на нових даних.

Ці етапи та аспекти допомагають створити ефективні системи розпізнавання об'єктів, що відповідають різним потребам і задачам.

1.4 Аналіз розпізнавання об'єктів в системах обмеження доступу в приміщеннях

Для оптичного розпізнавання образів можна застосувати метод перебору виду об'єкта під різними кутами, масштабами, зміщеннями тощо. Інший підхід - знайти контур об'єкта та дослідити його властивості (зв'язаність, наявність кутів тощо). Ще один підхід - використовувати штучні нейронні мережі. Цей метод потребує або великої кількості прикладів задачі розпізнавання (з правильними відповідями), або спеціальної структури нейронної мережі, яка враховує специфіку даної задачі.

Для початку роботи з розробки програмного забезпечення для визначення та ідентифікації облич людей поставимо наступні задачі:

1. Визначення облич та збереження знімків відеокамер для подальшої обробки.
2. Розпізнавання конкретної особи на зображенні з камери спостереження в реальному часі.

Практично всі найпопулярніші з існуючих алгоритмів діють у такій послідовності:

1. Детектування та локалізація обличчя на зображенні.
2. Вирівнювання зображення обличчя (геометричне та яскравісне).
3. Обчислення ознак.
4. Розпізнавання - порівняння обчислених ознак з еталонами в базі даних.

Коваріація зображення.

У більшості випадків, коли потрібно просте порівняння двох досить схожих фрагментів зображення, це реалізують через їхню коваріацію.

Цей метод можна пояснити наступним чином: об'єкт, що містить шуканий зразок, пересувається по координатах X та Y по зображенню, в якому здійснюється пошук. Робота алгоритму вважається успішною, коли знаходиться

така точка, де відмінність шуканого зразка від зображення, в якому здійснювався пошук, досягає свого мінімуму.

$$\sum_{i < W, j < H} [I(x + i, y + j) - J(i, j)]$$

де I – зображення, в якому відбувається пошук;

J – зразок для порівняння;

W – ширина зображення в пікселях;

H – висота зображення в пікселях;

x, y – координати дійсного пікселя зображення в якому відбувається пошук.

Цей метод швидкий у реалізації та інтуїтивно зрозумілий. Однак він має свої недоліки:

- Низька швидкість роботи, особливо при обробці великих зображень. Якщо використовується зразок $a \cdot a$ пікселів та зображення для пошуку $b \cdot b$ пікселів, то кількість операцій можна розрахувати як $a^2 \cdot (b - a)^2$.
- Нестабільна робота при зміні освітлення.
- Нестабільна робота при зміні масштабу або повороті зображення.
- Нестабільна робота, якщо частина зображення має змінний фон.

Ці недоліки можна усунути наступними методами:

- Недоліки в швидкості роботи усуваються шляхом проведення пошуку з великим кроком при малому розділенні.
- Недоліки освітлення можна нейтралізувати нормалізацією або переходом до бінаризації області.
- Зміни масштабу та незначні викривлення об'єкта пошуку можна усунути зміною розділення при кореляції.
- З фоном при такому підході ніхто не бореться.

Методи порівняння шаблонів.

На дуже схожому підході працюють методи порівняння шаблонів (Template Matching), де для порівняння областей застосовуються найпростіші алгоритми на кшталт попиксельного порівняння. Їхні основні принципи полягають у виділенні

областей обличчя на зображенні та їхньому порівнянні для двох різних зображень. Кожна співпала область збільшує міру схожості.

Оскільки використовуються найпростіші алгоритми пошуку, можна зіткнутися з наступними недоліками:

- Ресурсоемність (зберігання проміжної інформації, еталонів для порівняння, обробка всієї наявної інформації).
- Нестабільна робота у випадку зміни освітлення.
- Нестабільна робота при зміні масштабу або повороті зображення.
- Нестабільна робота у випадку зміни виразу обличчя.
- Неможливо з точністю сказати, чи був знайдений шуканий об'єкт, оскільки результатом роботи є ймовірнісна характеристика.
- Хибні спрацьовування (у різних зображень можуть бути схожі деталі або області).

Методи засновані на геометричних характеристиках обличчя.

Ще однією групою методів є методи, засновані на геометричних характеристиках обличчя. Процес розпізнавання полягає в порівнянні ознак людини, що є в базі, з ознаками на зображенні, яке є для порівняння. Правильне знаходження ключових точок на зображенні є гарантією успішного розпізнавання.

Недоліки цього методу:

- Наявність на фото окулярів, бороди, зміни зачіски, макіяжу заважають знаходженню ключових точок.
- Нестабільна робота при зміні освітлення.
- Нестабільна робота у випадку зміни ракурсу (фото повинно бути зроблене в анфас).
- Нестабільна робота при зміні виразу обличчя.

Таким чином, цей алгоритм буде корисним для певних задач, наприклад, коли потрібно порівняти зображення обличчя, отримане в поточний момент, з фотографією в документі.

Метод Віолі–Джонса.

Існують і більш гнучкі методи та алгоритми пошуку. Найбільш широко використовується для таких задач метод Віолі–Джонса. Він є високоефективним для пошуку об'єктів на зображеннях та відеопослідовностях у режимі реального часу. В основі цього алгоритму лежить ідея вейвлетів Хаара. Однак у чистому вигляді алгоритми, що працюють з інтенсивністю зображення, мають велику обчислювальну складність, тому цей підхід був адаптований у методі Віолі–Джонса.

Признак Хаара (рис. 1.2) складається з суміжних прямокутних областей. У загальному вигляді метод можна описати наступними кроками: прямокутні області позиціонуються на зображенні, потім сумуються інтенсивності пікселів у областях, далі обчислюється різниця між цими сумами (сумарне значення області темних пікселів з сумарного значення області світлих пікселів). Ця різниця буде значенням певного ознаку, певного розміру, певним чином розміщеного на зображенні. Найчастіше використовуються області прямокутної форми або форми, яку можна представити як сукупність прямокутників для того, щоб можна було застосувати техніку інтегральних зображень для розрахунку сумарних інтенсивностей у них.

Інтегральне представлення зображення – це матриця, розмірність якої збігається з розмірністю вихідного зображення. Елементи цієї матриці розраховуються за формулою:

$$I(x, y) = \sum_{i=1}^{i \leq W, j \leq H} J(i, j)$$

де $I(x, y)$ – елемент інтегрального зображення;

$J(i, j)$ – яскравість пікселя вихідного зображення;

W, H – ширина і висота вихідного зображення.

Таким чином, кожен елемент інтегрального зображення $I(x, y)$ містить у собі суму пікселів зображення в прямокутнику від (1, 1) до (x, y) [4].

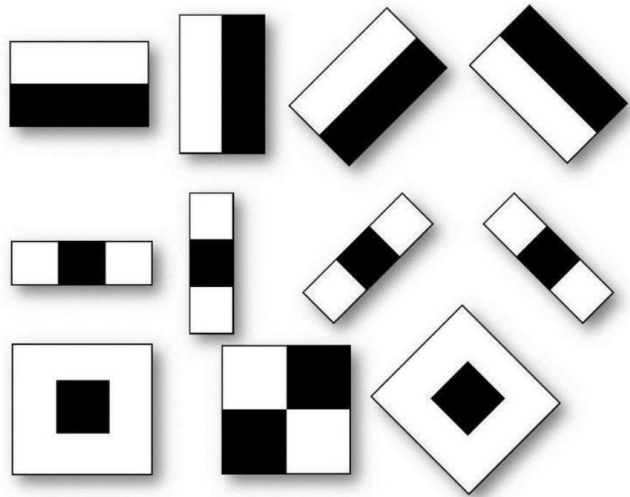


Рисунок 1.2 – Ознаки Хаара

- 1 Основні принципи, на яких базується даний метод, такі:
- 2 Робота з об'єктами в інтегральному відображенні (для збільшення швидкості обчислення об'єктів).
- 3 Робота з ознаками Хаара, за допомогою яких здійснюється пошук обличчя та його рис.
- 4 Використання бустингу (від англ. boost – покращення, посилення) для вибору найбільш відповідних ознак для шуканого об'єкта на даній частині зображення.
- 5 Всі ознаки надходять на вхід класифікатора, який дає результат "вірно" або "хибно".
- 6 Використовуються каскади ознак для швидкого відсіву вікон, де не знайдено обличчя. Характеристику Хаара можна визначити як функцію f від сумарної інтенсивності I_A і I_B двох прямокутних ділянок зображення A і B таких, що ділянка A вкладена в ділянку B . На сьогодні використовується характеристика виду:

$$f(I_a, I_b) = \alpha I_a + \beta I_b,$$

де α і β – константи [4]. Застосування алгоритму Віоли та Джонса вимагає корекції освітлення.

$$I'(x, y) = \frac{I(x, y) - \mu}{c\sigma}, c > 0$$

Де $I(x, y)$ – інтенсивність у точці (x, y) ;

μ – оцінкове середнє значення інтенсивності по деякій околиці;

c – позитивна константа, яку зазвичай приймають рівною двом;

σ – оцінкова дисперсія [4].

Ключовою особливістю ознак Хаара (рис. 1.3) найвища порівняно з іншими ознаками швидкість. При використанні інтегрального представлення зображення ознаки Хаара можуть обчислюватися за постійний час (приблизно 60 процесорних інструкцій на ознаку з двох областей) [4].

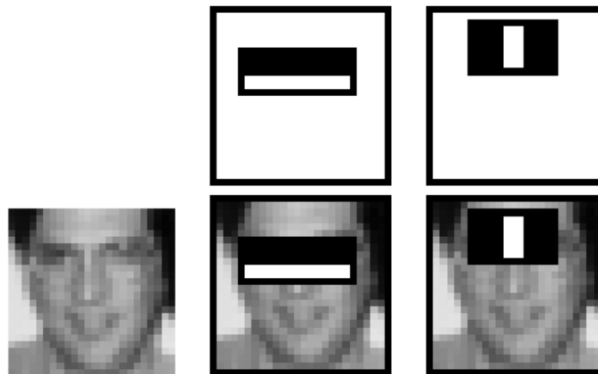


Рисунок 1.3 – Приклад використання ознак Хаара у методі Віоли-Джонса

Метод Хопфілда.

Крім простих алгоритмів, існує підхід до розпізнавання образів, що вимагає навчання нейронної мережі. Як приклад можна розглянути нейронну мережу Хопфілда. Алгоритм навчання цієї мережі суттєво відрізняється від класичних алгоритмів навчання перцептронів тим, що замість послідовного наближення до потрібного стану з обчисленням помилок всі коефіцієнти вагової матриці розраховуються за однією формулою, за один цикл, після чого мережа відразу готова до роботи [5].

Недоліки, з якими можна зіткнутися, вдаючись до вирішення задачі за допомогою мережі Хопфілда:

- запам'ятовуванні образи не повинні бути сильно схожі;
- зображення не повинно бути зміщене або повернене щодо його вихідного стану.

Для усунення цих недоліків розглядаються різні модифікації класичної нейронної мережі Хопфілда. При виборі даного методу з урахуванням та виправленням заздалегідь відомих недоліків можна отримати нейронну мережу, яка запам'ятовує певну кількість векторів і при подачі на вхід будь-якого вектора визначає, на який із запам'ятованих він найбільше схожий.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

Розпізнавання образів є однією з ключових задач в області комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Ця технологія знаходить застосування в багатьох сферах, включаючи біометричні системи, системи безпеки, медицину, автомобільну промисловість, робототехніку та інші галузі. Метою даного розділу є дослідження та аналіз основних методів розпізнавання образів, їх характеристик, переваг та недоліків, а також визначення напрямків подальшого розвитку цих технологій.

Розпізнавання образів включає процес ідентифікації та класифікації об'єктів на зображеннях чи відео. Для вирішення цієї задачі існують різні підходи, кожен з яких має свої особливості та області застосування.

2.1 Дослідження методів виявлення рухомих об'єктів

Виявлення рухомих об'єктів залишається актуальним завданням в області комп'ютерного зору, яке не має єдиного універсального рішення через специфіку різних умов. Розглянемо основні аспекти, які впливають на ефективність таких систем.

Обставини, за яких здійснюється виявлення, можуть значно варіюватися. Наприклад, обробка бінарних чорно-білих зображень значно простіша порівняно з кольоровими зображеннями, де колірні переходи можуть бути дуже плавними. Відео може надходити зі статично розташованої камери, де фон залишається практично незмінним, або з камери на рухомому об'єкті, де об'єкт може бути нерухомим. Рівень шуму також може змінюватися, впливаючи на якість зображення через погодні умови, такі як дощ, туман, вітер або сніг. Тому методи, які працюють бездоганно в одних умовах, можуть виявитися непридатними в інших.

Алгоритми для автоматичних систем виявлення руху, особливо в системах контролю периметра або виявлення проникнень, повинні відповідати певним критеріям:

Низька обчислювальна складність. Це одна з найважливіших характеристик, оскільки високі обчислювальні вимоги ускладнюють використання алгоритмів у реальному часі.

Стабільність роботи при різних погодних умовах. Алгоритм повинен бути надійним незалежно від пори року та погодних умов.

Стійкість до змін освітлення. Алгоритм повинен ефективно працювати як вдень, так і вночі при штучному освітленні.

Мінімум хибних спрацьовувань. Система повинна бути стійкою до шумів обладнання та не реагувати на незначні об'єкти, такі як гілки дерев або листя.

Крім алгоритмічних вимог, системи виявлення рухомих об'єктів повинні відповідати таким критеріям:

Багатоканальність. Система повинна підтримувати обробку декількох відеопотоків одночасно.

Масштабованість. Легке збільшення кількості джерел вхідних даних.

Гаряча заміна. Можливість підключення або відключення камер без зупинки системи.

Першим етапом виявлення рухомих об'єктів є ідентифікація всіх можливих варіантів на зображенні. Це досягається методами, заснованими на моделюванні, які порівнюють окремі області зображення з моделями рухомих об'єктів. Існують два основних підходи до виявлення руху:

Методи, що базуються на тимчасових відмінностях. Це методи обчислення оптичного потоку, які використовують різницю між послідовними кадрами.

Моделювання і віднімання фону. Це методи, які порівнюють поточний кадр з моделлю фону, визначаючи відмінності як рухомі об'єкти.

Перші дослідження з виявлення рухомих об'єктів з'явилися наприкінці 70-х років XX століття та базувалися на відмінності сусідніх відеокадрів. У 90-х

роках були розроблені методи, що ґрунтувалися на зміні положення пікселів. Були використані як окремі пікселі, так і блоки пікселів.

Методи, засновані на відмінностях між сусідніми кадрами, дуже чутливі до шуму і змін освітлення. Іншим підходом є моделювання і віднімання фону, де пікселі переднього плану визначаються як ті, що мають значення інтенсивності, відмінні від середнього значення моделі фону. Модель фону оновлюється через певні інтервали часу. Іноді в якості моделі фону використовується перший відеокادر, що дозволяє грубо визначити рухомий об'єкт при незначних змінах сцени.

Сучасні методи використовують статистичні функції для опису фону: середнє значення, медіана або розподіл Гауса. Кожна точка зображення моделюється за допомогою розподілу Гауса з обчисленим середнім значенням інтенсивності.

Таким чином, розвиток методів виявлення рухомих об'єктів продовжується, і з кожним роком з'являються нові, більш ефективні алгоритми, здатні працювати в різних умовах і забезпечувати високу точність виявлення.

Також існують способи виявлення об'єктів з використанням частотної області, які базуються на вейвлет-перетвореннях. В деяких випадках вейвлетперетворення застосовується для оцінки фону на базі попередніх кадрів відеопослідовності, також для виділення пересувається об'єкта і його розташування [15]. Існує інший спосіб, базується на дробовій статистикою низького порядку [16]

2.2 Дослідження виявлення рухомих об'єктів за допомогою OpenCV

Виявлення рухомих об'єктів широко використовується у різноманітних додатках, від відеоспостереження до моніторингу дорожнього руху (рис. 2.1). Це надзвичайно важливе завдання у постійно розвиваючійся галузі комп'ютерного зору. Бібліотека OpenCV з відкритим вихідним кодом, відома своїм повним

набором інструментів для комп'ютерного зору, надає надійні рішення для виявлення рухомих об'єктів.

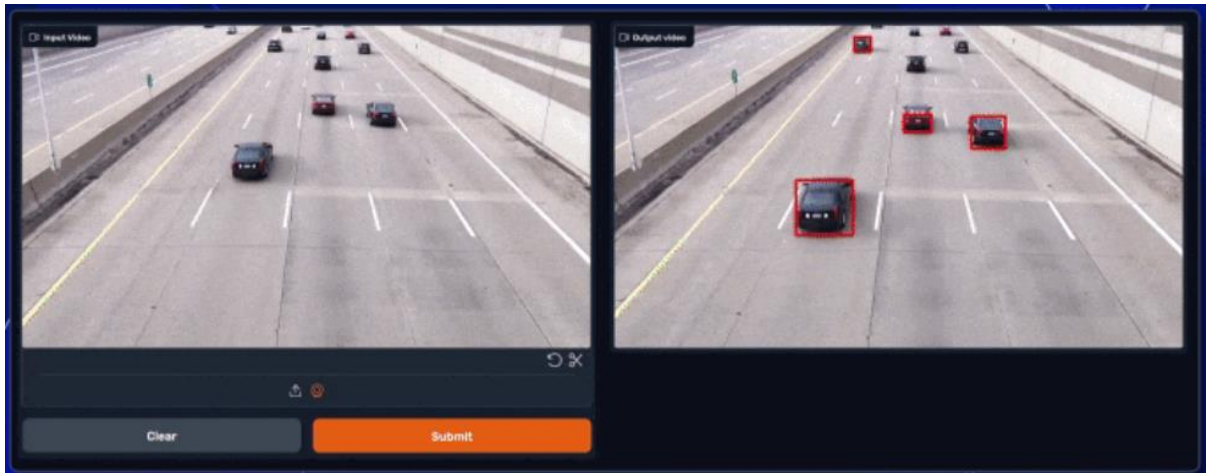


Рисунок 2.1 – Виявлення рухомого об'єкту за допомогою OpenCV

Виявлення контурів, метод, що використовується для ідентифікації та окреслення об'єктів, у поєднанні з відніманням фону, яке виділяє рухомі об'єкти на статичному фоні, створює потужний дует для виявлення рухомих об'єктів у режимі реального часу. Цей підхід є практичним та ефективним з точки зору обчислень, що робить його придатним для додатків, які потребують швидкого та точного виявлення об'єктів.

Виявлення контурів.

Виявлення контурів — це процес ідентифікації меж або контурів об'єктів на зображенні. Контури є важливими характеристиками об'єктів, які допомагають визначити їх форму та структуру. У комп'ютерному зорі контури використовуються для сегментації та аналізу зображень, виявлення об'єктів, відстеження руху та багатьох інших завдань.

Контури можна пояснити просто як криві, що з'єднують усі неперервні точки (уздовж межі), які мають однаковий колір або інтенсивність. Контури корисні для аналізу форми, виявлення об'єктів та розпізнавання. OpenCV дозволяє легко знаходити та малювати контури на зображеннях.

Він надає дві прості функції: `findContours()` і `drawContours()`. Крім того, в ньому є два різних алгоритми для визначення контурів: `CHAIN_APPROX_SIMPLE` і `CHAIN_APPROX_NONE`.

`findContours()` - використовується для виявлення контурів на зображенні.

Формат виклику: `contours, hierarchy = cv2.findContours(image, mode, method)`

`image` - вхідне зображення.

`mode` - режим виявлення контурів (наприклад, `cv2.RETR_EXTERNAL` для виявлення лише зовнішніх контурів).

`method` - метод апроксимації контурів (наприклад, `cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE`).

`drawContours()` - використовується для малювання контурів на зображенні.

Формат виклику: `cv2.drawContours(image, contours, contourIdx, color, thickness)`

`image` - зображення, на якому потрібно малювати контури.

`contours` - список контурів, знайдених за допомогою `findContours()`.

`contourIdx` - індекс контуру, який потрібно намалювати (для малювання всіх контурів можна використовувати -1).

`color` - колір контуру.

`thickness` - товщина лінії контуру (негативне значення означає заповнення контуру).

`CHAIN_APPROX_SIMPLE` - Цей метод зберігає лише кінцеві точки сегментів, зменшуючи кількість точок, що складають контур. Це значно скорочує пам'ять, необхідну для зберігання контурів.

`CHAIN_APPROX_NONE` - Цей метод зберігає всі точки контуру. Використовується для більш детального зберігання форми контуру.

Використання OpenCV для знаходження та малювання контурів є доволі простим завданням:

Зчитування зображення та перетворення його у формат градацій сірого.

Зчитати зображення та перетворити його у формат градацій сірого (рис. 2.2), це важливий крок, який готує зображення для наступних етапів. Перетворення зображення на одноканальне чорно-біле є необхідним для застосування

порогової обробки, що, у свою чергу, необхідно для правильної роботи алгоритму виявлення контурів.



Рисунок 2.2 – Порівняльне зображення, вхідне зображення та вихід із накладеними контурами

Застосування бінарної порогової обробки.

Завжди спочатку застосовуйте бінарну порогову обробку або детекцію країв за допомогою методу Кенні до зображення у градаціях сірого. Це перетворює зображення у чорно-біле, підкреслюючи об'єкти для спрощення роботи алгоритму виявлення контурів. Порогова обробка робить межі об'єктів на зображенні повністю білими, всі пікселі мають однакову інтенсивність. Алгоритм може виявити межі об'єктів за цими білими пікселями.

Знаходження контурів.

Використовуйте функцію `findContours()` для виявлення контурів на зображенні.

Малювання контурів на оригінальному RGB зображенні.

Після виявлення контурів використовуйте функцію `drawContours()` для накладання контурів на оригінальне RGB зображення.

Віднімання фону.

Віднімання фону (background subtraction) є одним з основних підходів для виявлення рухомих об'єктів у відеопотоках. У OpenCV доступні кілька методів для цього завдання, серед яких найпоширенішими є `BackgroundSubtractorMOG2` і `BackgroundSubtractorKNN`. Давайте розглянемо кожен з них докладніше.

BackgroundSubtractorMOG2 (Mixture of Gaussians) — це алгоритм, який використовує модель змішування Гаусівських розподілів для кожного пікселя. Цей метод адаптивний і може ефективно працювати в умовах, де сцена постійно змінюється.

Основні характеристики:

- Адаптивність: Алгоритм адаптується до змін у сцені, таких як зміна освітлення або рух заднього плану.
- Селективність тіней: Може відокремлювати тіні від об'єктів, що рухаються, що робить його корисним для зовнішнього спостереження.
- Параметри налаштування: Користувач може налаштовувати такі параметри, як число Гаусівських розподілів, час життя фону і поріг для тіней.

BackgroundSubtractorKNN (K-Nearest Neighbors) — це алгоритм, який використовує метод k-ближчих сусідів для класифікації кожного пікселя як фон або об'єкт, що рухається. Цей метод також зберігає історію кадрів для адаптації до змін у сцені.

Основні характеристики:

- Адаптивність: Як і MOG2, цей алгоритм адаптується до змін у сцені.
- Швидкість: Зазвичай швидший за MOG2, оскільки використовує менш складну модель.
- Параметри налаштування: Можливість налаштовувати параметри, такі як кількість сусідів для класифікації та кількість кадрів в історії.

Першим кроком виявлення рухомих об'єктів є віднімання фону (рис. 2.3). Використання статичної камери — поширений і широко використовуваний метод для створення маски переднього плану (а саме двійкового зображення, що містить пікселі, які належать рухомих об'єктам у сцені).

Як випливає з назви, функція віднімання фону обчислює маску переднього плану, виконуючи віднімання між поточним кадром і фоновою моделлю, що містить статичну частину сцени або, загалом, усе, що можна розглядати як фон, враховуючи характеристики спостережуваної сцени.

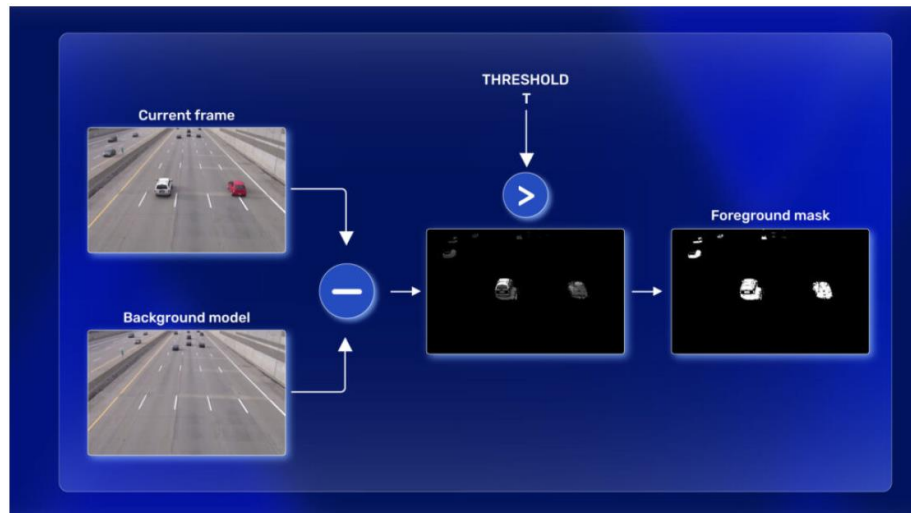


Рисунок 2.3 – Віднімання фону в OpenCV

Фонове моделювання складається з двох основних етапів:

1. **Фонові ініціалізація:** На цьому етапі обчислюється початкова модель фону. Це може включати аналіз декількох кадрів відео для створення середнього зображення або використання інших методів для визначення статичних частин сцени.
2. **Фонове оновлення:** На цьому етапі модель фону постійно оновлюється, щоб адаптуватися до можливих змін у сцені. Це необхідно для врахування змін освітлення, руху незначних об'єктів, що з'являються та зникають, та інших динамічних факторів.

Оцінка фону також може застосовуватися до різноманітних додатків для відстеження руху, таких як аналіз трафіку, виявлення людей і т.д. Ці методи допомагають підтримувати актуальну модель фону, що дозволяє точно виявляти та відстежувати рухомі об'єкти в реальному часі.

2.3 Дослідження методів розпізнавання образів за допомогою штучного інтелекту

Розпізнавання образів — це одна з ключових задач у сфері штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН). З розвитком технологій та збільшенням

обсягу доступних даних, методи розпізнавання образів стають все більш потужними та точними.

Розпізнавання образів за допомогою ШІ включає кілька основних етапів:

1. Збір даних: Отримання великої кількості зображень для тренування моделі.
2. Передобробка даних: Зображення можуть бути нормалізовані, масштабовані та очищені для підвищення якості даних.
3. Вибір моделі: Вибір архітектури моделі, яка найкраще підходить для розв'язання конкретної задачі.
4. Тренування моделі: Використання тренувальних даних для навчання моделі розпізнавати патерни та особливості зображень.
5. Тестування та валідація: Перевірка точності та ефективності моделі на тестових даних.
6. Використання моделі: Застосування натренованої моделі до нових зображень для класифікації або іншого виду аналізу.

Існує багато методів для розпізнавання об'єктів, розглянемо деякі з них:

R-CNN.

Перші моделі інтуїтивно починають з пошуку області, а потім виконують класифікацію. У R-CNN метод вибіркового пошуку, розроблений Дж. Р. Р. Уйлінгсом та ін. (2012), є альтернативою повному пошуку на зображенні для фіксації місцезнаходження об'єкта. Він ініціалізує невеликі області зображення та об'єднує їх в ієрархічну групу. Таким чином, остання група представляє собою блок, що містить усе зображення (рис. 2.4). Виявлені області об'єднуються відповідно до різних колірних просторів та показників схожості. Результатом є кілька пропозицій регіонів, які можуть містити об'єкт шляхом злиття невеликих регіонів. Модель R-CNN Р. Гіршик та ін. поєднує в собі метод вибіркового пошуку для виявлення пропозицій регіонів та глибоке навчання для виявлення об'єкта в цих регіонах. Розмір кожної пропозиції регіону змінюється, щоб відповідати вхідним даним CNN, з яких ми витягуємо вектор ознак з 4096 вимірами. Вектор ознак передається до кількох класифікаторів для отримання ймовірностей належності до кожного класу. Кожен з цих класів має класифікатор

SVM, навчений робити висновки про ймовірність виявлення цього об'єкта для заданого вектора ознак. Цей вектор також передає лінійний регресор, щоб адаптувати форми обмежуючої рамки для пропозиції регіону i , таким чином, зменшити помилки локалізації.



Рисунок 2.4 – Вгорі: візуалізація результатів сегментації алгоритму, внизу: візуалізація пропозицій області алгоритму

Модель CNN, описана авторами, навчена на наборі даних ImageNet 2012 року для початкового завдання класифікації зображень. Вона налаштовується з використанням пропозицій за регіонами, відповідних IoU більше 0,5. Випускаються дві версії: в одній версії використовується набір даних PASCAL VOC 2012 року, а в іншій — набір даних ImageNet 2013 року з обмежувачими рамками. Класифікатори SVM також навчаються для кожного класу кожного набору даних.

Найкращі моделі R-CNN (рис. 2.5) досягли оцінки mAP 62,4% порівняно з набором тестових даних PASCAL VOC 2012 (збільшення на 22,0 бали порівняно з другим найкращим результатом у таблиці лідерів) та 31,4% оцінки mAP порівняно з набором даних ImageNet 2013 року (збільшення на 7,1 бал порівняно з другим найкращим результатом у таблиці лідерів 2013 року). [5]

Мінуси R-CNN:

1. Навчання мережі займає багато часу, оскільки для кожного зображення потрібно класифікувати 2000 пропозицій регіонів.
2. Нереально реалізувати в режимі реального часу, оскільки обробка кожного тестового зображення займає близько 47 секунд.
3. Алгоритм вибіркового пошуку є фіксованим алгоритмом. Це означає, що на цьому етапі немає навчання, що може призвести до створення некоректних пропозицій регіонів-кандидатів.

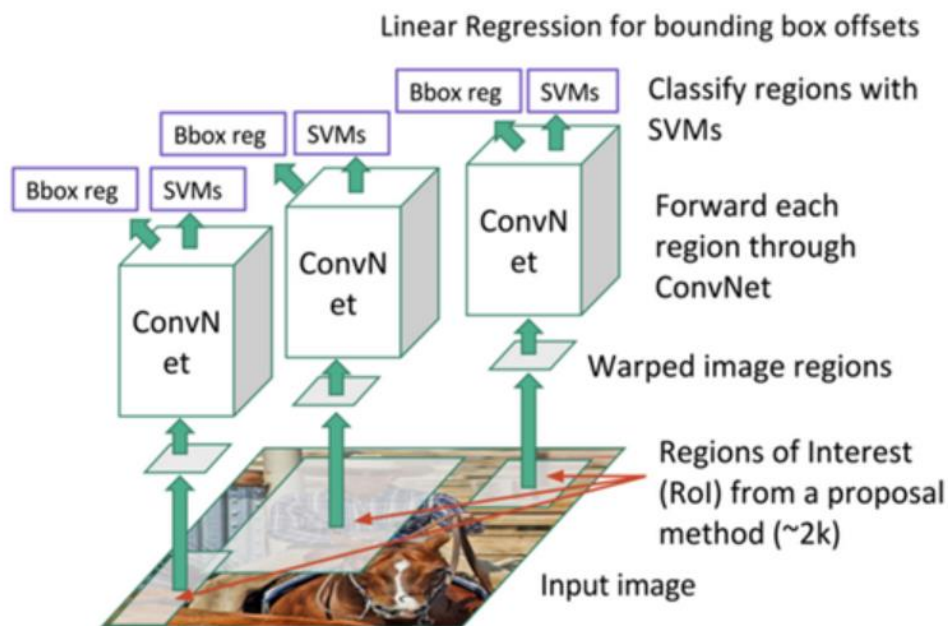


Рисунок 2.5 – Регіональна згорткова мережа (R-CNN)

Fast R-CNN.

Метою швидкої згорткової мережі на основі регіонів (Fast R-CNN), (рис. 2.6) розробленої Р. Гіршиком (2015), є скорочення витрат часу, пов'язаних з великою кількістю моделей, необхідних для аналізу всіх пропозицій регіонів.

Основна CNN з кількома згортковими шарами приймає все зображення як вхідні дані замість використання CNN для кожної пропозиції регіону (як у R-CNN). Області інтересів (RoI) виявляються за допомогою методу вибіркового пошуку, який застосовується до створених карт об'єктів. Формально розмір карт об'єктів зменшується за допомогою шару пулінгу RoI, щоб отримати допустиму область інтересів з фіксованою висотою та шириною як гіперпараметрами.

Кожен шар області інтересів передає повністю зв'язані шари¹, створюючи вектор ознак. Цей вектор використовується для прогнозування спостережуваного об'єкта за допомогою класифікатора softmax і для адаптації локалізації обмежувальної рамки за допомогою лінійного регресора.

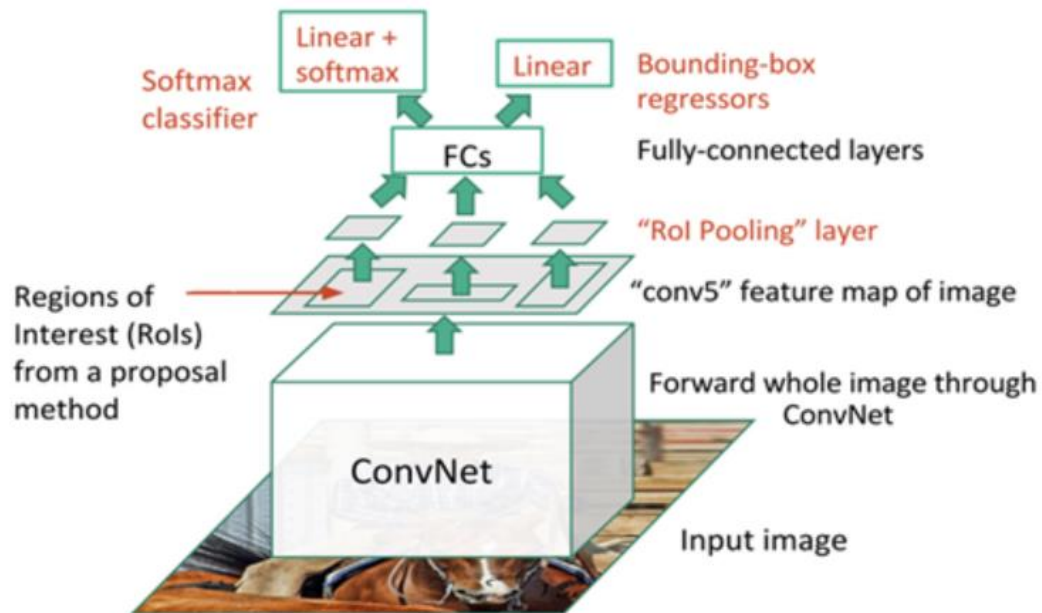


Рисунок 2.6 – Регіональна згорткова мережа (Fast R-CNN)

Найкращі результати Fast R-CNN досягли оцінки mAp 70,0% для тестового набору даних PASCAL VOC 2007 р., 68,8% для тестового набору даних PASCAL VOC 2010 р. і 68,4% для тестового набору даних PASCAL VOC 2012 р.[5]

Faster R-CNN.

Пропозиції регіонів, знайдені за допомогою методу вибіркового пошуку, були необхідними в попередній моделі, що вимагала значних обчислювальних ресурсів. С. Рен та ін. (2016) представили мережу пропозицій регіонів (RPN), щоб прямо створювати пропозиції регіонів, прогнозувати обмежувальні рамки та виявляти об'єкти. Швидша згорткова мережа на основі регіонів (Faster R-CNN) - це комбінація RPN та моделі Fast R-CNN.

Модель CNN приймає всі зображення в якості вхідних даних і створює карти характеристик. Вікно розміром 3x3 (рис. 2.7) ковзає по всіх картах об'єктів і виводить вектор ознак, пов'язаний з двома повністю зв'язаними шарами, один для

блочної регресії і один для блочної класифікації. Пропозиції декількох регіонів передбачаються повністю зв'язаними шарами. Максимум k областей прив'язки обирається, і вихідні дані з блоків регресії мають розмір $4k$ (координати блоків, їх висота і ширина), а вихідні дані з блоків класифікації мають розмір $2k$ (бали «об'єктивності» для виявлення об'єкта або ні в коробці). Пропозиції області k , виявлені ковзаючим вікном, називаються якорями. Коли блоки прив'язки виявлені, вони вибираються шляхом застосування порогу до показника «об'єктивності», щоб залишити лише відповідні блоки. Ці блоки прив'язки та карти об'єктів, обчислені вихідною моделлю CNN, подають модель Fast R-CNN.

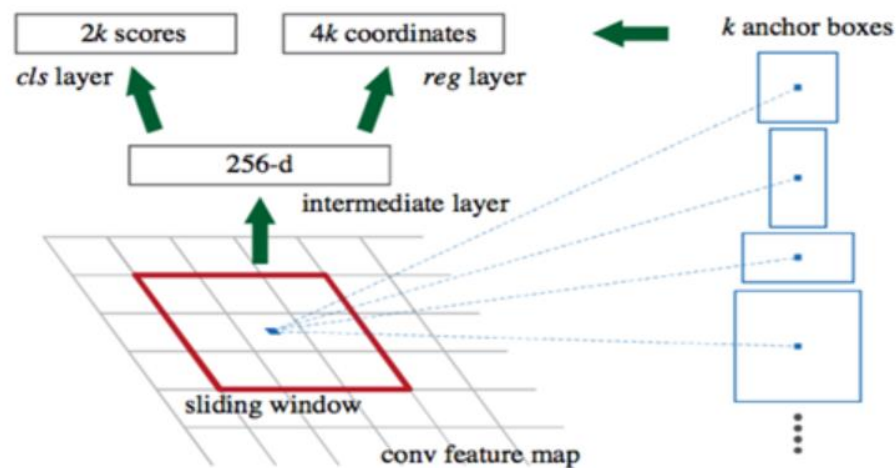


Рисунок 2.7 – Виявлення блоків прив'язки до одного вікна 3x3

Fast R-CNN використовує RPN, щоб уникнути методу вибіркового пошуку, прискорити процеси навчання та тестування та підвищити продуктивність. RPN використовує попередньо навчену модель набору даних ImageNet для класифікації і точно налаштовує набір даних PASCAL VOC. Потім згенеровані пропозиції регіонів з якірними полями використовуються для навчання Fast R-CNN. Цей процес є ітеративним.

Найкращі Faster R-CNN отримали оцінки mAP 78,8% в порівнянні з набором даних тесту PASCAL VOC 2007 року і 75,9% в порівнянні з набором даних тесту PASCAL VOC 2012 року. Вони були навчені на наборах даних PASCAL VOC і COCO (рис. 2.8). Одна з цих моделей працює в 34 рази швидше, ніж Fast R-CNN, використовуючи метод вибіркового пошуку.[6]

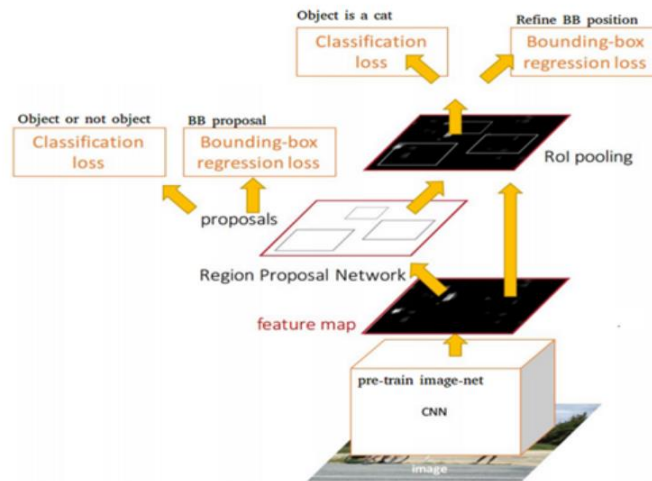


Рисунок 2.8 – Схема роботи Fast R-CNN

Region-based Fully Convolutional Network (R-FCN).

Регіональна повністю згорткова мережа (R-FCN) - це модель, що складається виключно зі згорткових шарів, яка забезпечує повне зворотне поширення для навчання та логічного виведення. Автори об'єднали два основних кроки в одну модель, щоб одночасно враховувати виявлення об'єкта (незалежно від розташування) та його місце (залежно від розташування) (рис.2.9).

Модель ResNet-101 приймає початкове зображення як вхідні дані. Останній шар виводить карти об'єктів, кожна з яких спеціалізується на виявленні категорії в певному місці. Ці карти об'єктів відомі як карти оцінки місця, оскільки вони враховують просторову локалізацію конкретного об'єкта. Кожна карта об'єктів має розмір $k \times (C+1)$, де k - розмір карти об'єктів, а C - кількість класів. Всі ці карти утворюють банк пікселів. Приблизно створюються заплати, які можуть впізнавати частини об'єкта.

Одночасно нам потрібно запустити RPN для створення областей інтересу (RoI). Нарешті, ми розбиваємо кожну область інтересу на комірки і порівнюємо їх з банком результатів. Якщо досить частин активовано, то заплати голосують "так", я впізнав об'єкт. На рисунках показана реакція моделі R-FCN, що спеціалізується на виявленні людини. Для області інтересу в центрі зображення субрегіони на картах об'єктів спеціалізуються на шаблонах, пов'язаних з людиною. Таким чином, вони голосують за "так, в цьому місці є людина". Для

області інтересу, зміщеної вправо, субрегіони на картах об'єктів не підтверджують виявлення людини, тому вони голосують "ні, в цьому місці немає людини".[6]

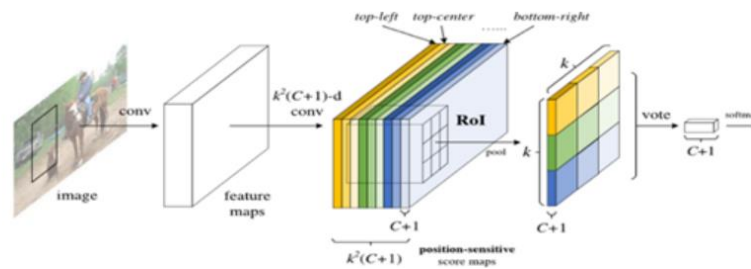


Рисунок 2.9 – Схема роботи R-FCN

Найкращі R-FCN досягли оцінок mAP 83,6% для набору тестових даних PASCAL VOC 2007 року та 82,0%, вони були навчені на наборах даних PASCAL VOC 2007, 2012 років та наборі даних COCO. Для набору тестових даних COCO Challenge 2015 вони отримали 53,2% для IoU = 0,5 та 31,5% для офіційної метрики mAP. Автори зауважують, що R-FCN в 2,5–20 разів швидше за аналог Faster R-CNN.[6]

You Only Look Once (YOLO).

Модель YOLO (J. Redmon та ін., 2016) прямо передбачає обмежувальні рамки (рис. 2.10) та ймовірності класів за допомогою однієї мережі в одній оцінці. Простота моделі YOLO дозволяє робити прогнози в реальному часі.

Спочатку модель приймає зображення як вхідні дані. Воно ділить його на сітку $S \times S$. Кожна комірка цієї сітки передбачає B обмежувальних прямокутників з показником впевненості. Ця впевненість представляє собою просто ймовірність виявлення об'єкта, помножену на IoU між передбаченим та наземним полем істинності. Використана CNN надихнута моделлю GoogLeNet, в якій представлені початкові модулі. Мережа має 24 згорткових шари, за якими слідує 2 повнозв'язних шари. Шари зменшення з фільтрами 1×1^4 , за якими слідує згорткові шари 3×3 , замінюють початкові модулі. Модель Fast YOLO — це більш легка версія, в якій всього 9 згорткових шарів і менше фільтрів. Більшість згорткових шарів передбачено з використанням набору даних

ImageNet з класифікацією. До попередньої мережі додаються чотири згорткових шари, за якими слідують два повнозв'язних шари, і вона повністю перенавчається з наборами даних PASCAL VOC 2007 та 2012 років.

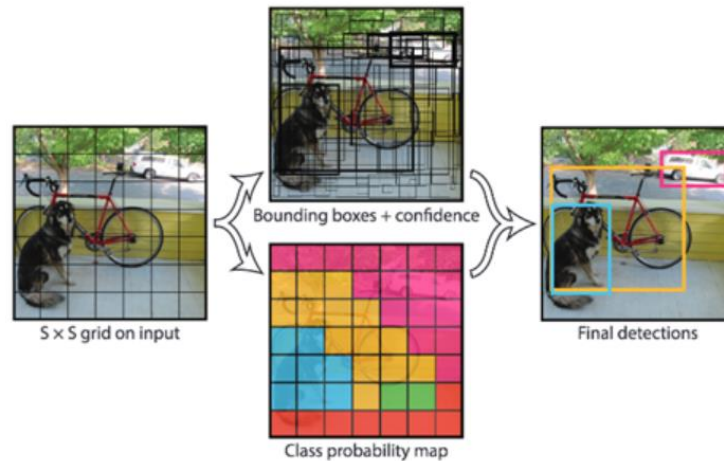


Рисунок 2.10 – Схема роботи YOLO

Останній шар виводить тензор $SS(C+B*5)$, що відповідає прогнозам для кожної комірки сітки. C - кількість передбачуваних ймовірностей для кожного класу. B — фіксована кількість блоків прив'язки на комірку, (рис. 2.11), кожен з цих блоків пов'язаний з 4 координатами (координати центру блоку, ширина та висота) та показником довіри.

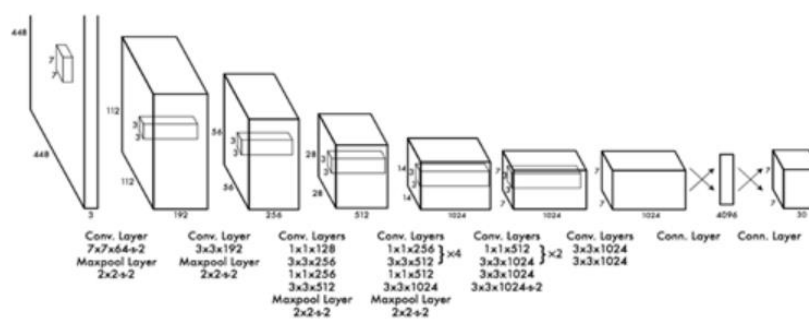


Рисунок 2.11 – Архітектура YOLO

У попередніх моделях передбачені обмежувальні рамки часто містили об'єкт. Однак модель YOLO передбачає велику кількість обмежувальних рамок. Таким чином, є багато обмежувальних рамок без будь-якого об'єкта. Метод не максимального пригнічення (NMS) застосовується в кінці мережі. Він полягає в

об'єднанні сильно перекриваються обмежувальних рамок одного й того ж об'єкта в одну. Автори зауважили, що ложних спрацьовувань все ще мало. Модель YOLO має показник mAP 63,7% порівняно з набором даних PASCAL VOC 2007 року та показник mAP 57,9% порівняно з набором даних PASCAL VOC 2012 року. Модель Fast має менші оцінки, таблиця – 2.1, але обидві вони працюють у режимі реального часу.

Таблиця – 2.1. Порівняння швидкості та продуктивності моделей

Model	mAP	FPS	Real Time speed
Fast YOLO	52.7%	155	Yes
YOLO	63.4%	45	Yes
YOLO VGG-16	66.4%	21	No
Fast R-CNN	70.0%	0.5	No
Fast R-CNN VGG-16	73.2%	7	No
Fast R-CNN ZF	62.1%	18	No

Переваги алгоритму YOLO:

1. Швидкість: Цей алгоритм підвищує швидкість виявлення, оскільки він може прогнозувати об'єкти в реальному часі.
2. Висока точність: YOLO — це метод прогнозування, який забезпечує точні результати з мінімальними фоновими помилками.
3. Можливість узагальнення: YOLO може узагальнити зображення, не перевантажуючи пам'ять обробки.

Недоліки алгоритму YOLO:

1. Помилки локалізації: YOLO страждає від значно більшої кількості помилок локалізації та має проблеми з ідентифікацією найближчих об'єктів.

Ці переваги та недоліки потрібно враховувати при виборі алгоритму для конкретного завдання виявлення об'єктів.

Single-Shot Detector (SSD).

Аналогічно моделі YOLO, W. Liu та ін. (2016) розробили однопрохідний детектор (SSD), (рис. 2.12), для одночасного прогнозування всіх обмежувальних рамок і ймовірностей класів за допомогою прямопрохідної архітектури CNN.

Модель приймає зображення як вхідні дані, яке проходить через кілька звичайних згорткових шарів з різними розмірами фільтрів (10x10, 5x5 і 3x3). Карти об'єктів з різних положень в мережі використовуються для прогнозування обмежувальних рамок. Вони обробляються спеціальними згортковими шарами з фільтрами 3x3, відомими як додаткові шари об'єктів, для створення набору обмежувальних рамок, схожих на якірні рамки Fast R-CNN. Кожна "коробка" має 4 параметри: координати центру, ширину і висоту. Одночасно вона створює вектор ймовірностей, що відповідає довірі до кожного класу об'єктів. Метод немаксимального підтискання також використовується в кінці моделі SSD, щоб зберегти найбільш відповідні обмежувальні рамки. Потім використовується Hard Negative Mining (HNM), оскільки все ще прогнозується багато від'ємних блоків. Це полягає в тому, що під час навчання вибирається лише частина цих блоків. Коробки впорядковані за достовірністю, а вершина вибирається залежно від відношення між від'ємним і позитивним значенням, яке не перевищує 1/3.

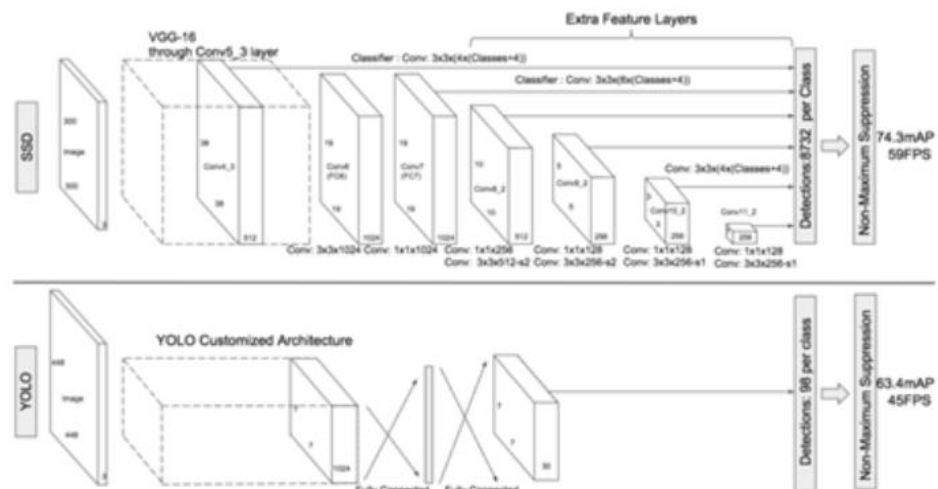


Рисунок 2.12— Порівняння архітектур SSD и YOLO

W. Liu та ін. (2016) розрізняють модель SSD300 (архітектура докладно показана на зображенні вище) і модель SSD512, яка є SSD300 з додатковим згортковим шаром для прогнозування для покращення продуктивності. Найкращі алгоритми SSD (рис. 2.13) навчаються на наборах даних PASCAL VOC 2007, 2012 та наборі даних COCO 2015 з додатковими даними. Вони отримали

оцінки mAP 83,2% порівняно з набором даних тесту PASCAL VOC 2007 року і 82,2% порівняно з набором даних тесту PASCAL VOC 2012 року.

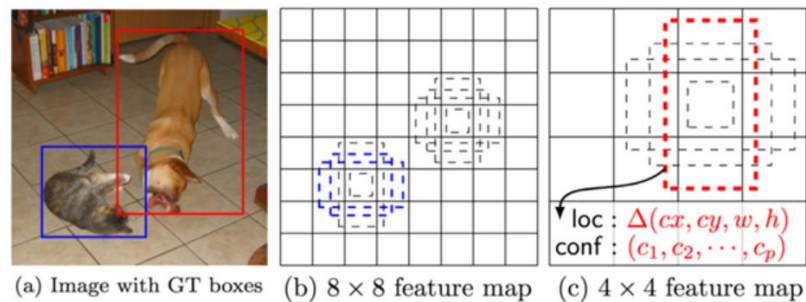


Рисунок 2.13 – Фреймворк SSD

За набором тестових даних COCO Challenge 2015 вони отримали:

48,5% для $\text{IoU} = 0,5$,

30,3% для $\text{IoU} = 0,75$

31,5% для офіційної метрики mAP.

Недоліки методу SSD включають у себе невелику втрату точності при ідентифікації менших об'єктів і можливе значне зниження швидкості обробки у випадку дуже великої моделі. Наприклад, моделі SSD512 можуть потребувати більше ресурсів обчислювальної потужності та оперативної пам'яті, ніж менші моделі, що може призвести до зменшення швидкості прогнозування. Крім того, метод немаксимального підтискання і Hard Negative Mining можуть займати час під час обробки, особливо при роботі з великими обсягами даних.

Незважаючи на ці недоліки, SSD є потужним і досить ефективним методом об'єктного виявлення, здатним до точних прогнозів у реальному часі. Його можна використовувати для різноманітних завдань, таких як виявлення об'єктів на відеозаписах, автоматична ідентифікація на фотографіях, а також для роботи в умовах реального середовища, де важлива швидкість і точність.

Mask Region-based Convolutional Network (Mask R-CNN).

Ще одним розширенням моделі Faster R-CNN є додавання паралельної гілки для виявлення маски об'єкта, щоб передбачати його сегментацію по пікселях на

зображенні. Модель Mask R-CNN (рис. 2.14) перевершує сучасні методи у чотирьох завданнях набору COCO: сегментація екземпляра, виявлення обмежувальних рамок, виявлення об'єкта і виявлення ключових точок. Ця сверточна мережа на основі областей масок (Mask R-CNN) використовує більш швидкий конвеєр R-CNN (рис 2.15) з трьома вихідними гілками для кожного кандидата-об'єкта: мітка класу, зсув обмежувальної рамки та маска об'єкта. Вона використовує мережу регіональних пропозицій (RPN) для створення пропозицій обмежувальної рамки і одночасно створює три результати для кожної цікавої області (RoI).

Початковий шар RoIPool, використаний в Faster R-CNN, замінено на шар RoIAlign. Він усуває квантування координат початкової області і обчислює точні значення розташувань. Шар RoIAlign забезпечує масштабну еквівалентність та трансляційну еквівалентність пропозиціям регіону.



Рисунок 2.14 – Приклади застосування Mask R-CNN у тестовому наборі COCO

Модель приймає зображення як вхідні дані і передає мережу ResNeXt з 101 шаром. Ця модель схожа на ResNet, але кожний залишковий блок розділяється на менші перетворення, які об'єднуються для додавання розрідженості в блок. Модель виявляє цікаві області, які обробляються за допомогою рівня RoIAlign. Одна гілка мережі пов'язана з повнозв'язним шаром для обчислення координат обмежувальних прямокутників та ймовірностей, пов'язаних з об'єктами. Інша гілка пов'язана з двома згортковими шарами, останній обчислює маску виявленого об'єкта.

Сумуються три функції втрат, пов'язані з кожним вирішуваним завданням. Ця сума мінімізується і дає відмінні результати, оскільки вирішення завдання сегментації покращує локалізацію і, отже, класифікацію.

Mask R-CNN досяг оцінки mAP 62,3% для $\text{IoU} = 0,5$, 43,4% для $\text{IoU} = 0,7$ та 39,8% для офіційної метрики за набором даних COCO test-dev за 2016 рік.

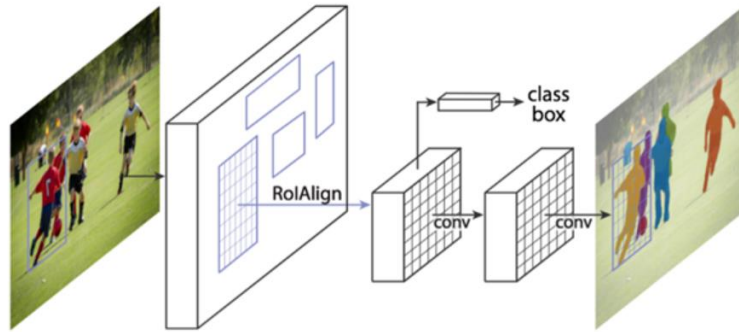


Рисунок 2.15 – Середовище Mask R-CNN для сегментації екземплярів

Подальші модифікації та розширення цих алгоритмів продовжують розвивати область комп'ютерного зору і глибокого навчання в області виявлення об'єктів та сегментації зображень. Нові методи поєднують у собі швидкість та точність, дозволяючи вирішувати складні завдання в реальному часі. Такі розробки стають дедалі більш важливими у великій кількості застосувань, від автономних автомобілів до медичного зображення.

Завдяки постійному вдосконаленню цих моделей та зростанню потужності обчислювальних систем можна очікувати подальше поліпшення продуктивності та точності в майбутньому. Такі інновації мають потенціал змінити спосіб, яким ми сприймаємо та взаємодіємо з технологіями, що оточують нас.

У 2022 році найкращим алгоритмом для виявлення об'єктів у реальному часі є YOLOv7, за яким слідують Vision Transformer (ViT), такі як Swin і DualSwin, PP-YOLOE, YOLOR, YOLOv4 і EfficientDet. Важливо зауважити, що вибір алгоритму залежить від конкретного використання та застосування; різні алгоритми відмінно справляються з різними завданнями (наприклад, Beta R-CNN показує кращі результати для виявлення пішоходів) (рис. 2.16)

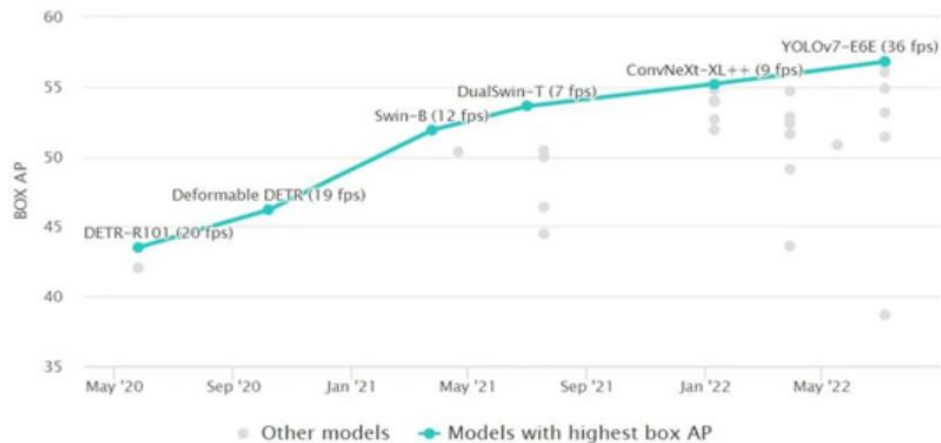


Рисунок 2.16 – Графік коефіцієнта точності та швидкості різних алгоритмів

Виявлення об'єктів у реальному часі на тесті COCO: найсучасніші за середньою точністю (AP). Найшвидший алгоритм виявлення об'єктів у реальному часі (час виведення). Крім того, у наборі даних MS COCO важливим показником тесту є час виведення (мс/кадр, чим менше, тим краще) або кадрів за секунду (кадрів за секунду, чим більше, тим краще). Швидкий прогрес у технології комп'ютерного зору дуже помітний при порівнянні часу логічного виведення. Основуючись на поточному часі виведення (чим менше, тим краще), YOLOv7 досягає 3,5 мс на кадр порівняно з YOLOv4 12 мс або популярним YOLOv3 29 мс. Зверніть увагу, як введення YOLO (одноетапний детектор) призвело до значного скорочення часу виведення порівняно з будь-якими попередніми методами, такими як двоетапний метод Mask R-CNN (333 мс). З технічної точки зору, досить складно розумно порівнювати різні архітектури та версії моделей. І Edge AI стає необхідною складовою масштабованих рішень AI, нові алгоритми поставляються з полегшеною версією, оптимізованою для Edge.

Сучасний стан кадрів на секунду (FPS): провідний алгоритм комп'ютерного зору для виявлення об'єктів у реальному часі на COCO може обробляти 286 кадрів в секунду (YOLOv7) і швидше, ніж YOLOv5, YOLOv4, YOLOR та YOLOv3 (рис.2.17).

Розпізнавання об'єктів залишається однією з найважливіших областей застосування глибокого навчання та комп'ютерного зору на сьогоднішній день.

Ми спостерігали багато поліпшень і досягнень в методологіях виявлення об'єктів.

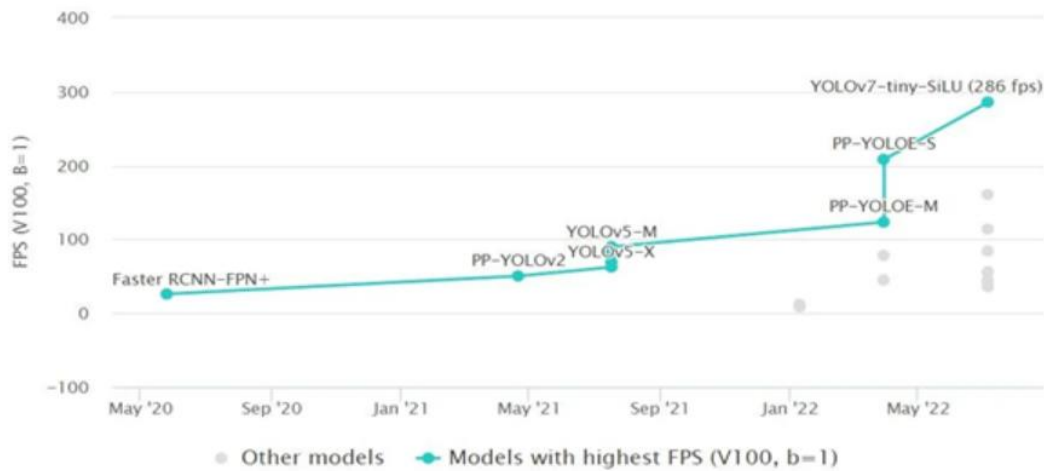


Рисунок 2.17– Графік з порівняннями алгоритмів YOLO різних версій із алгоритмом Faster RCNN-FPN+[5]

Все починалося з алгоритмів, таких як гістограма орієнтованих градієнтів, введених ще в 1986 році для виконання простих виявлень об'єктів на зображеннях з прийнятною точністю. Тепер ми маємо сучасні архітектури, такі як Faster R-CNN, Mask R-CNN, YOLO та RetinaNet.

Таблиця – 2.2. Огляд оцінок mAP для набору даних PASCAL VOC за 2007, 2010, 2012 роки та наборів даних COCO за 2015, 2016 роки[5]

Model	PASCAL VOC 2007	PASCAL VOC 2010	PASCAL VOC 2012	COCO 2015 (IoU=0.5)	COCO 2015 (IoU=0.75)	COCO 2015 (Official Metric)	COCO 2016 (IoU=0.5)	COCO 2016 (IoU=0.75)	COCO 2016 (Official Metric)	Real Time Speed
R-CNN	x	62.4%	x	x	x	x	x	x	x	No
Fast R-CNN	70.0%	68.8%	68.4%	x	x	x	x	x	x	No
Faster R-CNN	78.8%	x	75.9%	x	x	x	x	x	x	No
R-FCN	82.0%	x	x	53.2%	x	31.5%	x	x	x	No
YOLO	63.7%	x	57.9%	x	x	x	x	x	x	Yes
SSD	83.2%	x	82.2%	48.5%	30.3%	31.5%	x	x	x	No
YOLOv2	78.6%	x	x	44.0%	19.2%	21.6%	x	x	x	Yes
NASNet	x	x	x	43.1%	x	x	x	x	x	No
Mask R-CNN	x	x	x	x	x	x	62.3%	43.3%	39.8%	No

Розпізнавання об'єктів не обмежується статичними зображеннями, оскільки воно може ефективно виконуватися на відео та кадрах у реальному часі з високою точністю. У майбутньому нас чекає ще багато успішних алгоритмів та бібліотек для виявлення об'єктів.

3 РОЗРОБКА РАДІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У ПРИМІЩЕННІ

3.1 Модуль руху

Мініатюрний сенсор руху PIR AM312

Мініатюрний сенсор руху PIR AM312 (рис. 3.1) є пасивним інфрачервоним (PIR) сенсором, призначеним для виявлення присутності людей або тварин в приміщенні. Цей сенсор використовує інфрачервоні промені для виявлення руху, що робить його ідеальним для різних застосувань, таких як системи безпеки, автоматичне керування освітленням та енергозбереження.

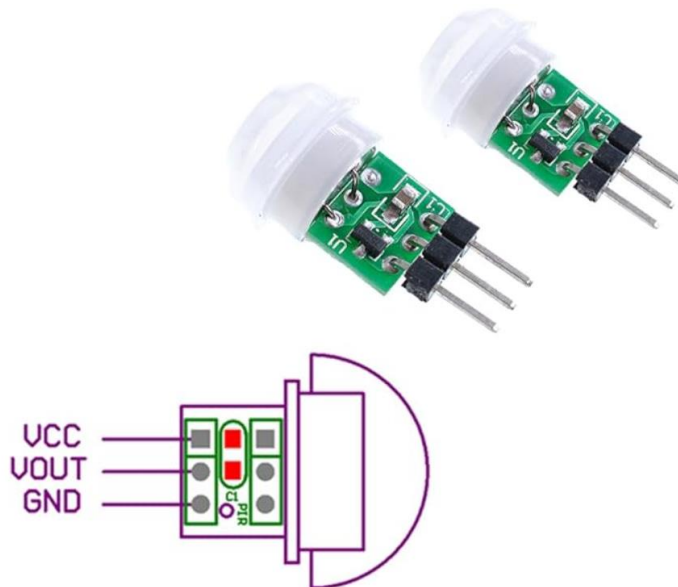


Рисунок 3.1 – Сенсор руху PIR AM312

Основні характеристики

1. Компактний розмір: AM312 має дуже малі габарити, що дозволяє легко інтегрувати його в різні пристрої та системи.
2. Низьке енергоспоживання: Сенсор споживає дуже мало енергії, що робить його ідеальним для використання в автономних системах на батарейках.
3. Простота використання: Легко підключається до мікроконтролерів і інших пристроїв за допомогою простого інтерфейсу.

4. Широкий діапазон виявлення: Сенсор здатний виявляти рух на відстані до 3-5 метрів.

Технічні характеристики

- Напруга живлення: 3.3В - 5В
- Споживання струму: < 20uA
- Діапазон виявлення: 3-5 метрів
- Кут виявлення: 100 градусів
- Розміри: 10x8 мм

Схема підключення

Для підключення сенсора AM312 до мікроконтролера, такого як SMT32, потрібно з'єднати три контакти: VCC, GND і OUT.

1. VCC: Підключається до джерела живлення (3.3В - 5В).
2. GND: Підключається до загального проводу (землі).
3. OUT: Підключається до цифрового входу мікроконтролера.

Застосування

1. Системи безпеки: Використання для виявлення руху в приміщенні з метою сигналізації про проникнення.
2. Автоматичне керування освітленням: Увімкнення освітлення при виявленні руху і вимкнення при відсутності руху.
3. Енергозбереження: Вимкнення електронних пристроїв або систем опалення/кондиціонування при відсутності людей у приміщенні.

Переваги

- Низька вартість і висока ефективність.
- Простота інтеграції в різні проекти.
- Низьке енергоспоживання, що робить його ідеальним для автономних систем.

Сенсор руху HC-SR501 PIR

HC-SR501 (рис. 3.2) є популярним пасивним інфрачервоним сенсором руху, який широко використовується в проектах автоматизації та безпеки. Він призначений для виявлення руху людей або тварин у визначеному діапазоні.

Основні характеристики

1. Регульована чутливість і затримка: Сенсор має можливість регулювання чутливості та затримки вимкнення, що дозволяє налаштувати його під конкретні потреби.
2. Широкий діапазон виявлення: Він здатний виявляти рух на відстані до 7 метрів.
3. Широкий кут виявлення: Кут виявлення складає 120 градусів.
4. Простота використання: Легко підключається до мікроконтролерів і інших пристроїв.



Рисунок 3.2 – Сенсор руху HC-SR501 PIR

Технічні характеристики

- Напруга живлення: 4.5V - 20V
- Споживання струму: < 60uA
- Діапазон виявлення: 3-7 метрів
- Кут виявлення: 120 градусів
- Регулювання часу затримки: 5 сек - 5 хв
- Розміри: 32x24 мм

Переваги

- Регульована чутливість і час затримки.
- Широкий діапазон і кут виявлення.
- Висока надійність і доступна ціна.

Недоліки

- Більший розмір порівняно з АМ312.
- Більше енергоспоживання.

Сенсор руху ЕКМВ1101112 Panasonic PIR

ЕКМВ1101112, (рис. 3.3), є пасивним інфрачервоним сенсором руху від компанії Panasonic, який відрізняється високою точністю та надійністю. Цей сенсор призначений для використання в енергозберігаючих пристроях та системах безпеки.



Рисунок 3.3 – Сенсор руху ЕКМВ1101112 Panasonic PIR

Основні характеристики

1. Низьке енергоспоживання: Сенсор споживає дуже мало енергії, що робить його ідеальним для використання в автономних системах на батарейках.
2. Висока точність виявлення: Забезпечує точне виявлення руху з мінімальною кількістю помилкових спрацьовувань.
3. Компактний розмір: Малий розмір дозволяє легко інтегрувати його в різні пристрої та системи.

Технічні характеристики

- Напруга живлення: 2.3В - 4В
- Споживання струму: $< 1\mu\text{A}$
- Діапазон виявлення: до 5 метрів
- Кут виявлення: 100 градусів
- Розміри: 24x16 мм

Переваги

- Дуже низьке енергоспоживання.
- Висока точність і надійність.
- Компактний розмір.

Недоліки

- Вища вартість порівняно з АМ312.
- Обмежений діапазон напруги живлення.

Отже Мініатюрний сенсор руху PIR АМ312 є відмінним рішенням для широкого спектра застосувань, де потрібне виявлення присутності або руху. Завдяки своїм малим розмірам, низькому енергоспоживанню та простоті використання, він стає незамінним компонентом у сучасних системах автоматизації та безпеки.

В основі роботи АМ312 лежить піроелектричний ефект. Піроелектричні матеріали генерують електричний заряд при зміні температури. Коли об'єкт у полі зору сенсор руху змінює свою температуру, піроелектричні сенсори генерують електричний сигнал. АМ312 містить два піроелектричні елементи, які відсіюють інфрачервоне випромінювання від об'єктів, що перебувають у його полі зору. Якщо об'єкт рухається або змінює свою температуру, це призведе до зміни вихідного сигналу сенсора. Сигнали з піроелектричних елементів обробляються вбудованим електронним ланцюгом в серсорі. Цей ланцюг перетворює зміни температури в електричний сигнал, який може бути використаний мікроконтролером або іншим пристроєм для виявлення руху. Якщо зміна температури виявляється як достатньо значуща, сенсор вважає, що спостерігається рух. Це може призвести до активації системи безпеки, освітлення або іншої дії, яка пов'язана з виявленням руху. АМ312 має можливість налаштування чутливості і дальності дії. Це дозволяє користувачам налаштовувати сенсор з урахуванням конкретних умов використання, таких як розмір приміщення або очікувана швидкість руху об'єктів.

Підключення PIR AM312

Сенсор підключається до живлення та будь-якому цифровому піну (рис. 3.4). Для роботи з сенсором достатньо опитувати пін, до якого він підключений. Якщо сенсор виявить рух, він видасть високий сигнал. Виведемо значення з піна до порту:

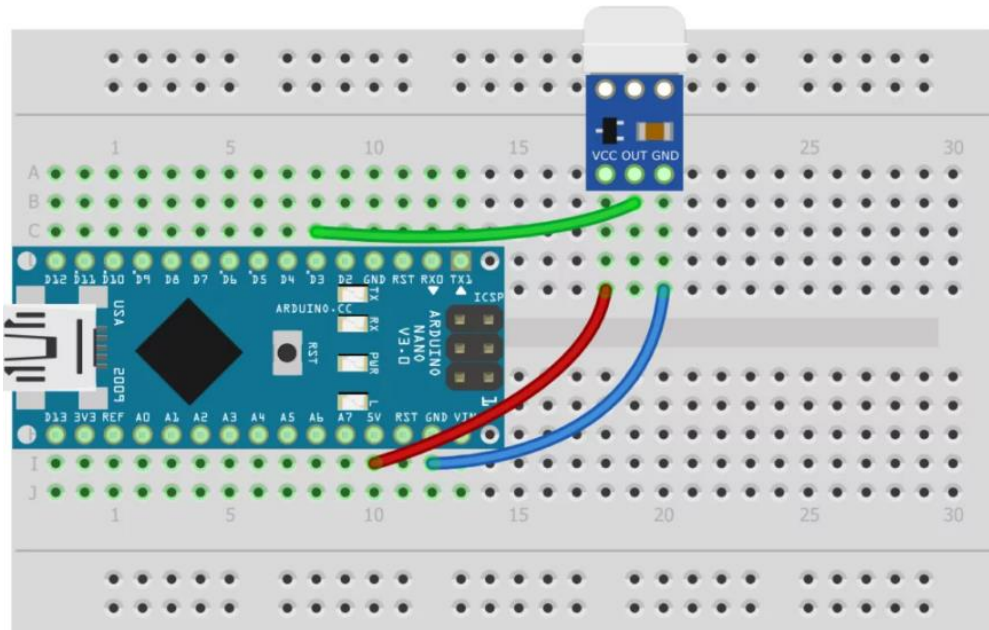


Рисунок 3.4 – Підключення PIR AM312 до Arduino

На рисунку 3.5 показано приклад коду отримання даних.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  Serial.println(digitalRead(3));
  delay(10);
}
```

Рисунок 3.5 – Приклад коду для отримання даних

Для даного проекту вважаю що цей модуль є досить не поганим варіантом, так як він простий в користуванні і збільшить автономність кінцевого пристрою.

3.2 Модуль відеокамери

Вибір модуля камери є одним з ключових етапів у процесі розробки радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні. Правильний вибір модуля камери впливає на точність, надійність і ефективність всієї системи. Розглянемо основні критерії, які слід враховувати при виборі модуля камери.

Роздільна здатність

Роздільна здатність камери визначає кількість деталей, які можуть бути розрізнені на зображенні. Висока роздільна здатність дозволяє точніше виявляти і розпізнавати об'єкти, що особливо важливо для систем безпеки та спостереження. Рекомендується вибирати камери з роздільною здатністю не менше 1080p (Full HD) для забезпечення чіткості та деталізації зображень.

Чутливість до світла

Чутливість до світла є важливим параметром для камер, які працюють в умовах низької освітленості. Камери з високою чутливістю до світла (низьким значенням люкс) можуть забезпечити якісне зображення навіть при слабкому освітленні. Для забезпечення безперебійної роботи системи в нічний час або в умовах слабого освітлення, варто вибирати камери з підтримкою нічного бачення або інфрачервоного підсвічування.

Кут огляду

Кут огляду камери визначає площу, яку може покрити камера. Широкий кут огляду дозволяє зменшити кількість необхідних камер для покриття великої площі, що може бути економічно вигідним і спрощує установку системи. Однак, слід враховувати, що занадто широкий кут огляду може призвести до спотворення зображення.

Частота кадрів

Частота кадрів (FPS) визначає кількість кадрів, які камера може знімати за секунду. Висока частота кадрів дозволяє отримати більш плавне відео, що важливо для виявлення швидко рухомих об'єктів. Оптимальною вважається частота кадрів від 25 до 30 FPS для забезпечення достатньої якості відео.

Інтерфейс підключення

Інтерфейс підключення камери до системи повинен відповідати вимогам та специфікаціям проекту. Найпоширенішими інтерфейсами є USB, Ethernet (PoE), Wi-Fi. Вибір інтерфейсу залежить від вимог до швидкості передачі даних, відстані між камерою і сервером, а також від можливостей існуючої мережевої інфраструктури.

Надійність та довговічність

Камери повинні бути надійними і мати тривалий термін служби, особливо якщо вони використовуються в критично важливих системах безпеки. Важливо враховувати наявність захисту від пилу та вологи (рівень IP), механічних пошкоджень, а також температурні умови експлуатації.

Вартість

Вартість модуля камери повинна відповідати бюджету проекту. Важливо знайти баланс між ціною і якістю, враховуючи всі вище перелічені параметри. Недорогі камери можуть мати обмежену функціональність або менший термін служби, тому варто зважити всі "за" та "проти" перед остаточним вибором. Порівняння характеристик камер наведено в таблиці 3.1.

Таблиця – 3.1. Порівняння параметрів 8 різних плат розробки камери ESP32

CAMERA MODEL	AI-THINKER	FREENOVE	WROVER	ESP-EYE	M5-CAMERA A/B	TTGO T-PLUS	TTGO T-CAMERA	T-JOURNAL	M5 ESP32-CAMERA
									
Where to Buy									
PSRAM	4MB	4MB	4MB	8MB	4MB	8MB	8MB	x	x
Screen	x	x	x	x	x	1.3inch TFT display (ST7789)	0.96inch SSD1306 OLED	0.91inch SSD1306 OLED	x
MicroSD Card	✓	✓	✓	x	x	✓	x	x	x
Microphone	x	x	✓	✓ (add-on)	✓	✓	x	x	✓ (add-on)
Function button	x	x	✓	x	x	✓	✓	✓	✓
Battery Connector	x	x	x	x	✓	✓	✓	✓	✓
Built-in programmer	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GPIOs	10	30	x	x	x	2	x	4	x
Motion sensor	x	x	x	x	x	x	✓	x	x
Grove connector	x	x	x	✓	✓	✓	✓	x	✓

Вибір модуля камери для радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні є важливим етапом, що впливає на ефективність всієї системи. Враховуючи такі параметри, як роздільна здатність, чутливість до світла, кут огляду, частота кадрів, інтерфейс підключення, надійність та вартість, можна обрати оптимальний варіант, який забезпечить високу якість роботи системи та задовольнить вимоги проекту.

ESP32-CAM AI-THINKER є потужним та універсальним інструментом для розробки різних систем виявлення та відеомоніторингу. Завдяки своїм можливостям та компактним розмірам, він стає все більш популярним серед розробників та ентузіастів у галузі електроніки та програмування.

Огляд модуля ESP32-CAM

ESP32-CAM (рис. 3.6) — це компактний модуль, який об'єднує в собі можливості мікроконтролера ESP32 з камерою. Він широко використовується для створення систем відеоспостереження, розпізнавання облич, інтернету речей (IoT) і багатьох інших проектів, що вимагають вбудованої камери та бездротового з'єднання.

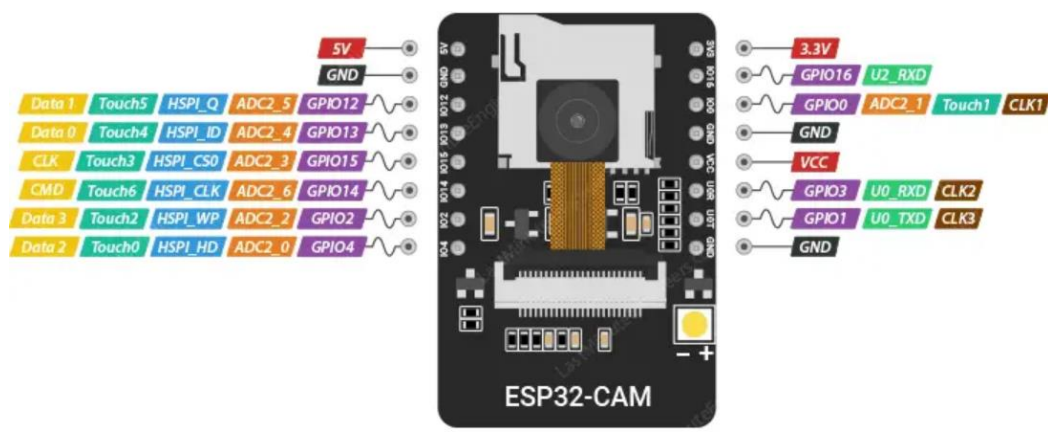


Рисунок 3.6 – ESP32-CAM з описом виводів

Основні характеристики

- Wi-Fi та Bluetooth: Вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth забезпечують бездротову комунікацію, що дозволяє легко підключати модуль до мережі або інших пристроїв.

- Високопродуктивний процесор: Двоядерний процесор Xtensa LX6 забезпечує високу продуктивність для обробки відео та інших завдань.
- Камера: В комплект входить камера OV2640 з роздільною здатністю до 2 Мп, що дозволяє знімати фото та відео у високій якості.
- МікроSD слот: Модуль має слот для карти пам'яті MicroSD, що дозволяє зберігати відео та фото локально.
- Гнучкість використання: Підтримка багатьох протоколів та інтерфейсів (SPI, I2C, UART, PWM), що робить його універсальним для різних проектів.

Технічні характеристики

- Мікроконтролер: ESP32-D0WDQ6
- Пам'ять: 520 KB SRAM, 4 MB Flash
- Камера: OV2640, 2 Мп
- Роздільна здатність відео: до 1600x1200
- Wi-Fi: 802.11 b/g/n
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR і BLE
- Інтерфейси: UART, SPI, I2C, PWM
- Підтримка MicroSD: до 4 GB
- Живлення: 5V (microUSB або через пін GPIO)
- Розміри: 27 x 40.5 мм

Переваги

- Інтегроване відео: Вбудована камера дозволяє знімати та обробляти зображення без необхідності у зовнішніх модулях.
- Бездротове з'єднання: Wi-Fi та Bluetooth забезпечують легке підключення до мережі та інших пристроїв.
- Компактність: Малий розмір дозволяє використовувати ESP32-CAM у компактних проектах.
- Широкий спектр застосувань: Від систем безпеки до проектів розумного будинку.

Недоліки

- Обмежені ресурси пам'яті: Обмежений обсяг оперативної пам'яті може бути проблемою для складних завдань.
- Нестабільність підключення: Іноді можуть виникати проблеми зі стабільністю Wi-Fi з'єднання.
- Складність налаштування: Для новачків налаштування та програмування ESP32-CAM може бути складним завданням.

Підключення модуля ESP32-CAM

Для підключення модуля камери до нашого проекту потрібно зробити декілька кроків.

Підключаємо живлення до модуля ESP32-CAM через контакти 5V і GND.

Модуль потребує стабільного джерела живлення з напругою 5V, оскільки він містить регулятор напруги, що перетворює 5V на 3.3V для живлення мікроконтролера ESP32 і камери.

Підключаємо контакти USB-UART (рис. 3.7), перетворювача до відповідних контактів на модулі ESP32-CAM:

RX модуля ESP32-CAM до TX перетворювача.

TX модуля ESP32-CAM до RX перетворювача.

GND модуля ESP32-CAM до GND перетворювача.

Щоб перевести модуль в режим завантаження для прошивки, необхідно підключити контакт GPIO0 до GND.

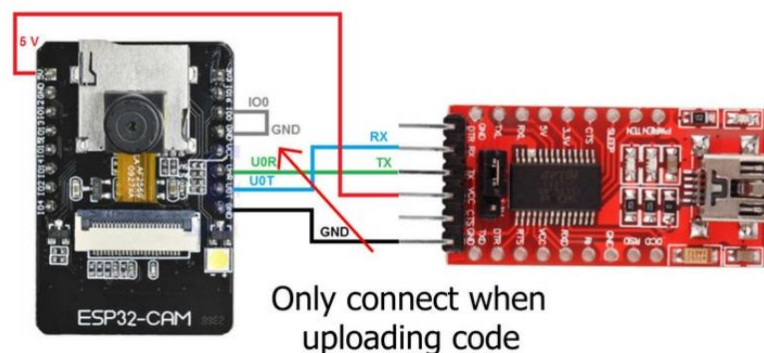


Рисунок 3.7 – ESP32-CAM підключення програматора

Прошивка модуля:

1. Підключаємо USB-UART перетворювач до комп'ютера.
2. Використовуючи середовище розробки Arduino IDE для завантаження прошивки на модуль ESP32-CAM.
3. Завантажуємо розроблений код для ESP32-CAM.
4. Після завершення прошивки відключаємо GPIO0 від GND.
5. Тепер модуль можна перезавантажити, натиснувши кнопку перезавантаження (RST).

3.3 GSM модуль

Для реалізації радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні, важливою складовою є можливість передачі даних на віддалені пристрої. GSM модуль забезпечує зв'язок з мережею мобільного зв'язку, що дозволяє передавати інформацію про виявлення присутності осіб через SMS або інші мобільні сервіси. Розглянемо основні критерії, які слід враховувати при виборі GSM модуля.

Підтримка частотних діапазонів

GSM модулі можуть працювати в різних частотних діапазонах, таких як 850/900/1800/1900 МГц. Вибір модуля залежить від регіону, в якому планується використовувати систему. Для глобальної сумісності рекомендується вибирати модулі, що підтримують кілька діапазонів (Quad-band).

Швидкість передачі даних

Швидкість передачі даних визначає, як швидко модуль може передавати інформацію. GSM модулі можуть підтримувати різні стандарти передачі даних, такі як GPRS, EDGE, 3G, 4G. Для більшості застосувань виявлення присутності осіб достатньо GPRS або EDGE, однак, для передачі великих обсягів даних може знадобитися підтримка 3G або 4G.

Інтерфейс підключення

Інтерфейс підключення GSM модуля до основної системи повинен бути сумісний з використовуваною апаратною платформою. Найпоширенішими інтерфейсами є UART, SPI, I2C, USB. Вибір інтерфейсу залежить від можливостей мікроконтролера або іншого керуючого пристрою.

Споживання енергії

Споживання енергії GSM модуля є важливим фактором, особливо для автономних систем, що працюють від батарей. Важливо вибирати модулі з низьким енергоспоживанням або з можливістю переходу в енергозберігаючі режими.

Надійність і стабільність роботи

GSM модуль повинен бути надійним і стабільним у роботі, особливо в умовах поганого сигналу або при роботі в екстремальних умовах. Важливо враховувати репутацію виробника і наявність сертифікатів якості.

Підтримка додаткових функцій

Деякі GSM модулі підтримують додаткові функції, такі як GPS для визначення місця розташування, голосові виклики, інтерфейс камери і т.д. Якщо такі функції необхідні для вашого проекту, варто врахувати їх при виборі модуля.

Вартість

Як і у випадку з іншими компонентами, вартість GSM модуля повинна відповідати бюджету проекту. Важливо знайти баланс між ціною і функціональністю, щоб забезпечити найкращу продуктивність при мінімальних витратах.

Приклади популярних GSM модулів

- SIM800/SIM900: Це популярні модулі, що підтримують Quad-band і GPRS. Вони мають широкий набір функцій, включаючи підтримку SMS, голосових викликів і передачі даних. Вони легко інтегруються з різними мікроконтролерами завдяки наявності UART інтерфейсу.
- Quectel M66: Компактний GSM/GPRS модуль, що підтримує Quad-band. Має низьке енергоспоживання та розширений температурний діапазон роботи, що робить його ідеальним для промислових застосувань.

- SIM7000: Модуль, що підтримує LTE CAT-M1, NB-IoT, а також GSM/GPRS. Це дає можливість використовувати його в різних мережах, забезпечуючи високу швидкість передачі даних та низьке енергоспоживання.

На основі детального аналізу різних параметрів і вимог до GSM модуля для радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні, було прийнято рішення вибрати модуль SIM800L.

Модуля SIM800L

Модуль SIM800L (рис. 3.8), підтримує Quad-band частотні діапазони (850/900/1800/1900 МГц), що забезпечує глобальну сумісність і можливість роботи в більшості країн світу. GPRS класу 12, що забезпечує достатню швидкість передачі даних для більшості завдань, пов'язаних з виявленням присутності осіб та передачею повідомлень. Модуль оснащений UART інтерфейсом, який легко інтегрується з більшістю мікроконтролерів і платформ, таких як Arduino та ESP32, що забезпечує простоту підключення та використання. Він має відносно низьке енергоспоживання, особливо в режимах енергозбереження, що є важливим для автономних систем, які працюють від батареї. Модуль SIM800L відомий своєю надійністю і стабільною роботою в різних умовах. Він має вбудовані функції захисту від перешкод і можливість роботи в умовах низького сигналу, що забезпечує стабільну передачу даних. Є підтримка не лише передачу даних, але й голосові виклики та SMS, що розширює можливості використання системи для різних сценаріїв.



Рисунок 3.8 – GSM модуль SIM800L

Модуль SIM800L є доступним за ціною, що робить його привабливим вибором з точки зору співвідношення ціни та якості. Він забезпечує необхідну функціональність при мінімальних витратах.

Esp32Cam спілкується з SIM800L (рис. 3.9) за допомогою послідовного з'єднання. (Виводи 14 і 15) Фрагмент коду, відповідальний за ініціювання послідовного з'єднання:

```
Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, 14, 15);
```

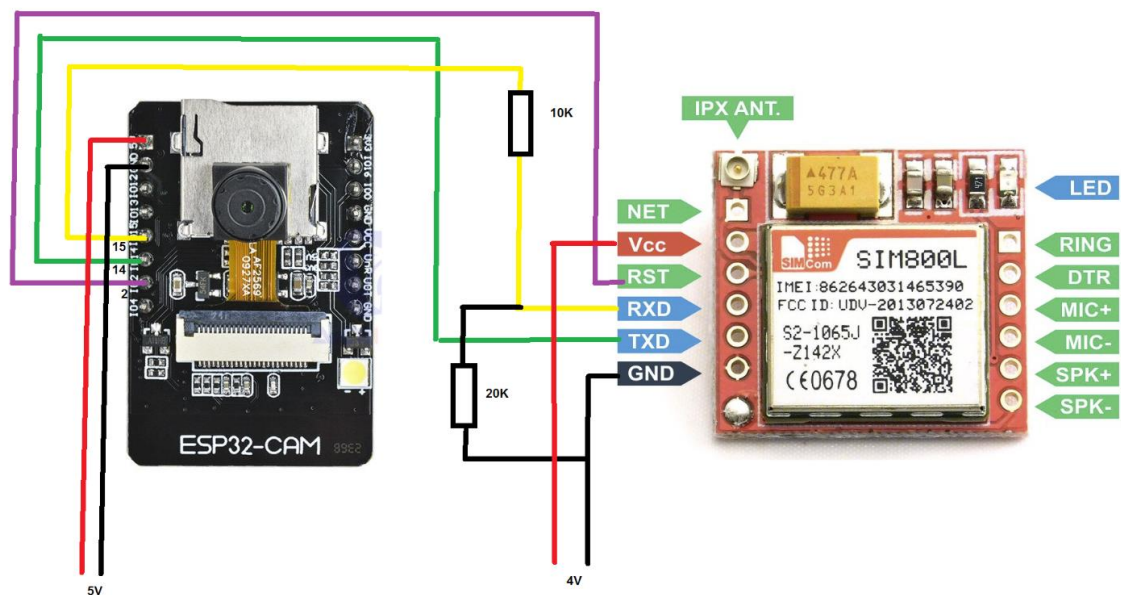


Рисунок 3.9 – Схема підключення SIM800L до ESP32Cam

Оскільки напруга на контактах даних SIM800L не повинна перевищувати 2,8 В, резистори використовуються для лінії TX для зниження рівня напруги. (рядок, який використовується для надсилання даних від cam до модуля gsm). PIN 2 камери ESP3 Cam використовується для надсилання сигналу RESET на контакт SIM800L RST. Ця функція використовується, якщо модуль GSM не відповідає на AT-команди (що іноді трапляється, наприклад, після помилок передачі).

ESP32 Cam і SIM800L живляться окремо. SIM800L може споживати 2 А в піках, і якщо джерело живлення не може забезпечити такий струм, він не підключатиметься до мережі. Також переконайтеся, що дроти, що живлять

SIM800L, є достатньо товстими та не надто довгими (наприклад, дроти, які зазвичай використовуються для з'єднання із золотим контактом, мають бути тонкими). Я використовував два окремих понижувальних регульованих DC.

Основні команди AT:

AT+GSCAP - можливості модуля

AT+GMM - ідентифікатор модуля

AT+GMR - ревізія

AT+GSN - IMEI модуля

AT+COPS? - інформація про оператора

AT+COPS=? - доступні оператори

AT+CPAS - стан модуля:

- 0 – готовий до роботи
- 2 – невідомо (виконання команд не гарантоване)
- 3 – вхідний дзвінок
- 4 – голосове з'єднання

AT+CREG? - тип реєстрації в мережі

- Перший параметр відповіді:
 - 0 – немає коду реєстрації в мережі - поганий знак, подзвонити або вийти в інтернет не вийде
 - 1 – є код реєстрації в мережі
 - 2 – є код реєстрації в мережі + додаткові параметри
- Другий параметр відповіді:
 - 0 – не зареєстрований, пошуку мережі немає
 - 1 – зареєстрований, домашня мережа
 - 2 – не зареєстрований, йде пошук нової мережі
 - 3 – реєстрація відхилена
 - 4 – невідомо
 - 5 – роумінг

AT+CSQ - якість сигналу

- Перший параметр відповіді - потужність сигналу rssi (від 10 і вище — нормальна):
 - 0 -115 дБм або менше
 - 1 -111 дБм
 - 2-30 -110..-54 дБм
 - 31 -52 дБм або більше
 - 99 -невідомо або немає сигналу.
- Другий параметр відповіді - частота помилок по бітах ber:
 - 0...7 – коефіцієнт бітових помилок (менше — краще)
 - 99 – невідомо або немає сигналу

AT+CCLK? - поточна дата і час

AT+CBC - монітор напруги живлення модуля

- Перший параметр відповіді:
 - 0 – не заряджається
 - 1 – заряджається
 - 2 – зарядка завершена
- Другий параметр відповіді - рівень заряду батареї (1-100 %)
- Третій параметр відповіді - напруга живлення модуля, мВ

AT+CADC? - значення АЦП (до 2,8 В).

Приклад коду для відправки команд з ESP32Cam до SIM800L

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(14, 15); // RX, TX
void setup() {
  Serial.begin(9600); // швидкість обміну даними з комп'ютером
  Serial.println("Start!");
  mySerial.begin(9600); // швидкість обміну даними с GSM модулем
  mySerial.println("AT");
}

void loop() {
  if (mySerial.available())
    Serial.write(mySerial.read());
  if (Serial.available())
    mySerial.write(Serial.read());
}
```

3.4 Розробка структурної схеми пристрою

Для створення структурної схеми пристрою виявлення об'єктів (рис. 3.10), що включає сенсор руху, камеру ESP32-CAM і модуль SIM800L, можна зобразити взаємозв'язки між компонентами таким чином:

Сенсор руху (PIR AM312)

Мікроконтролер з камерою (ESP32-CAM)

Модуль GSM/GPRS (SIM800L)

Нижче наведено структурну схему:

Структурна схема пристрою виявлення об'єктів

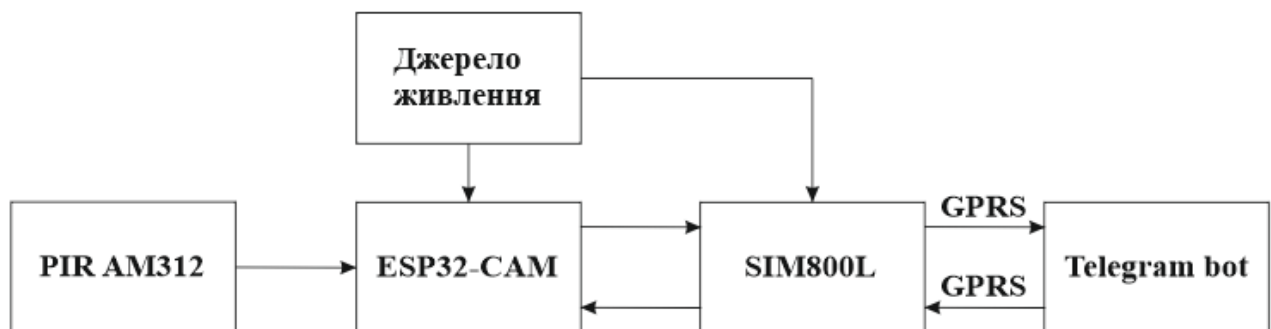


Рисунок 3.10 – Структурна схема радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні

Система безпеки, побудована на базі ESP32-CAM, постійно перебуває в режимі очікування, готова до дії при будь-якому виявленні руху. Як тільки датчик руху зафіксує активність, він передає сигнал на 15-й пін ESP32-CAM, що активує модуль для негайної зйомки фотографії. Це фото зберігається на карті пам'яті, що забезпечує надійне зберігання знімка для подальшої обробки.

Після зйомки фото передається до телеграм-бота, використовуючи або мобільну мережу GPRS, або з'єднання Wi-Fi, залежно від доступності. Це дозволяє негайно сповістити власника про виявлений рух і надати йому візуальну інформацію про поточний стан приміщення.

У телеграм-бота є кілька корисних функцій. По-перше, він дозволяє отримати фотографію з місця події, що забезпечує можливість швидкої оцінки

ситуації. По-друге, є можливість здійснювати відеостримінг, що дає змогу в реальному часі спостерігати за приміщенням і миттєво реагувати на будь-які зміни. Крім того, бот має функцію перевірки стану рахунку мобільного оператора, що допомагає підтримувати зв'язок та забезпечити безперервну роботу системи навіть у віддалених місцях.

Таким чином, ця система безпеки забезпечує високий рівень захисту і зручність для користувача, дозволяючи йому бути в курсі подій і швидко реагувати на потенційні загрози.

3.5 Розробка програмного забезпечення

За допомогою програмного забезпечення Arduino IDE розробимо код нашої системи. Процес розробки програмного забезпечення для системи безпеки з використанням ESP32-CAM, SIM800L та телеграм-бота включає кілька важливих етапів. Кожен етап має свою специфіку та вимагає певних дій для забезпечення коректного функціонування системи. Нижче наведено пояснення ключових функцій з фрагментами коду для кращого розуміння.

Ініціалізація камери.

Спочатку необхідно налаштувати камеру ESP32-CAM. Для цього визначається конфігурація камери, яка включає в себе параметри, такі як частота XCLK, формат пікселів та розмір кадру. Після цього камера ініціалізується за допомогою функції `esp_camera_init`.

```
void initCamera() {
    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
```

```

config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
config.jpeg_quality = 10;
config.fb_count = 1;

esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
}
}

```

Ініціалізація модуля SIM800L.

Для забезпечення передачі даних через мобільну мережу використовується модуль SIM800L. Ініціалізація включає налаштування серійного зв'язку, виявлення оператора за номером SIM-карти та налаштування GPRS-з'єднання.

```

void initSIM800() {
    sim800.begin(9600);
    delay(1000);
    sim800.print("AT\r");
    delay(1000);
    detectOperator();
    sim800.print("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"\");
    sim800.print(currentAPN);
    sim800.print("\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+SAPBR=1,1\r");
    delay(3000);
    sim800.print("AT+SAPBR=2,1\r");
    delay(1000);
}

```

Функція detectOperator() визначає оператора мобільного зв'язку на основі IMSI-коду SIM-карти, що дозволяє налаштувати правильний APN.

```

void detectOperator() {
    sim800.println("AT+CIMI"); // Отримуємо IMSI код
    delay(1000);
    while (sim800.available()) {

```

```

String imsi = sim800.readString();
Serial.println("IMSI: " + imsi);
if (imsi.startsWith("25501")) { // Kyivstar
    currentAPN = apn_kyivstar;
} else if (imsi.startsWith("25506")) { // Vodafone
    currentAPN = apn_vodafone;
} else if (imsi.startsWith("25502")) { // Lifecell
    currentAPN = apn_life;
}
}
}

```

Захоплення зображення при виявленні руху

Система використовує PIR сенсор для виявлення руху. При виявленні руху викликається функція обробки переривання, яка встановлює прапорець motionDetected у true. Це сигналізує основному циклу про необхідність зробити знімок.

```

void IRAM_ATTR detectMotion() {
    motionDetected = true;
}

```

У головному циклі програми перевіряється стан прапорця motionDetected. Якщо він встановлений, знімається зображення та зберігається на SD-карті.

```

void loop() {
    if (motionDetected) {
        motionDetected = false;
        // Зробити знімок
        camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
        if (!fb) {
            Serial.println("Camera capture failed");
            return;
        }
        // Отримати поточний час
        struct tm timeinfo;
        if (!getLocalTime(&timeinfo)) {
            Serial.println("Failed to obtain time");
            return;
        }
        char timeString[30];
        strftime(timeString, 30, "%Y-%m-%d_%H-%M-%S.jpg", &timeinfo);

        // Зберегти знімок на SD карту
        File file = SD.open(timeString, FILE_WRITE);
        if (file) {
            file.write(fb->buf, fb->len);
            file.close();
            sendPhotoToTelegram(timeString);
        }
    }
}

```

```

    }
    esp_camera_fb_return(fb);
}
handleTelegramCommands();
}

```

Обробка команд телеграм-бота

Функція `handleTelegramCommands` забезпечує отримання та обробку команд, надісланих користувачем у телеграм-боті. Залежно від команди, можна отримати фото, перевірити стан рахунку або отримати повідомлення про не реалізовану функцію відеостримінгу.

```

void handleTelegramCommands() {
    sim800.print("AT+HTTPINIT\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTTPARA=\"CID\",1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"https://api.telegram.org/bot\"");
    sim800.print(telegram_token);
    sim800.print("/getUpdates?offset=-1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPACTION=0\r");
    delay(5000);
    sim800.print("AT+HTTPREAD\r");
    delay(1000);

    String response = "";
    while (sim800.available()) {
        response += sim800.readString();
    }

    if (response.indexOf("/getphoto") != -1) {
        camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
        if (!fb) {
            sendMessageToTelegram(chat_id, "Failed to capture photo");
            return;
        }
        char timeString[30];
        struct tm timeinfo;
        if (getLocalTime(&timeinfo)) {
            strftime(timeString, 30, "%Y-%m-%d_%H-%M-%S.jpg", &timeinfo);
            File file = SD.open(timeString, FILE_WRITE);
            if (file) {
                file.write(fb->buf, fb->len);
                file.close();
                sendPhotoToTelegram(timeString);
            }
        }
    }
}

```

```

    esp_camera_fb_return(fb);
} else if (response.indexOf("/getbalance") != -1) {
    String balance = getSimBalance();
    sendMessageToTelegram(chat_id, balance);
} else if (response.indexOf("/streamvideo") != -1) {
    sendMessageToTelegram(chat_id, "Streaming video not implemented yet");
}

sim800.print("AT+HTTPTERM\r");
delay(1000);
}

```

Ці функції разом складають комплексну систему, яка дозволяє відстежувати рух у приміщенні, захоплювати та зберігати зображення, а також надсилати сповіщення та команди через телеграм-бот.

Також були використані додаткові готові бібліотеки, що дало змогу зменшити розмір коду.

Arduino.h

Бібліотека Arduino.h є основною бібліотекою платформи Arduino, яка надає всі основні функції для роботи з мікроконтролерами, включаючи функції для налаштування вводу/виводу, таймерів, переривань, серійного зв'язку та багато іншого. Ця бібліотека є необхідною для будь-якого проекту на базі Arduino.

Основні функції:

pinMode(), digitalWrite(), digitalRead() – для налаштування режиму роботи пінів та роботи з ними.

delay(), millis() – для роботи з таймерами та затримками.

Serial.begin(), Serial.print(), Serial.read() – для роботи з серійним зв'язком.

esp_camera.h

Бібліотека esp_camera.h використовується для роботи з модулем камери на базі ESP32. Вона надає функції для налаштування та управління камерою, захоплення зображень та обробки кадрів. Ця бібліотека є спеціальною для ESP32-CAM і дозволяє використовувати різні формати зображень та розміри кадрів.

Основні функції:

esp_camera_init() – для ініціалізації камери з заданими параметрами.

esp_camera_fb_get() – для захоплення зображення (фрейма) з камери.

`esp_camera_fb_return()` – для звільнення пам'яті, виділеної під зображення.

SoftwareSerial.h

Бібліотека `SoftwareSerial.h` дозволяє використовувати програмну реалізацію серійного зв'язку на будь-яких доступних пінів мікроконтролера. Це особливо корисно, коли апаратні серійні порти зайняті іншими пристроями. У цьому проекті вона використовується для зв'язку з модулем SIM800L.

Основні функції:

`SoftwareSerial.begin()` – для налаштування швидкості передачі даних.

`SoftwareSerial.print()`, `SoftwareSerial.println()` – для відправки даних через серійний порт.

`SoftwareSerial.readString()`, `SoftwareSerial.available()` – для прийому даних з серійного порту.

Wire.h

Бібліотека `Wire.h` використовується для реалізації I2C (Inter-Integrated Circuit) протоколу, який дозволяє мікроконтролеру спілкуватися з різними периферійними пристроями, такими як датчики, дисплеї та інші мікроконтролери. Вона надає простий інтерфейс для обміну даними між пристроями.

Основні функції:

`Wire.begin()` – для ініціалізації I2C-зв'язку.

`Wire.requestFrom()`, `Wire.read()` – для отримання даних від пристрою.

`Wire.beginTransmission()`, `Wire.write()`, `Wire.endTransmission()` – для відправки даних до пристрою.

SPI.h

Бібліотека `SPI.h` використовується для реалізації SPI (Serial Peripheral Interface) протоколу, який дозволяє високошвидкісний синхронний серійний зв'язок між мікроконтролером та периферійними пристроями, такими як датчики, карти пам'яті та інші периферійні модулі. SPI є одним з найпоширеніших протоколів для зв'язку мікроконтролера з іншими пристроями.

Основні функції:

`SPI.begin()` – для ініціалізації SPI-зв'язку.

`SPI.transfer()` – для передачі та прийому даних через SPI.

`SD.h`

Бібліотека `SD.h` забезпечує роботу з картами пам'яті SD, дозволяючи зберігати та читати файли на карті пам'яті з мікроконтролера. Вона є необхідною для зберігання зображень, захоплених камерою, та інших даних, які потрібно зберігати.

Основні функції:

`SD.begin()` – для ініціалізації SD-карти.

`SD.open()` – для відкриття файлу на карті пам'яті.

`File.write()`, `File.read()`, `File.close()` – для запису, читання та закриття файлів.

`time.h`

Бібліотека `time.h` використовується для роботи з годинником реального часу, надаючи функції для отримання поточного часу та дати. Це корисно для маркування часу захоплених зображень та інших подій в системі.

Основні функції:

`configTime()` – для налаштування NTP (Network Time Protocol) для отримання точного часу через Інтернет.

`getLocalTime()` – для отримання поточного часу у вигляді структури `tm`.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є одним з найважливіших аспектів будь-якої виробничої діяльності, оскільки вона спрямована на забезпечення безпечних та здорових умов праці для співробітників. У галузі радіотехніки та телекомунікацій, де робота пов'язана з електронними системами та обладнанням, питання охорони праці набувають особливого значення. Небезпечні виробничі фактори, такі як електричний струм, електромагнітні випромінювання, механічні пошкодження та інші, можуть призвести до серйозних травм або навіть смертельних випадків. Тому важливо дотримуватися всіх норм та правил з охорони праці для мінімізації цих ризиків.

Предметом проектування даної роботи є радіотехнічна система виявлення присутності осіб у приміщенні. Особливості об'єкта включають використання модуля ESP32-CAM, сенсора руху та контролера GSM SIM800L.

При аналізі потенційних небезпек, відповідно до наказу від 08.04.2014 № 248 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового», розглядаються потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні призвести до травм або ушкодження здоров'я і нанести збитки навколишньому середовищу. Необхідно враховувати, що потенційно небезпечний фактор сам по собі не є загрозою для життя та здоров'я людини; небезпека проявляється при порушенні правил з охорони праці.

Згідно вимог ДСТУ OHSAS 18002:2015 та ДСТУ ISO 45001:2019, система управління охороною праці є невід'ємною складовою виробничих процесів, що обумовлює необхідність її менеджменту. Важливо виділити найбільш небезпечні сегменти виробничого процесу та надати технічні рішення для зменшення ступеня ризику.

У даному розділі будуть розглянуті питання забезпечення безпечної експлуатації системи виявлення присутності осіб у приміщенні, питання гігієни праці та промислової санітарії, а також питання пожежної безпеки.

4.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

Робота над розробкою та впровадженням радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні включає ряд заходів з охорони праці, які спрямовані на забезпечення безпеки працівників та дотримання норм та правил охорони праці.

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Приміщення повинні відповідати ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» [20].

Основні вимоги до виробничого приміщення для експлуатації ПК згідно Дотримання НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»: [21]

- Освітлення: Потрібне достатнє освітлення, яке не надмірно напружує очі користувачів ПК і не створює блискіток на екранах.

- Вентиляція та клімат-контроль: Ефективна вентиляційна система для належної циркуляції повітря та підтримки оптимальних температури та вологості. Важливо уникати перегріву ПК та надмірної вологості. 46

- Акустичний комфорт: Застосовуються заходи для зниження шуму, що може бути спричинений вентиляційними системами, обладнанням або іншими джерелами шуму.

- Електробезпека: Дотримання електробезпечних норм, включаючи заземлення, захисні пристрої та регулярну перевірку електроінсталяцій, для безпеки використання електричного обладнання.

– Пожежна безпека: Відповідність пожежним нормам, наявність засобів пожежогасіння, пожежно-сигналізаційної системи та евакуаційних шляхів в приміщенні.

Дотримання НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [21].

Виконання європейських мінімальних вимог безпеки при роботі з дисплейним обладнанням [22].

Правильне розміщення робочих місць з урахуванням проходів між ними та орієнтації відносно світлових прорізів.

Використання відповідних меблів (столи, стільці) з урахуванням ергономічних вимог [20].

Забезпечення відповідності випробувань механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей виробів вимогам безпеки [23].

Перед початком роботи потрібно виконати вимоги згідно «Забезпечення безпеки при використанні персональних комп'ютерів та іншої спеціалізованої техніки» [21]. А саме:

- Забезпечити зручну та стабільну конструкцію робочого столу.
- Розташувати клавіатуру на оптимальній висоті.
- Регулювати висоту та нахил екрана монітора.
- Забезпечити зручне розташування миші або трек паду.
- Забезпечити належну підтримку спини та комфортне сидіння на стільці.
- Підтримувати правильну позицію тіла під час роботи.
- Організувати робочий простір з підставками для документів та обладнання.
- Забезпечити достатній простір для руху ногами та вільний доступ до розеток. Ці забезпечить комфортні умови роботи та зможуть запобігти негативним впливам незручної позиції на здоров'я користувача комп'ютера. Для роботи операторів ПК у положенні сидячи рекомендовані такі параметри робочого простору:

Для забезпечення ефективності та комфорту операторів комп'ютерів, які працюють у сидячому положенні, рекомендується враховувати такі параметри робочого простору: ширина – не менше 600 мм, глибина – не менше 500 мм, висота робочої поверхні над підлогою – від 800 до 850 мм.

Важливо також передбачити простір для ніг під робочою поверхнею: висота – менше як 700 мм, ширина – не менше 600 мм, глибина – не менше 500 мм. Якщо необхідно, зверніть увагу на висоту робочого місця, щоб вона не перевищувала 1400 мм при огляді робочої зони.

4.1.2 Електробезпека

Відповідно до ПУЕ "Правила влаштування електроустановок", приміщення, де здійснюється робота, належить до категорії безпечних приміщень без підвищеної небезпеки. Для забезпечення безпечної експлуатації електроустановок необхідно дотримуватися вимог ПУЕ та "Правил безпечної експлуатації електроустановок" і вживати наступні заходи та засоби:

- Забезпечення недоступності струмопровідних частин, прокладання електрокабелів під підлогою, в спеціальних каналах, скрите виконання освітлювальної проводки, ізоляція струмопровідних елементів (опір ізоляції ≥ 0.5 МОм).

- Заземлення всіх металевих струмопровідних частин електроустановок та ПК (опір заземлення ≤ 4 Ом).

- Використання пониженої напруги 36 В (для аварійного освітлення щита) в операторському пункті та виробничому приміщенні.

- Застосування попереджувальної сигналізації, написів та плакатів під час проведення планових попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електрообладнання.

На підприємстві використовується чотири провідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом (380 x 220 В) [24].

Можливими причинами електротравм є:

- Відкриті проводи або незахищені контакти можуть стати причиною ураження електричним струмом при випадковому дотику.
- Помилки в підключенні або монтажі можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій, зокрема коротких замикань.
- Відсутність заземлення або несправні автоматичні вимикачі та запобіжники можуть не забезпечити належний захист у разі аварії.
- Зношена або пошкоджена ізоляція може призвести до витоку струму на металеві частини обладнання, що створює небезпеку ураження електричним струмом.

Запобігання контакту з нормально струмоведучими елементами:

- Ізоляція струмоведучих елементів відповідно до нормативів (опір ізоляції не менше 1 кОм на 1 В напруги).
- Недоступність неізованих струмоведучих елементів (розміщення в недосяжних місцях, металевих шафах) [25].
- Використання захисних блокувань в електрообладнанні [26].

Запобігання електротравм при переході напруги на неструмоведучі елементи:

- Захисне заземлення або захисне вимкнення в залежності від умов [27].
- Використання контурного або виносного заземлення [28].
- Використання реле витоку та реле захисного вимкнення для вимкнення споживача при пошкодженні ізоляції [29].

4.2 Технічні рішення з виробничої санітарії

Розділ виробничої санітарії включає технічні рішення, спрямовані на забезпечення здорових і безпечних умов праці. Це включає контроль мікроклімату, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, рівень виробничого шуму, вібрацій та випромінювань. Наведені нижче технічні рішення базуються на нормативних документах, що регулюють виробничу санітарію та гігієну праці.

4.2.1 Мікроклімат

Важливість мікроклімату на виробництві неможливо переоцінити, оскільки він безпосередньо впливає на здоров'я, працездатність і комфорт працівників. Оптимальні параметри температури, вологості та повітрообміну (табл. 4.1) сприяють зниженню ризику професійних захворювань, підвищенню продуктивності праці та створенню безпечних умов для виконання робочих завдань.

Забезпечення оптимальних умов мікроклімату та постійний моніторинг якості повітря є важливими для збереження здоров'я та безпеки на робочих місцях.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Під час роботи за ПК важливо, щоб повітря мало певний іонний склад. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ПК мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n ⁺	n ⁻
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Відповідно до ДБНВ.2.5-67:2013. «Опалення, вентиляція та кондиціонування». [30] на даному підприємстві були виконані наступні заходи:

- Встановлення загальнообмінної та місцевої вентиляції для підтримання необхідного рівня чистоти та температури.
- Використання систем кондиціонування для підтримання температури в межах 18-24°C, відносної вологості 40-60%, швидкості руху повітря не більше 0,2 м/с .
- Встановлена системи зволоження повітря.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

У таблиці 4.3 наведено гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у приміщенні, відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

Таблиця 4.3 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид азоту	5	2	3
Вуглекислий газ	3	1	4
Пил нетоксичний	25	10	4
Озон	0,16	0,03	1

Для забезпечення якості повітря були виконані наступні заходи:

- Встановлено систему фільтрації для видалення пилу, аерозолів та шкідливих речовин з повітря.
- Регулярний моніторинг концентрації шкідливих речовин в повітрі з використанням газоаналізатора і сенсорів.

4.2.3 Виробниче освітлення

У таблиці 4.4 наведені норми освітленості при штучному освітленні та коефіцієнти природного освітлення (КПО) для природного та комбінованого освітлення, відповідно до характеристик зорової роботи дуже високої точності, як зазначено в ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення належного освітлення на підприємстві враховувано наступні технічні рішення:

- Використання природного освітлення з урахуванням коефіцієнта природної освітленості (КПО) відповідно до ДБН В.2.5-28:2006 "Природне і штучне освітлення" .
- Використання систем штучного освітлення з оптимальним розміщенням світильників для досягнення необхідного рівня освітленості (не менше 500 люкс для загального освітлення та 1000 люкс для місцевого освітлення) відповідно до ДСТУ EN 12464-1:2011 "Світло та освітлення. Освітлення робочих місць у приміщеннях" .

4.2.4 Виробничий шум

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 - Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

На даному підприємстві виконані наступні заходи для зменшення рівня шуму:

- В комп'ютерах встановлені вентилятори з низьким рівнем шуму
- Стіни і стеля покриті звуко-поглинаючим матеріалом.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Виробничі випромінювання — це фізичні фактори, що виникають в процесі експлуатації різноманітного обладнання та можуть мати негативний вплив на здоров'я працівників. Випромінювання можуть бути різних типів, включаючи електромагнітні, іонізуючі та неіонізуючі. У нашому виробництві слід звернути увагу на наступні аспекти:

Електромагнітні випромінювання

Електромагнітні випромінювання можуть виникати в процесі роботи електричного обладнання, комп'ютерів, генераторів та інших пристроїв. Щоб мінімізувати їх вплив на працівників, необхідно вжити наступних заходів:

1. Використання захисних екранів і матеріалів, що поглинають або відбивають електромагнітні хвилі, зокрема навколо комп'ютерів, моніторів та іншого електронного обладнання.
2. Розміщення обладнання на достатній відстані від робочих місць працівників, щоб знизити інтенсивність випромінювання.
3. Регулярне технічне обслуговування електричного обладнання для запобігання його несправності, що може призвести до підвищення рівня випромінювання.

Неіонізуючі випромінювання

До неіонізуючих випромінювань належать ультрафіолетові (УФ), інфрачервоні (ІЧ) та радіочастотні (РЧ) випромінювання. Заходи для зниження їх впливу:

1. Використання УФ-фільтрів на освітлювальних приладах, захисних окулярів та кремів з УФ-захистом для працівників.
2. Використання теплоізоляційних матеріалів та засобів індивідуального захисту, таких як рукавички та захисний одяг.
3. Екранування джерел РЧ-випромінювання, обмеження часу роботи поблизу джерел та використання відповідних засобів індивідуального захисту.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Пожежна безпека є критично важливим аспектом будь-якого виробництва. Технічні рішення для забезпечення пожежної безпеки повинні враховувати особливості об'єкта, види використовуваних матеріалів та обладнання, а також потенційні джерела займання.

До потенційних причин займання можна віднести недотримання умов електробезпеки чи поводження з відкритим вогнем.

До вимог Закону України «Про пожежну безпеку», НАПБА.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні [26] на підприємстві застосовані такі технічні рішення з пожежної безпеки:

1 Встановлення систем пожежної сигналізації та оповіщення

Інсталяція автоматичних систем пожежної сигналізації, які включають димові, теплові та інші датчики, що швидко виявляють пожежу.

Встановлення систем оповіщення, що негайно повідомляють працівників про пожежну небезпеку через гучномовці або інші засоби зв'язку.

2 Використання вогнезахисних матеріалів

Використання вогнезахисних фарб, просочень та інших матеріалів для обробки будівельних конструкцій, що підвищують їхню вогнестійкість.

Встановлення вогнезахисних дверей, перегородок та інших бар'єрів для запобігання поширенню вогню.

3 Організація шляхів евакуації

Створення детальних планів евакуації з чіткими інструкціями для працівників щодо дій у разі пожежі.

Встановлення знаків, що вказують на шляхи евакуації та місця розташування пожежного обладнання.

4 Пожежне обладнання

Розміщення порошкових вогнегасників у легкодоступних місцях по всьому виробництву.

Встановлення пожежних гідрантів і рукавів для забезпечення можливості швидкого підключення до водопостачання.

5 Організаційні заходи

Регулярне проведення тренінгів з пожежної безпеки для всіх працівників, включаючи навчання використання вогнегасників та інших засобів пожежогасіння.

Проведення інструктажів для нових працівників і періодичних інструктажів для всього персоналу.

6 Контроль та аудит

Проведення регулярних внутрішніх перевірок і аудитів стану пожежної безпеки на виробництві.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі було розроблено систему виявлення об'єктів, що складається з сенсора руху, камери ESP32CAM та модуля SIM800L. Ця система призначена для ефективного моніторингу та виявлення рухомих об'єктів у режимі реального часу.

Головна мета створеної системи полягає в забезпеченні високої точності та надійності при виявленні об'єктів, що рухаються, та передачі даних про їх положення на віддалений сервер або мобільний пристрій. Дана система може бути використана у різних сферах, таких як охорона периметру, системи безпеки, автоматизація будівель та інші галузі, де важливо виявляти присутність і рух об'єктів.

У другому розділі роботи було проведено детальний аналіз технічних рішень, необхідних для побудови системи, вибрано оптимальну конфігурацію компонентів та обґрунтовано схему пристрою. Було також розроблено програмне забезпечення для керування системою та передачі даних.

У третьому розділі виконано моделювання роботи системи за допомогою фізичної моделі, що дозволило протестувати функціонування компонентів та перевірити їх взаємодію. Було також використано Arduino IDE для розробки та компіляції програмного забезпечення, необхідного для роботи системи.

Результати моделювання продемонстрували високу ефективність системи у виявленні рухомих об'єктів та передачі даних у режимі реального часу. Моделювання дозволило виявити можливі проблеми на ранніх етапах розробки та зробити необхідні налаштування перед фізичною реалізацією проекту.

Потенційні переваги системи виявлення об'єктів включають простоту в установці та використанні, можливість отримання даних у режимі реального часу та віддалений моніторинг. Це забезпечує підвищену безпеку та контроль за периметром чи іншими критичними зонами.

Отже, розроблена система виявлення об'єктів на основі сенсора руху, камери ESP32CAM та модуля SIM800L має значний потенціал для застосування у різних

галузях, де необхідно здійснювати точний та надійний моніторинг рухомих об'єктів. Це дозволяє отримувати достовірні дані та забезпечувати високий рівень безпеки та контролю.

У рамках даної роботи також було створено фізичний пристрій, який включає всі розроблені компоненти. Фізичний прототип успішно пройшов тестування і підтвердив свою функціональність та ефективність у реальних умовах. Це дозволяє впевнено рекомендувати його для використання в різних сферах з метою підвищення безпеки та контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стаття “Beginner’s Guide to Object Detection Algorithms”:
<https://medium.com/analytics-vidhya/beginners-guide-to-object-detectionalgorithms-6620fb31c375>
2. Лебеде́нко Ю. И. Биометрические системы безопасности. Тула: Directmedia, 2013. 159 с.
3. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features [Electronic resource] // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. URL:<http://www.vision.caltech.edu/html-files/EE148-2005-Spring/pprs/viola04ijcv.pdf> (date of access: 17.12.2015).
4. Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities [Electronic resource] // Proceedings of National Academy of Sciences. 1982. Vol. 79 (8). URL:<http://www.pnas.org/content/79/8/2554.full.pdf> (date of access: 10.01.2016).
5. Deep Learning for Object Detection: A Comprehensive Review [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/deep-learning-for-object-detection-a-comprehensive-review-73930816d8d9> – Назва з екрану.
6. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arxiv.org/pdf/1506.01497> – Назва з екрану.
7. What is Object Detection [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/discovery/objectdetection.html/>. – Назва з екрану.
8. Convolutional Neural Networks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/convolutionalneural-networks-for-beginners-using-keras-and-tensorflow-2-c578f7b3bf25>. – Назва з екрану.

9. Демчук М. Ю. Дослідження нейромережевого підходу для розпізнавання об'єктів дорожнього руху [Електронний ресурс] / М. Ю. Демчук, Л. В. Крилик // L Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (Вінниця, 2021). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/allfitki2021/paper/view/12348>. – Назва з екрану.
10. Sharif Razavian, A., Azizpour, H., Sullivan, J., & Carlsson, S. CNN features off-the-shelf: an astounding baseline for recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops, 2014; pp. 806-813.
11. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e>. – Назва з екрану.
12. Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, J. Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Columbus, OH, USA, 24-27 June 2014; pp. 580-587.
13. Girshick, R. Fast R-CNN. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision, 2015; pp. 1440-1448. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. In Advances in neural information processing systems, 2015; pp. 91-99.
14. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016; pp. 779-788.
15. Патрік Е. Основи теорії розпізнавання образів. - М.: Радянське Радіо, 1980. - 408 с.
16. Роберт Каллан. Основні концепції нейронних мереж = The Essence of Neural Networks First Edition. - 1-е. - «Вільямс», 2001. - С. 288

17. Esp32 Cam Sim800L GSM module integration
[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://github.com/pawel-piwowar/esp32cam/tree/master/esp32CamSim800l> – Назва з екрану.
18. ESP32-CAM AI-Thinker Pinout Guide: GPIOs Usage Explained [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/> – Назва з екрану.
19. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
20. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.
21. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php.
22. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>.
23. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05/>.
24. Правила улаштування електроустановок. . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.energiy.34.com.ua/PUE.html>.
25. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154 с.
26. ДСТУБ В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

- 27.Правила улаштування електроустановок. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>.
- 28.НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php
- 29.ДСТУ EN 62305:2012 Блискавкозахист (європейський стандарт ІЕС 62305:2010). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tdsb.com.ua/ru/dstu-en-62305/>.
- 30.Постанова Кабінету Міністрів України № 340 від 27.05.2015 «Технічний регламент енергетичного маркування електричних ламп та світильників» (Розроблена на основі Делегованого регламенту Комісії (ЄС) № 874/2012 від 12.07.2012, що доповнює Директиву 2010/30/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19.05.2010 щодо енергетичного маркування електричних ламп та світильників). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/340-2015-%D0%BF#Text>.
- 31.Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html
- 32.ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028
- 33.ДСан ПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derz-nor4881.html>

- 34.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
- 35.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Електронний ресурс] – Режим доступу до сторінки: http://hrliga.com/index.php?module=norm_base&op=view&id=819
- 36.Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
- 37.СанПіН 2.2.4.1294-03 «Фізичні фактори виробничого середовища. Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.ionization.ru/issue/iss5.htm>
- 38.СанПіН 2.2.4.1191-03 «Електромагнітні поля у виробничих умовах» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.vrednost.ru/2241191-03.php>
- 39.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

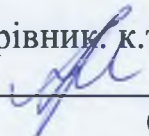
Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ
РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У
ПРИМІЩЕННІ

Виконав: студент 4-го курсу, групи ТКР-206
спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Мулярчук О.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник, к.т.н., доц. каф. ІРТС

Звягін О.С.
(прізвище та ініціали)

«18» 06 2024 р.

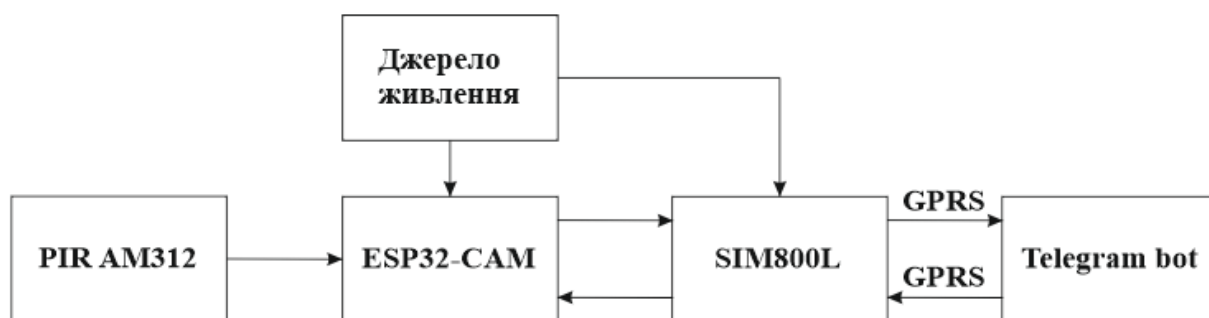


Рисунок 1 – Структурна схема радіотехнічної системи виявлення присутності осіб у приміщенні

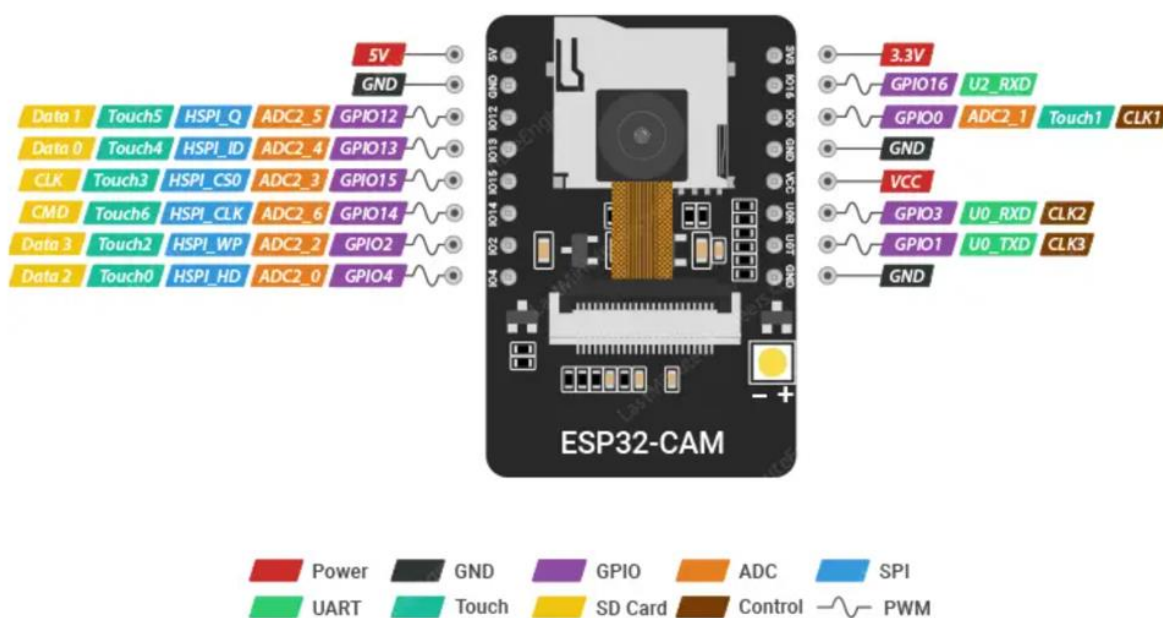


Рисунок 2 – Пінова схема модуля ESP32-CAM

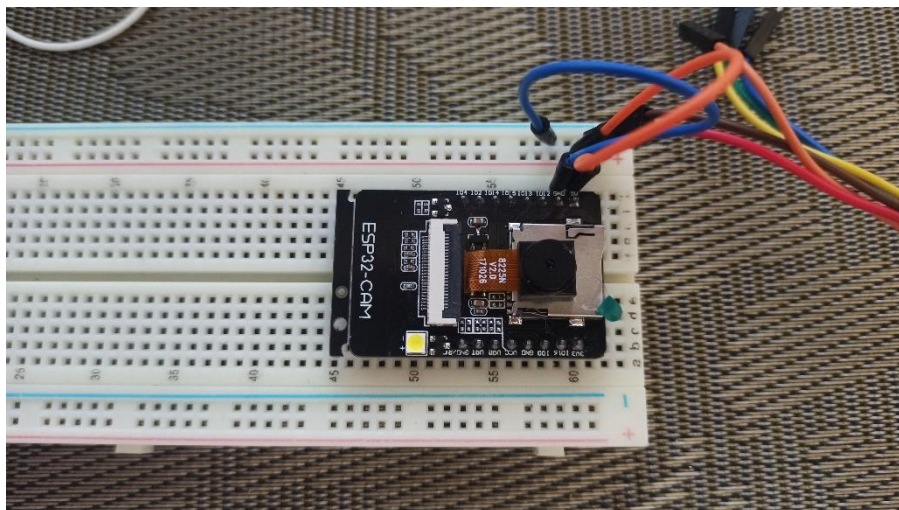


Рисунок 3 – Модуль ESP32-CAM підключення джерела живлення

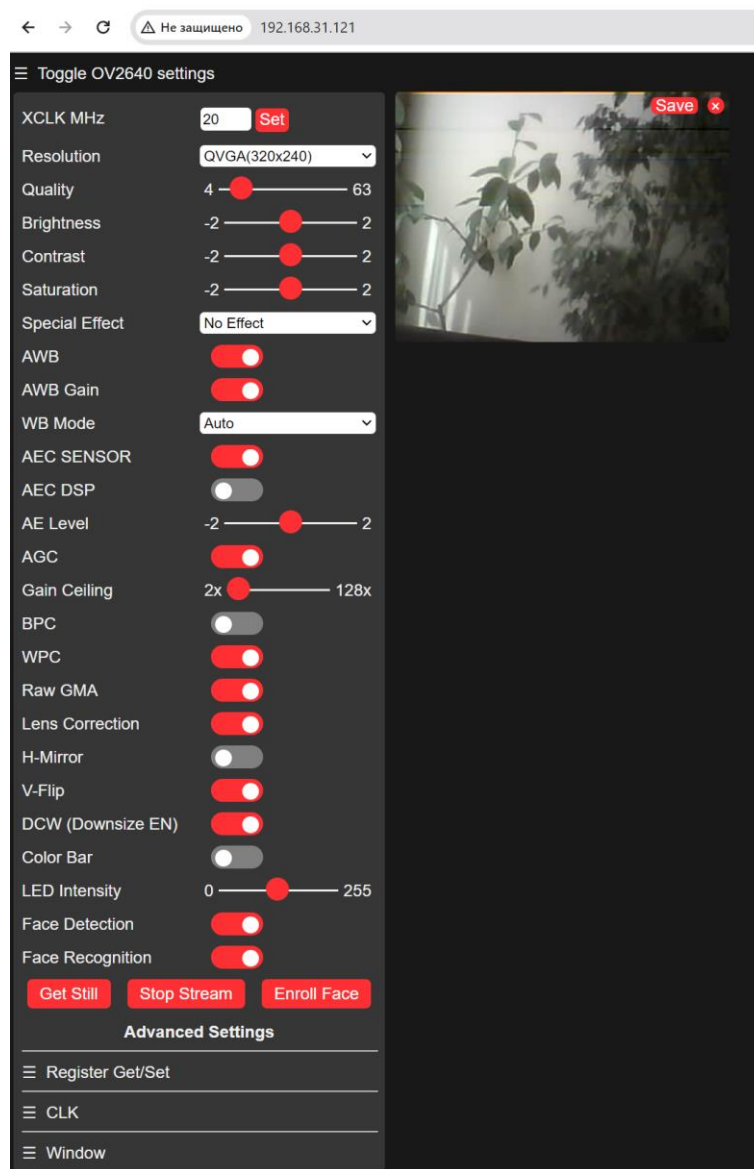


Рисунок 4 – інтерфейс модуля ESP32-CAM

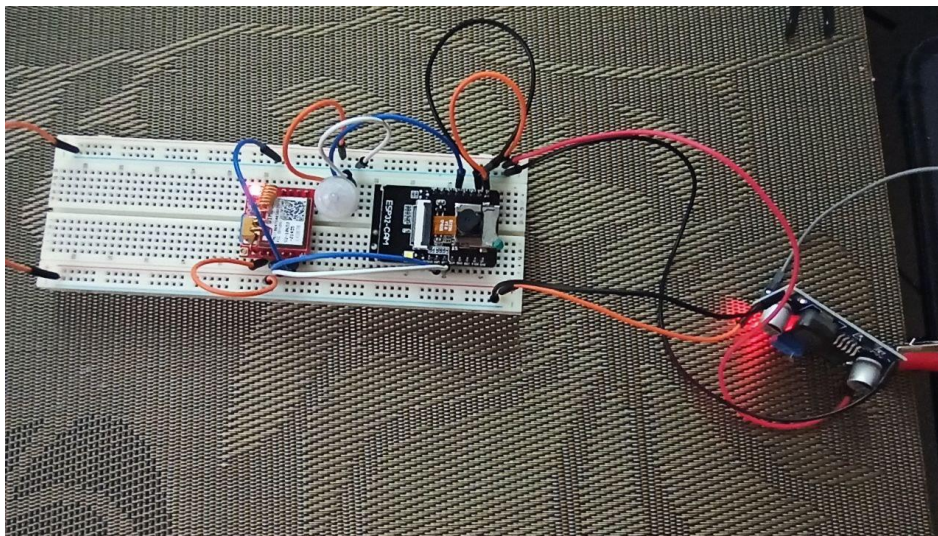


Рисунок 8 – Радіотехнічна система виявлення присутності осіб у
Приміщенні

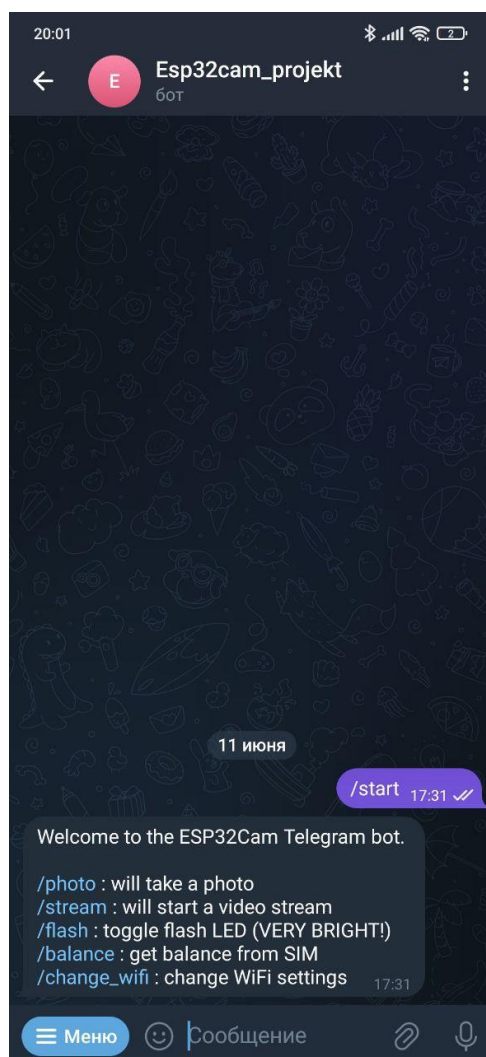


Рисунок 10 – Основні функції телеграм бота

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ
РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У
ПРИМІЩЕННІ

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: «Радіотехнічна система виявлення присутності осіб у приміщенні»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ ІРТС, ІЕС
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 91,14% Схожість 8,86%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Олександр ЗВЯГІН

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Олександр МУЛЯРЧУК

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олександр ЗВЯГІН

(прізвище, ініціали)

Додаток В
(довідниковий)

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

**РАДІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ ПРИСУТНОСТІ ОСІБ У
ПРИМІЩЕННІ**

```

#include <Arduino.h>
#include "esp_camera.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <time.h>

// Налаштування для камери
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#include "camera_pins.h"

// Пін підключення
#define PIR_PIN 15
#define SIM800_TX_PIN 1
#define SIM800_RX_PIN 3

// Параметри інтернету для операторів
const char* apn_kyivstar = "www.ab.kyivstar.net";
const char* apn_life = "internet";
const char* apn_vodafone = "internet";

// Телеграм бота токен та чат ID
const char* telegram_token = "YOUR_TELEGRAM_BOT_TOKEN";
const char* chat_id = "YOUR_CHAT_ID";

// Змінні
SoftwareSerial sim800(SIM800_TX_PIN, SIM800_RX_PIN);
bool motionDetected = false;
String currentAPN = "";

// Функція для ініціалізації камери
void initCamera() {
    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;

```

```

config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
config.jpeg_quality = 10;
config.fb_count = 1;

// Ініціалізація камери
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
}
}

// Функція для визначення оператора за номером SIM-карти
void detectOperator() {
    sim800.println("AT+CIMI"); // Отримуємо IMSI код
    delay(1000);
    while (sim800.available()) {
        String imsi = sim800.readString();
        Serial.println("IMSI: " + imsi);
        if (imsi.startsWith("25501")) { // Kyivstar
            currentAPN = apn_kyivstar;
        } else if (imsi.startsWith("25506")) { // Vodafone
            currentAPN = apn_vodafone;
        } else if (imsi.startsWith("25502")) { // Lifecell
            currentAPN = apn_life;
        }
    }
}

// Функція для ініціалізації SIM800L
void initSIM800() {
    sim800.begin(9600);
    delay(1000);
    sim800.print("AT\r");
    delay(1000);
    detectOperator();
    sim800.print("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"\");
    sim800.print(currentAPN);
    sim800.print("\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+SAPBR=1,1\r");
    delay(3000);
    sim800.print("AT+SAPBR=2,1\r");
}

```

```

    delay(1000);
}

// Функція для надсилання фото в телеграм бот
void sendPhotoToTelegram(const char* fileName) {
    File file = SD.open(fileName);
    if (!file) {
        Serial.println("Failed to open file for reading");
        return;
    }

    // Підготовка даних для відправки
    String boundary = "----WebKitFormBoundary7MA4YWxkTrZu0gW";
    String body = "--" + boundary + "\r\nContent-Disposition: form-data;
name=\"chat_id\"\r\n\r\n" + chat_id + "\r\n";
    body += "--" + boundary + "\r\nContent-Disposition: form-data; name=\"photo\";
filename=\"" + String(fileName) + "\"\r\nContent-Type: image/jpeg\r\n\r\n";

    // Відправка даних
    sim800.print("AT+HTTPINIT\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"CID\",1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"URL\", \"https://api.telegram.org/bot\"");
    sim800.print(telegram_token);
    sim800.print("/sendPhoto\"\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"CONTENT\", \"multipart/form-data; boundary=\"");
    sim800.print(boundary);
    sim800.print("\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPDATA=");
    sim800.print(body.length() + file.size() + 4); // 4 це \r\n--boundary--\r\n
    sim800.print(",10000\r");
    delay(1000);
    sim800.print(body);
    while (file.available()) {
        sim800.write(file.read());
    }
    sim800.print("\r\n--" + boundary + "--\r\n");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPACTION=1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPREAD\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPTERM\r");
    delay(1000);

    file.close();
}

```

```

// Функція для отримання балансу на SIM-карті
String getSimBalance() {
    sim800.println("AT+CUSD=1,\"*111#\"); // Залежить від оператора
    delay(5000);
    String balance = "";
    while (sim800.available()) {
        balance += sim800.readString();
    }
    return balance;
}

// Функція для обробки команд телеграм бота
void handleTelegramCommands() {
    // Отримання повідомлень з телеграм бота
    sim800.print("AT+HTTPINIT\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"CID\",1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"URL\", \"https://api.telegram.org/bot\");
    sim800.print(telegram_token);
    sim800.print("/getUpdates?offset=-1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPACTION=0\r");
    delay(5000);
    sim800.print("AT+HTTPREAD\r");
    delay(1000);

    String response = "";
    while (sim800.available()) {
        response += sim800.readString();
    }

    // Обробка отриманих команд
    if (response.indexOf("/getphoto") != -1) {
        // Зробити знімок і відправити фото
        camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
        if (!fb) {
            sendMessageToTelegram(chat_id, "Failed to capture photo");
            return;
        }
        char timeString[30];
        struct tm timeinfo;
        if (getLocalTime(&timeinfo)) {
            strftime(timeString, 30, "/%Y-%m-%d_%H-%M-%S.jpg", &timeinfo);
            File file = SD.open(timeString, FILE_WRITE);
            if (file) {
                file.write(fb->buf, fb->len);
                file.close();
                sendPhotoToTelegram(timeString);
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
esp_camera_fb_return(fb);
} else if (response.indexOf("/getbalance") != -1) {
    // Отримати стан рахунку
    String balance = getSimBalance();
    sendMessageToTelegram(chat_id, balance);
} else if (response.indexOf("/streamvideo") != -1) {
    // Відправити повідомлення про те, що функція не реалізована
    sendMessageToTelegram(chat_id, "Streaming video not implemented yet");
}

sim800.print("AT+HTTPTERM\r");
delay(1000);
}

// Функція для надсилання текстового повідомлення в телеграм бот
void sendMessageToTelegram(const char* chat_id, const char* text) { // Функція для
надсилання текстового повідомлення в телеграм бот
void sendMessageToTelegram(const char* chat_id, const char* text) {
    String url = "https://api.telegram.org/bot";
    url += telegram_token;
    url += "/sendMessage?chat_id=";
    url += chat_id;
    url += "&text=";
    url += text;

    sim800.print("AT+HTTPINIT\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"CID\",1\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPPARA=\"URL\", \"\");
    sim800.print(url);
    sim800.print("\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPACTION=0\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPREAD\r");
    delay(1000);
    sim800.print("AT+HTTPTERM\r");
    delay(1000);
}

// Обробка переривання від PIR сенсора
void IRAM_ATTR detectMotion() {
    motionDetected = true;
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

```

```

pinMode(PIR_PIN, INPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIR_PIN), detectMotion, RISING);

// Ініціалізація камери та SIM800L
initCamera();
initSIM800();

// Ініціалізація SD карти
if (!SD.begin()) {
    Serial.println("SD Card initialization failed");
    return;
}

// Налаштування часу (потрібно налаштувати NTP або RTC модуль)
configTime(0, 0, "pool.ntp.org");
}

void loop() {
    if (motionDetected) {
        motionDetected = false;

        // Зробити знімок
        camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
        if (!fb) {
            Serial.println("Camera capture failed");
            return;
        }

        // Отримати поточний час
        struct tm timeinfo;
        if (!getLocalTime(&timeinfo)) {
            Serial.println("Failed to obtain time");
            return;
        }
        char timeString[30];
        strftime(timeString, 30, "%Y-%m-%d_%H-%M-%S.jpg", &timeinfo);

        // Зберегти знімок на SD карту
        File file = SD.open(timeString, FILE_WRITE);
        if (file) {
            file.write(fb->buf, fb->len);
            file.close();
            sendPhotoToTelegram(timeString);
        }
        esp_camera_fb_return(fb);
    }

    handleTelegramCommands();
}

```