Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

“Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“____” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
“Програмне забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КН-22з
ОПП «Комп’ютерні науки»
спеціальності 122 «Комп’ютерні науки»
_____ Михайленко С.Г.
«____» _____ 2026 р.

Керівник проєкту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Минайленко Р.М.
«____» _____ 2026 р.
Рецензент _____
_____

КбПЗ-2026

м.Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет *Центр заочної та дистанційної освіти*
Кафедра *Кібербезпеки та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *бакалавр*
Галузь знань 12 "Інформаційні технології"
Спеціальність *122* "Комп'ютерні науки"
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерні науки"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
_____ року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Михайленку Станіславу Георгійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмне забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів
2. Керівник роботи Минайленко Роман Миколайович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу №115-02 від 06.02.2026 року
3. Строк подання студентом роботи до захисту 06.02.2026 року
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи Метою роботи є розробка програмного забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Призначення та область використання.
2. Перегляд аналогічних існуючих систем.
3. Опис і обґрунтування проектних рішень.
4. Етапи програмування системи.
5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.
6. Висновки
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Структурна схема системи 1 аркуш
Функціональна схема системи 1 аркуш
Діаграма процесів 1 аркуш
Блок-схема алгоритму роботи додатку 2 аркуша

КПІ-2026

7. Дата видачі завдання «06» 02 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв’язку та відображення	30.03.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026 р.	
7.	Оформлення ПЗ	30.04.2026 р.	
8.	Попередній захист роботи	16.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
«06» 02 2026 _____ р.

Підпис керівника
_____ Минайленко Р.М.
(прізвище та ініціали)
Завдання прийнято до виконання
_____ р.

Підпис здобувача
_____ Михайленко С.Г.
(прізвище та ініціали)

КбПЗ_2026

АНОТАЦІЯ

Михайленко С.Г. Програмне забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблене програмне забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів.

Метою розробки є програмне забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів.

Результат роботи – програмна реалізація інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об'єктами з функцією розпізнавання образів.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на платі ESP32-CAM.

Програму розроблено в середовищі Arduino.

Ключові слова: комп’ютерні науки, інтернет речей, безпека

КПЗ_2026

ABSTRACT

Mykhailenko S.H. Software for an intelligent video surveillance system for moving objects with pattern recognition. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software for an intelligent video surveillance system for moving objects with pattern recognition is developed.

The purpose of the development is software for an intelligent video surveillance system for moving objects with pattern recognition.

The result of the work is software implementation of an intelligent video surveillance system for moving objects with pattern recognition.

In the process of working on the software model, an analysis of existing software tools was performed. All components of the software developed are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software tools are provided.

The program can be used on the ESP32-CAM board.

The program was developed in the Arduino environment.

Keywords: computer science, internet of things, security

КОПЗ_2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ 2
ВСТУП 3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ 5
1.1 Призначення системи 5
1.2 Область застосування 5
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ 8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень з профілю теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти 8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування 18
2.3 Розгорнута постановка завдання 22
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ 23
3.1 Опис функціонування системи 23
3.2 Розробка структурної схеми 32
3.3 Розробка функціональної схеми 37
3.4 Розробка діаграми процесів 40
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЄКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ .. 42
4.1 Розробка блок–схем та опис алгоритмів функціонування системи 42
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення 46
5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ 49
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ 52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 54

КОПІЯ 2026

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

AES – Advanced Encryption Standard

API – інтерфейс програмування застосунків

CCMP – Counter Mode Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol

CCTV – відеоспостереження

HTTP – протокол передачі гіпертексту

HTTPS – захищений протокол передачі гіпертексту

IoT – інтернет речей

IP – Internet Protocol

JPEG – Joint Photographic Experts Group

MITM – Man in the middle

NAT – перетворення мережевих адрес

PIR – пасивний інфрачервоний датчик

REST – REpresentational State Transfer

SSL – Secure Sockets Layer

TLS – Transport Layer Security

WPA-PSK – безпечний доступ до бездротової мережі за допомогою заздалегідь поширеного ключа

КОПЗ_2026

ВСТУП

Актуальність теми. Системи відеоспостереження за рухомими об’єктами є критичними для безпеки в таких сферах, як транспорт [1], промисловість [2], міська інфраструктура [3] тощо. У суспільстві зростає попит на такі системи, що водночас висуває вищі вимоги до їхньої ефективності та надійності. У цьому контексті інтеграція штучного інтелекту до них є ключовою, оскільки вона дозволяє контролювати певних осіб і характеристики (такі як номери автомобілів і підозрілі поведінки), водночас ігноруючи непотрібні об’єкти (домашні тварини тощо).

Поточні техніки відеоспостереження часто стикаються з проблемами точного визначення об’єктів, що знаходяться на значній відстані.

Таким чином, розробка інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об’єктами з функцією розпізнавання образів, є надзвичайно актуальним завданням. Це може сприяти покращенню безпеки у різних галузях і зниженню витрат на обслуговування і забезпечення надійного контролю в різних галузях.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є інтелектуальна система відеоспостереження за рухомими об’єктами з функцією розпізнавання образів.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

1) Огляд існуючих систем відеоспостереження за рухомими об’єктами;

2) Дослідження інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об’єктами з функцією розпізнавання образів;

3) Програмна реалізація інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об’єктами з функцією розпізнавання образів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблене програмне забезпечення дозволяє успішно вирішувати задачі відеоспостереження за рухомими об’єктами.

КОПЗ-2026

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, інтелектуальна система відеоспостереження за рухомими об’єктами з функцією розпізнавання образів, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

КБПЗ_2026

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Розроблюване програмне забезпечення призначене для відеоспостереження за рухомими об’єктами. Відеоспостереження є важливим елементом у системах фіксації різних правопорушень, а також виявлення осіб, що причетні до них [4]. До типових правопорушень, що потребують встановлення камер відеоспостереження, належать:

1) несанкціонований доступ на територію, що охороняється;

2) викрадення або пошкодження майна;

3) встановлення шпигунських пристроїв;

4) порушення правил дорожнього руху тощо.

Можливості системи:

1) визначення рухомих об’єктів;

2) обертання камери у напрямку руху у випадку його виявлення, або у випадковому напрямку;

3) сповіщення про виявлений рух, а також перевірка, чи є джерелом руху людина;

4) надсилання фотографій із виявленим рухом для подальшого перегляду і використання у якості доказів.

1.2 Область застосування

Системи відеоспостереження мають можливість робити відеозаписи діяльності людей та машин. Отримані дані можуть бути використані з різною метою.

Одним із варіантів застосування системи є забезпечення безпеки приміщень або об’єктів. Відеокамери можуть бути встановлені всередині

КБПЗ – 2026

будинків чи офісів, контролюючи переміщення людей та дії з предметами. У випадку виявлення переміщення людей у неробочий час, одразу надсилається повідомлення охоронцю. Так само можна слідкувати і за входом несанкціонованих осіб у службові приміщення, винесення з них речей. Також можливе встановлення камер на вулиці, наприклад, для спостереження за припаркованими автомобілями.

Іншим можливим місцем впровадження системи є дороги для автомобілів. Система може фіксувати порушення правил дорожнього руху, а також перевіряти номери автомобілів і в автоматичному режимі виписувати штрафи. Камери також можуть виявляти переслідування водія поліцейськими автомобілями, і допомагати постійно відстежувати місцезнаходження порушника.

Системи відеоспостереження активно використовуються у різних видах спорту, де вони допомагають суддям приймати правильні рішення щодо спірних моментів гри (наприклад, система VAR у футболі), фіксувати фініш у перегонах. Камери також дозволяють дивитися спортивні події людям з усього світу, а інтелектуальна система може автоматично обирати потрібну область ігрової зони для спостереження.

На заводах і у цехах відеоспостереження може бути використане для перевірки дотримання правил безпеки. На автоматичних лініях людина за допомогою системи може віддалено виявити збій і зупинити процес.

У магазинах, такі системи можуть бути використані для аналізу переміщень покупців та збору інформації про популярні і непопулярні розділи. Також є можливість виявлення крадіжок та перевірки правильності розрахунків на касі.

Невід’ємною частиною системи безпеки є відеокамери і у в’язницях. Там відстежуються усі переміщення засуджених, і охорона негайно отримує інформацію про випадки насильства та спроби втечі. Камери, спрямовані на зовнішню територію, можуть виявляти спроби перекинути через огорожу заборонені предмети.

КПЗ – 2026

Розумні автомобілі з функцією автопілоту використовують відеокамери для сканування дороги з метою безпеки руху.

Зоопарки та вчені можуть використовувати відеокамери для спостереження за поведінкою тварин без необхідності особистої присутності.

Тож очевидно, що системи відеоспостереження вирішують багато проблем. Вони дуже корисні у різних сферах життя, і попит на них лише збільшується з часом.

КБПЗ_2026

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень з профілю теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

Для проведення огляду існуючих систем відеоспостереження з профілю теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, були розглянуті наступні камери, що були розміщені на дошках оголошень:



Рисунок 2.1 – IP камера/камера відеоспостереження/Wi-Fi камера безпеки/відеокамера/внутрішня смарт-камера GNCC HD 1080P GC2 [5]

Коштує 22,49 євро.

Можливості:

1) запис і програвання звуку;

2) підтримка систем «розумного будинку» Alexa і Amazon;

КБТЗ-026

3) приєднання до Wi-Fi-мереж, при цьому доступні варіанти захисту WEP та WPA/WPA2-PSK.

4) діапазон зображення 10 м;

5) Full HD-зображення.

6) кут огляду 108°;

7) частота кадрів 25 FPS;

8) датчик руху;

9) нічне бачення;

10) зберігання даних на сервері чи на карті пам’яті;

11) мобільний додаток.

Хоча в описі ця камера рекламується як вулична, на пакуванні написано, що вона призначена для використання в приміщеннях. Тому область її застосування є обмеженою, і вона не придатна для виявлення руху на великих відстанях, та, ймовірно, не має захисту від опадів.

КбПЗ 2026



Рисунок 2.2 – Бездротова зовнішня камера безпеки Zeetopin акумуляторна відеокамера IP WI-FI [6]

Коштує 2249,25 грн, при цьому зазначено, що без знижки вона коштує 2999 грн.

Можливості:

1) приєднання до Wi-Fi-мереж;

2) Full HD-зображення;

3) запис даних на карту пам’яті;

4) мобільний додаток;

5) виявлення руху за допомогою PIR-сенсора;

6) запис і програвання звуку;

7) водонепроникність.

Основною перевагою даної камери є водонепроникність, що дозволяє безпечно розміщувати її на вулиці. Проте в описі не зазначено, на якій відстані дана камера може розпізнавати рух.



Рисунок 2.3 – OPODOME ONVIF Вулична водонепроникна Wi-Fi камера безпеки для дому [7]

КПЗ 2026

Коштує 100 євро.

Можливості:

1) роздільна здатність 5 мегапікселів із підтримкою WDR;

2) підтримка протоколу OVNIF;

3) інфрачервоне нічне бачення на відстані до 50 футів (15,24 м).

4) сирена, запис і програвання звуку;

5) вбудована карта пам’яті на 32 ГБ;

6) водонепроникний корпус.

Дана камера, так само як і попередня, може бути розташована на вулиці через водонепроникний корпус, а наявність сирени також надає перевагу у відлякуванні зловмисників. Також вона дозволяє розпізнавати рух на трохи більшій відстані, ніж перша згадана.



Рисунок 2.4 – Міні Wifi камера USB HUB 1080P Зарядний пристрій. Домашня відеокамера безпеки. Hdlivecam [8]

Коштує 80 євро.

Можливості:

1) Full HD-зображення;

КбПЗ_2026

2) виявлення руху;

3) мобільний додаток;

4) циклічний запис у випадку заповнення карти пам’яті;

5) виявлення руху на відстані 6 метрів, дальність знімання 5 метрів.

Дана камера, хоча і є дорожчою, не має захисту від опадів, і має малу дальність знімання. Тому вона придатна для застосування в приміщеннях, але не на вулиці. Сумнівною перевагою даної камери є те, що вона прихована в корпусі, що нагадує зарядний пристрій. Відсутність видимих камер може позбавити зловмисників страху, що за ними спостерігають, а спроба використати записи з таких камер в якості доказів, чи навіть придбання такої камери, може призвести до того, що замість очікуваного результату, покарають власника камери, за статтею 359 Кримінального кодексу України, яка забороняє незаконні придбання, збут або використання спеціальних технічних засобів отримання інформації [9]. Тому найкращим варіантом буде відмовитися від такого вибору.



Рисунок 2.5 – Вулична поворотна Wi-Fi IP-камера відеоспостереження 4 МП V380 з двома об’єктивами, HD-роздільністю і 10-кратним [10]

КБПЗ_2026

Вулична камера, яку можна купити разом з картою пам’яті, а можна без неї. Без карти пам’яті коштує 51,67 євро.

Можливості:

1) Full HD-зображення;

2) запис звуку;

3) підсвічування;

4) наявність двох об’єктивів, по 4 Мп кожний;

5) цифровий зум до десятикратного збільшення;

6) три режими нічного бачення;

7) підключення до Wi-Fi-мережі;

8) захист від опадів;

9) кут повороту 355°, кут нахилу 90°;

10) дальність ІЧ- та LED-підсвічування 25 м;

11) зберігання даних на сервері або на карті пам’яті.

Дана камера пропонує досить добрі характеристики порівняно з тими, що були розглянуті раніше.

КбПЗ_2026



Рисунок 2.6 – Камера відеоспостереження для дому з віддаленим доступом PTZ WiFi xm 2mp з віддаленим доступом [11]

Камера, яка пропонується у декількох варіантах: 1080p, 4 Мп, 8 Мп. Також можна придбати з картою пам’яті чи без неї. Варіанти без карти пам’яті коштують, відповідно, 56,85, 66,83 та 75,62 євро.

Можливості:

1) налаштування параметрів якості зображення;

2) можливість повороту камери;

3) ефективна відстань інфрачервоного підсвічування до 30 метрів;

4) захист від опадів;

5) записування відео при виявленні руху;

6) записування і програвання звуку;

7) підтримка не лише мобільних пристроїв, а й комп’ютерів;

8) записування відео на карту пам’яті або у хмару.

Дана камера може визначати рух на ще більшій відстані, хоча має меншу якість порівняно з попередньою.



Рисунок 2.7 – Інтелектуальна камера безпеки Ezviz Smart Security Light Camera LC1 Розумна камера з освітленням [12]

Дорога камера, коштує 6800 грн.

КПЗ 2026

Можливості:

1) Full HD-зображення;

2) вбудоване освітлення;

3) широкий кут огляду;

4) підключення до Wi-Fi-мережі;

5) мобільний застосунок;

6) нічне бачення;

7) повідомлення у разі виявлення руху.

Оскільки подібні можливості є і в дешевших камерах, не має сенсу обирати цей варіант.



КбПЗ 2026
rezervmarket.prom.ua

Рисунок 2.8 – Вулична акумуляторна WI-FI IP Камера 8Мп Reolink Argus PT Ultra B 440 [13]

Камера що, коштує 5499 грн.

Можливості:

1) 4K-зображення, 8 Мп;

2) кут повороту 355°, кут нахилу 122°;

3) нічне бачення до 10 метрів;

4) виявлення руху;

5) вбудований мікрофон та динамік;

6) підключення до Wi-Fi-мережі;

7) зберігання даних у хмарі, проте рекламується власний хмарний сервіс.

Дана камера забезпечує найкраще розширення серед усіх розглянутих. Але в оголошенні пропонується замість власних пристроїв зберігати дані на сервері виробника камери. Невідомо, чи є це єдиним варіантом, але краще не ризикувати.



Рисунок 2.9 – Камера безпеки ANNKE C800 4K PoE [14]

4K-камера, що коштує 60 євро.

Можливості:

1) 4K-зображення;

2) приєднання за допомогою кабелю;

3) виявлення руху;

4) кут повороту 115°;

5) нічне бачення на відстані до 30 метрів;

6) зберігання записів у хмарі або на карті пам’яті;

7) записування і програвання звуку;

8) мобільний застосунок;

КПЗ 2026

9) захист від опадів.

Дана камера, на відміну від попередньої, забезпечує можливість локального зберігання. Проте вона має менший кут повороту, та передбачає лише кабельне з’єднання, на відміну від інших розглянутих камер.



Рисунок 2.10 – Комплект відеоспостереження OVERMAX Camspot NVR 4.0 FullHD [15]

Найдорожче рішення, 9890 грн. Проте пропонується одразу чотири камери та ретранслятор.

Можливості:

1) Full HD-зображення;

2) ретранслятор, до якого можна підключати монітори та USB-пристрої;

3) сповіщення на електронну пошту;

4) кут огляду однієї камери 92°, чотири камери;

5) нічне бачення на відстань до 25 метрів;

6) датчик руху;

Копія 2026

7) мобільний додаток;

8) зберігання даних у хмарі та можливість підключення зовнішніх накопичувачів до 6 ТБ.

Даний комплект надає більш зручні можливості по доступу до відеофайлів, а також забезпечує більшу область відеоспостереження через наявність чотирьох відеокамер. Проте він є дорогим порівняно з однією камерою.

Висновки

Хоча існує багато готових рішень з теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, основна проблема усіх вищезазначених камер – неможливість вибору конкретних параметрів, які стосуються окремих одиниць апаратного чи програмного забезпечення. Камера, яка має одні можливості (наприклад, велику відстань виявлення руху), може не мати інших (наприклад, інтеграції з системами «розумного будинку»). Запропоновані мобільні додатки для тих камер, що їх підтримують, можуть мати закритий код і небажану функціональність, або не мати бажаної. Камера, приєднана до мережі, також може приховано контактувати з небажаними серверами. Саме тому в загальному випадку має сенс збирати пристрої самостійно. Навіть якщо це буде здаватися дорожчим, такий варіант буде кращим, ніж намагатися застосувати методи зворотної розробки (reverse engineering), якщо виникне потреба розширити можливості придбаного готового пристрою.

КОПЗ_2026

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Для побудови системи будуть використані наступні засоби:

Плата ESP32-CAM, яка має невеликі розміри, і містить веб-камеру, що є головним апаратним компонентом системи.



Рисунок 2.11 – Плата ESP32-CAM [16]

Дана плата складається з наступних компонентів, що стануть у пригоді під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти [17]:

1) процесор ESP32-S, який містить мікропроцесор Tensilica Xtensa® LX6, що є достатньо потужним (два 32-розрядних ядра, 240 МГц) для виконання задач з обробки відео;

2) 520 КБ оперативної пам’яті, 4 МБ флеш-пам’яті, 4 МБ PSRAM;

3) веб-камера OV2640, розміром 2 Мп, максимальне розширення 1600x1200;

4) слот для microSD-карти;

5) вбудована антена та можливість приєднання зовнішньої, підтримка Wi-Fi та Bluetooth;

6) спалах для камери.

Разом із даною платою будуть використовуватися **серводвигуни** (2 шт.) і **поворотна турель**, що буде ними керуватися. Це дозволить не тільки проводити відеозйомку, але й стежити за рухомими об’єктами.

Використання серводвигуна, на відміну від більш точного крокового двигуна обґрунтовується тим, що камера має достатньо велике зображення для того, щоб компенсувати меншу точність повороту.

КПІ – 2026

Для написання програми, що працює на платі, буде використана **мова програмування C++**. Дана мова програмування є розширенням мови C, що є одним з найкращих варіантів для IoT-проєктів [18].

C – це компільована процедурна мова програмування, що використовує статичну типізацію. Вона була розроблена у період між 1969 та 1973 роками співробітником компанії Bell Labs Деннісом Рітчі. За основу для розробки цієї мови була взята мова програмування B, створена тією ж компанією раніше. Мова програмування C мала вплив на інші мови програмування, і стала основою для мови C++, яку розробили в тій же компанії. Мова C++ додала до мови C підтримку об'єктно-орієнтованого програмування, що дозволяє, зокрема, зручніше працювати з пристроями.

У сучасному програмуванні мови C та C++ займають місце між низькорівневим програмуванням мовою асемблера, та більш новими високорівневими мовами програмування, у яких більше рівень абстракції. Компілятори цих мов існують для великої кількості платформ: як для комп'ютерів загального призначення, так і для вбудованих систем.

Ці мови використовуються для випадків, коли потрібно написати програму в умовах невеликої кількості обчислювальних ресурсів і при цьому не вивчати мову асемблера відповідної платформи. Програми, написані цими мовами, мають високу швидкодію, ефективно використовують оперативну пам'ять, бо мають можливість звертатися до її комірок за явно вказаними адресами.

Можливість перенесення програм, написаних мовами програмування C та C++ з одних платформ на інші призвела до появи бібліотек, якими можна користуватися у проєктах різного призначення. Дані мови програмування використовується у вбудованих системах протягом кількох десятків років, що дає можливість знайти схожі зразки коду і адаптувати їх під свою систему. Приклади можна знайти як для програм, не прив'язаних до конкретної платформи, так і для конкретних апаратних пристроїв, зокрема Arduino та ESP32-CAM.

КБПЗ_2026

Розробка проводиться у середовищі **Arduino IDE** [19]. Дана програма надає можливість писати код для мікроконтролерів, компілювати його, підключати бібліотеки.

Arduino IDE є офіційним інструментом для роботи з платами Arduino. Плата ESP32-CAM не належить до плат Arduino, проте має бібліотеку esp32, яка дозволяє додати підтримку плат ESP32.

За допомогою Arduino IDE скомпільований код завантажується на програматор ESP32-CAM, підключений через USB-інтерфейс. Лише після цієї операції, внесені у програму зміни починають працювати на пристрої ESP32-CAM.

Бібліотеки, такі як ESP32Servo для роботи із серводвигунами, завантажуються через менеджер бібліотек, що наявний у Arduino IDE. Менеджер бібліотек також під час кожного запуску перевіряє наявність оновлень та, якщо вони є, пропонує Також можна додати файли безпосередньо у директорію, де зберігається розроблюваний код, і тоді їх можна буде побачити за допомогою вбудованого в IDE файлового менеджеру.

Важливим елементом даної програми є серійний монітор. За його допомогою можна спостерігати за тим, які повідомлення повертає розроблювана програма. Якщо в текст програми додати виведення інформації у серійний монітор після кожного важливого етапу, можна спостерігати за процесом виконання і шукати можливі помилки. Якщо стається помилка, що призводить до падіння програми (наприклад, збій пам’яті, проблема налаштування камери), інформація про це також передається у серійний монітор.

Використовується друга версія Arduino IDE, яка побудована на веб-технологіях, та включає такі нові можливості, як автоматичне доповнення, підтримку Arduino Cloud для віддаленого збереження коду, налагодження програм, серійний плотер.

КПЗ – 2026

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускну кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об’єктами з функцією розпізнавання образів.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

1) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

2) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи відеоспостереження за рухомими об’єктами. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

3) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

4) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

5) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

6) сформувати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

КОПЗ-2026

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Системи відеоспостереження мають наступні стани: [20–21]

1) стан спостереження: система виконує лише спостереження, при необхідності можливе втручання оператора;

2) стан охорони: система здійснює спостереження і виконує автоматичний супровід цілі;

3) стан тривоги: виникає при появі події, для виявлення якої призначена система.

Для побудови системи відеоспостереження потрібна ретельно продумана концепція захисту об’єкта, залежно від того, які загрози найбільш ймовірно виникатимуть, і збитків, які вони можуть завдати. Неприпустимо витрачати на захист більше коштів, ніж теоретично можливо втратити у найгіршому випадку. Водночас, нехтування системами безпеки може привести до збитків, які в іншому випадку можна було б зменшити.

Дана система розрахована на випадок появи на території, що охороняється, сторонньої особи або осіб, якщо вони перебувають близько одна від одної. При цьому вважається, що ці особи не перебувають у змові зі співробітниками підприємства, на якому може бути встановлена ця система.

Навіть фальшиві камери можуть відлякувати сторонніх осіб [22]. Камери, що реагують на рух, мають підсилювати цей ефект. Тому було запропоновано слідкувати за рухом об’єктів у зоні спостереження, та обертати камеру таким чином, щоб ці об’єкти залишалися у полі зору. Для привернення уваги до камери, на ній змонтовані кольорові світлодіоди.

Існують різні варіанти зберігання інформації з відеокамери [23]. Можна записувати повний відеопотік та/або транслювати його через Інтернет. При цьому витрачається багато вільного місця та трафіку на непотрібну інформацію.

КОПІЯ 2026

Тому обраний варіант із записом лише кадрів, на яких виявлено рух. На жаль, підтримка роботи із SD-картами на платі ESP32-CAM відбувається за рахунок контактів, до яких мають бути приєднані серводвигуни для обертання камери. Тому довелося обмежитися надсиланням кадрів у месенджер.

При розробці системи також було враховано прогрес в області штучного інтелекту, що відбувається протягом останніх років [24]. Наразі існує багато програмних засобів, які дозволяють здійснювати обробку зображень. Для системи відеоспостереження важливою є можливість визначати джерело руху. В ідеалі система не повинна реагувати на тварин, опади, миготіння світла та інші зміни яскравості, не пов’язані із людьми.

Підключення до Інтернету здійснено за допомогою протоколу Wi-Fi, що полегшує монтаж системи, а плата, на яку встановлено програмне забезпечення, є більш компактною.

З метою унеможливлення підключення до мережі сторонніх осіб, передбачено використання парольного захисту WPA-PSK. Для шифрування використовується метод CCMP, заснований на AES [25]. Останній описаний далі у тексті пояснювальної записки.

Для з’єднання з месенджером та нейронною мережею використовується протокол HTTP. Вибір цього протоколу обумовлений його використанням в REST API [26], через наявність багатьох методів для взаємодії з ресурсами [27], а саме:

1) GET – отримати;

2) HEAD – аналогічно GET, але без отримання тіла відповіді (якщо потрібен лише статус або заголовки);

3) POST – надіслати;

4) PUT – замінити один контент іншим;

5) DELETE – видалити;

6) CONNECT – встановити з’єднання до іншого серверу, застосовується у проксі-серверах;

7) OPTIONS – отримати дозволені методи взаємодії з ресурсом;

КОПЗ_2026

8) TRACE – виконати перевірку передачі запиту, використовується для тестування;

9) PATCH – частково замінити ресурс.

Цих методів достатньо для реалізації чотирьох базових операцій над даними: створення (create), читання (read), оновлення (update) та видалення (delete).

Також наявна велика кількість кодів відповідей, що значно полегшує виявлення проблем, якщо вони з'являються. Повний список кодів є дуже великим, проте вони поділяються на п'ять категорій: [28–29]

1) 1xx – інформаційні, вказують на продовження обробки запиту;

2) 2xx – успішні, вказують на те, що запит був оброблений без помилок;

3) 3xx – перенаправлення, вказують на необхідність виконання додаткових дій;

4) 4xx – помилка з боку клієнта, вказують на помилку у запиті;

5) 5xx – помилка з боку сервера, вказують на неможливість серверу обробити запит.

Зазвичай використовуються наступні коди [29]:

1) 200 OK – успішний запит;

2) 301 Moved Permanently – сторінка назавжди переміщена в інше місце, часто використовується для перенаправлення запитів з незахищеного протоколу HTTP на захищений HTTPS;

3) 304 Not Modified – з моменту останнього запиту сторінка не змінювалася;

4) 400 Bad Request – запит не оброблено, оскільки він містить помилку;

5) 401 Unauthorized – клієнт не вказав правильні дані автентифікації для доступу на сторінку, яка ці дані потребує;

6) 403 Forbidden – клієнт не має права доступу на сторінку;

7) 404 Not Found – вказаної сторінки не існує;

8) 500 Internal Server Error – сталася помилка на сервері, через яку запит не може бути виконаний;

КБПЗ_2026

9) 501 Not Implemented – сервером не реалізований метод, який клієнт хоче застосувати до сторінки.

Для захисту даних, протокол HTTP у випадку з'єднання з месенджером поєднується із протоколом TLS [30]. У минулому також використовувався протокол SSL, і ця назва досі використовується, коли насправді мова йде про TLS. Комбінація цих протоколів утворює протокол HTTPS.

Для з'єднання з нейронною мережею, використовується незахищений HTTP, оскільки інформація не залишає локальну мережу, а саме з'єднання вже захищене паролем. До того ж, для реалізації HTTPS доведеться або використовувати той самий сертифікат на всіх одиницях пристрою (що підриває довіру до цього сертифікату), або користувачам треба буде вміти створювати сертифікати та користуватися програматором, що ускладнює використання системи.

Завданням TLS є захистити з'єднання від несанкціонованого доступу до інформації та/або її підміни. Для виконання цієї задачі потрібно перевірити справжність сайту і встановити зашифроване з'єднання. Для цього кожен сервер, що використовує даний протокол, має свій сертифікат.

Для унеможливлення непомітної підміни сертифікату, існують три основних способи:

1) використання вбудованих у систему центрів сертифікації;

2) використання власних центрів сертифікації;

3) ручне додавання відбитків сертифікату.

Для проєктів, що призначені для широкого кола користувачів, краще використовувати довірені центри сертифікації, які вже додані у користувацькі операційні системи (хоча для вбудованих систем, таких як плата ESP32-CAM, необхідне ручне додавання потрібних кореневих сертифікатів). В даному випадку не потрібні додаткові дії для початку користування системою.

КПЗ_2026

Формально передбачені три рівні перевірки, які мають впливати на довіру до сайту [31]:

1) Domain Validation – перевірка лише контролю над доменом, такі сертифікати можуть видаватися в автоматичному режимі;

2) Individual/Organization Validation – перевірка того, що сертифікат видається певній фізичній або юридичній особі;

3) Extended Validation – розширена перевірка того, що сертифікат видається певній фізичній або юридичній особі.

Фактично користувацькі програми, такі як браузери, не відображають цю інформацію в основному вікні. Раніше Extended Validation-сертифікати відрізнялись зеленим рядком у браузері, але ця функція згодом була видалена [32]. Також раніше сама наявність сертифікату могла свідчити про вищий рівень довіри до сайту, проте ситуація змінилася після масового впровадження автоматичних безкоштовних центрів сертифікації, таких як Let's Encrypt [33].

Якщо до системи має доступ обмежене коло осіб, то може мати сенс використовувати власний центр сертифікації. Це дозволить прибрати одну з точок відмови (центр сертифікації може відмовитися видавати сертифікат, або відкликати існуючий; видача сертифікату може займати певний час і призвести до недоступності сервісу, якщо термін дії старого сертифікату вже закінчився), а у певних випадках також зекономити кошти. Водночас користувацькі операційні системи не надають можливості обмежити застосування центру сертифікації декількома доменними іменами чи IP-адресами, тому із додаванням центрів сертифікації додаються і ризики. Сторонні центри сертифікації можуть бути використані для прихованого зламу шифрування TLS-трафіку. Прикладом програми, яка дозволяє виконувати подібну операцію, є mitmproxy [34].

Ручне додавання відбитків сертифікату є більш безпечним, оскільки виключає можливість атаки через компрометацію центру сертифікації. Сертифікат при цьому може бути як виданий центром сертифікації, так і самопідписаним. Проте даний спосіб не слід використовувати, якщо сертифікат

КБПЗ-2026

має короткий термін дії. Наприклад, центр сертифікації Let’s Encrypt видає сертифікати терміном 90 діб [35]. Також не всі програми підтримують ручне додавання сертифікатів.

У випадку з даною випускною кваліфікаційною роботою за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, у програмний код доданий кореневий сертифікат з ланцюга, які закінчуються сертифікатом Telegram.

Для виявлення руху використовується можна використовувати наступні способи:

1) інфрачервоний датчик – спеціальний пристрій, якій монтується у систему відеоспостереження і визначає інфрачервоне випромінювання об’єктів [36];

2) алгоритм, подібний наведеному у джерелі [37] – код, який шукає зміни яскравості і робить висновок про наявність руху;

3) штучний інтелект – нейронна мережа, яка аналізує зображення на наявність шуканих об’єктів [38].

Кожний спосіб має свої переваги та недоліки:

Інфрачервоний датчик

Переваги:

1) низький рівень помилок, викликаних шумом;

2) реагування на рух за зміною температури, яка спостерігається при вході людини на територію, що охороняється;

3) знижене навантаження на процесор плати, оскільки виявленням руху займається датчик.

Недоліки:

1) необхідність придбання додаткового пристрою;

2) обмежена дальність роботи;

3) гірша якість роботи в умовах температури, подібної до температури тіла людини.

КПЗ_2026

Алгоритм

Переваги:

1) дальність спрацювання обмежується лише параметрами камери;

2) не залежить від температури;

3) не потребує ні додаткових пристроїв, ні підключення до Інтернету.

Недоліки:

1) високий вплив шуму, необхідність налаштування алгоритму для зниження кількості помилкових спрацювань;

2) високе навантаження на процесор плати;

3) не розрізняє об’єкти і реагує на все, що рухається або змінює яскравість.

Штучний інтелект

Переваги:

1) розрізняє об’єкти, може робити припущення із часткових або зашумлених даних;

2) може надсилати зображення, де позначені об’єкти, на які система зреагувала.

Недоліки:

1) технологія фактично є «чорною скринькою», що ускладнює виправлення проблем, що можуть виникнути;

2) неможливість автономної роботи: потрібно використовувати або модель на комп’ютері у локальній мережі, або надсилати запити на сторонній сервер;

3) є ризик некоректних спрацювань.

Було обрано поєднання алгоритму та штучного інтелекту.

Розроблювана система складається з однієї відеокамери, яка встановлена на поворотній турелі, що дозволяє виконувати автоматичне спостереження за рухомими об’єктами, що виявляється за алгоритмом.

Процес роботи системи складається зі спостерігання за відеопотоком для визначення руху, а у випадку підозри на рух – також надсиланні кадру на

КПЗ_2026

комп’ютер у локальній мережі для аналізу штучним інтелектом. За відсутності руху спостерігання відбувається на випадкових ділянках у межах обертальних можливостей серводвигунів, в іншому випадку – камера слідкує за джерелом руху.

В режимі аналізу відеопотоку, програма працює із кадрами у відтінках сірого у роздільній здатності 320x240. Знижені роздільна здатність і кількість кольорів необхідні для зменшення навантаження на плату, в іншому випадку програма буде працювати більш повільно [39]. Під час кожного циклу, два останніх кадри копіюються в оперативну пам’ять для порівняння.

Кадри порівнюються шляхом їх розбиття на квадратні блоки розміром 16x16 пікселів і визначенням модуля різниці яскравостей для кожного пікселя відповідних блоків. Щоб зменшити кількість помилкових спрацювань через наявність шуму, пороговим значенням обрано 120. У пам’ять програми записується інформація про кількість змінених пікселів у кожному з блоків.

Якщо були виявлені зміни у блоках, то програма намагається розмістити найбільш підозрілий (де найбільша кількість змінених пікселів) блок по центру наступного кадру, після цього вмикає максимальну можливу роздільну здатність 1600x1200 і робить кольоровий кадр у форматі JPEG. Цей кадр надсилається у месенджер Telegram. Також кадр надсилається на комп’ютер у локальній мережі, де виконується аналіз зображення штучним інтелектом для отримання інформації про наявність чи відсутність людей у кадрі. Модель виконує аналіз зображення на наявність об’єктів із наданого переліку. Для того, щоб обмежитися аналізом зображення на наявність людей, виконується пошук лише об’єктів «person» (людина).

Якщо рух не був виявлений, то позиція камери по вертикалі та по горизонталі змінюється випадковим чином у межах 0…180 і цикл повторюється.

Наведення камери на блок відбувається шляхом використання функції map для переведення номерів пікселів по горизонталі та вертикалі у зміни положення серводвигунів. Запропоновано використовувати значення

КОПЗ_2026

мінус 15…15 для ширини та мінус 10…10 для висоти. Отримане значення додається до поточного положення, при цьому воно має бути у межах 0…180, в іншому випадку встановлюється найближче крайнє положення.

Наявність чи відсутність руху, а також позитивний результат аналізу нейронною мережею супроводжуються увімкненням світлодіодів.

Telegram був обраний серед інших месенджерів через відкритість коду клієнта, наявність безкоштовного API для створення ботів, та можливості зберігання отриманих повідомлень з фото протягом тривалого часу.

Для надсилання фотографій через Telegram було створено бота, токен якого вноситься в файл конфігурації. Для надсилання фотографій бот використовує метод API sendPhoto, а для надсилання текстових повідомлень після аналізу нейронною мережею – sendMessage [40].

Для аналізу зображень за допомогою штучного інтелекту було обране програмне забезпечення OpenCV [41] із використанням моделі YOLO v3 [42]. Для інтеграції моделі з локальною частиною програми створений веб-сервер із використанням бібліотеки Flask [43]. У цього сервера є єдиний кореневий endpoint, який приймає зображення у тілі запиту і повертає значення кількості знайдених об’єктів “person” у кадрі.

КОПЗ 2026

3.2 Розробка структурної схеми

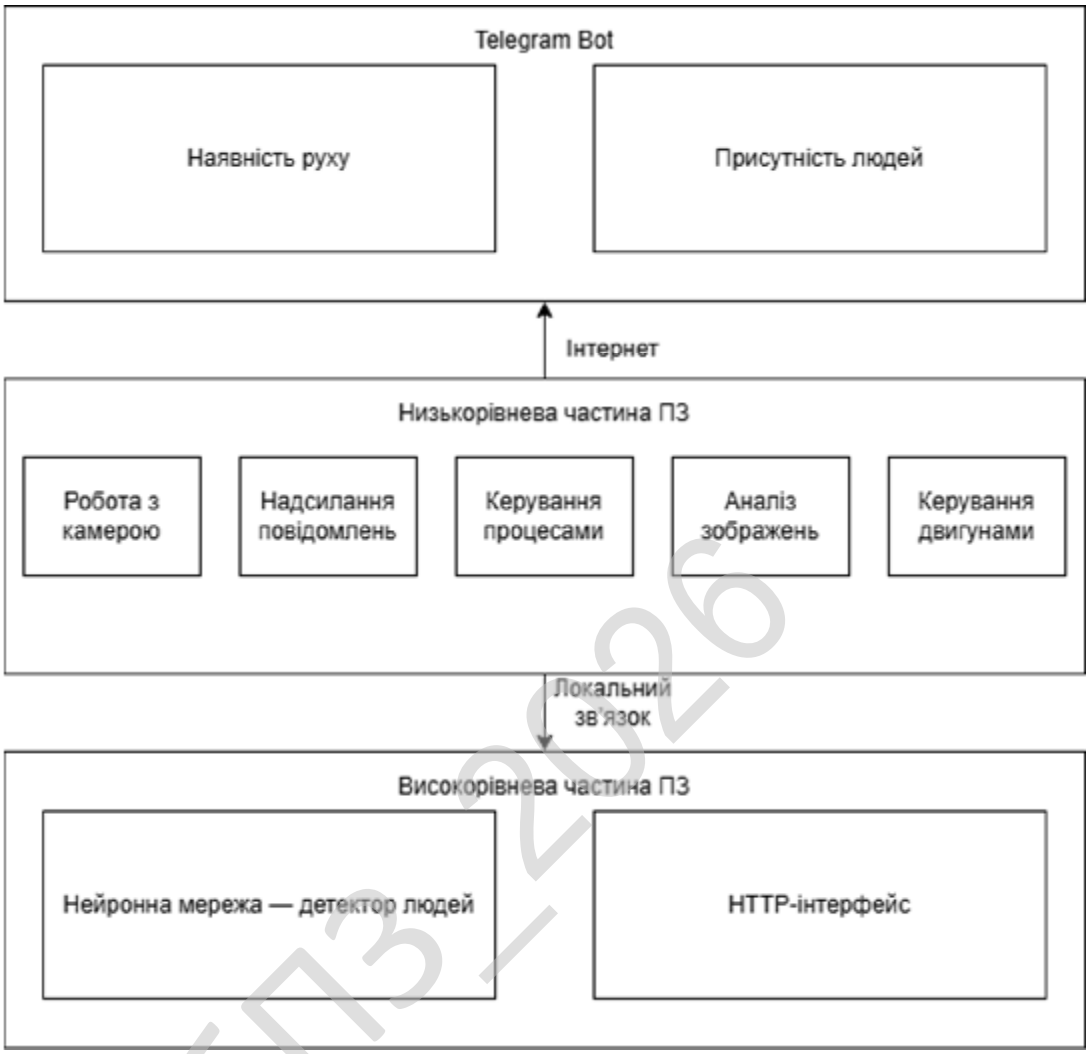


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

КПЗ_2026

Система складається з трьох основних частин:

1) низькорівневої, тобто конкретних фізичних компонентів та програм до них: плати ESP32-CAM, двох серводвигунів, що змонтовані на поворотній турелі, світлодіодів та джерела живлення.

2) високорівневої, тобто програм, що збережені на комп’ютері загального призначення, до якого встановлюється з’єднання;

3) Telegram Bot (обліковий запис на сторонньому сервісі для передачі повідомлень), доступ до цього сервісу відбувається через Інтернет за допомогою API.

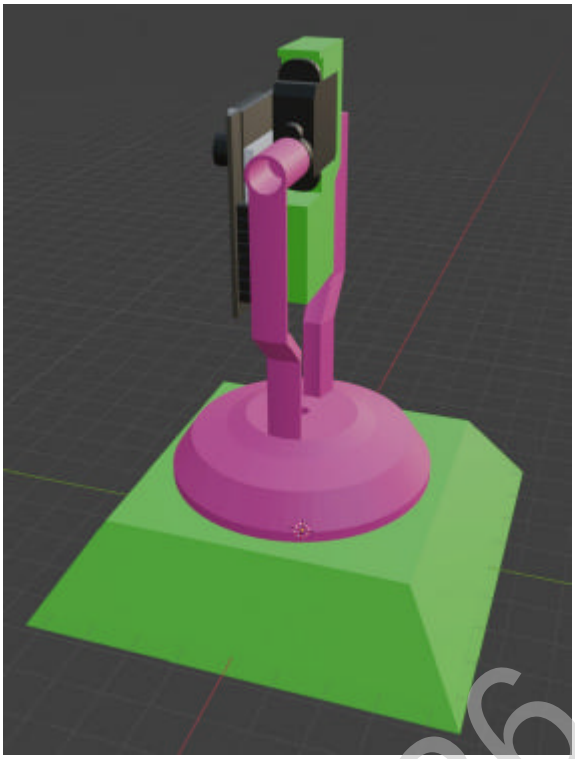


Рисунок 3.2 – Поворотна турель

Плата ESP32-CAM є головним компонентом розроблюваної системи. На ній розміщена камера, що здійснює відеозйомку. Також наявна достатня кількість контактів для приєднання вищезазначених пристроїв, Wi-Fi-модуль. Завдяки останньому, можливе надсилання повідомлень до локальної та глобальної мереж. Плата має обчислювальні можливості, достатні для керування різними процесами, аналізу зображень.

Поворотна турель є фізичним об’єктом, який надрукований на 3D-принтері та складається з підставки (яка, в свою чергу, складається з двох частин), горизонтального та вертикального обертових елементів, для яких використовуються відповідно великий та малий серводвигуни. Всередині підставки розміщений акумулятор, а з зовнішнього боку є роз’єм зарядки та три світлодіоди. До верхнього обертового елементу приклеєна клейкою стрічкою плата ESP32-CAM, таким чином досягається її обертання.

Серводвигун – це пристрій, який здійснює обертання відповідно до сигналу, який він отримує. При цьому не потрібне використання додаткових драйверів, а сам пристрій має невеликі розміри. Серводвигуни, що

КПЗ_2026

використовуються у системі, можуть обертатися на 180 градусів [44]. Це є достатнім, враховуючи те, що камера з високою ймовірністю буде монтуватися на стіну, що буде закривати частину огляду. Внаслідок використання двох серводвигунів, з'являється можливість змінювати положення плати ESP32-CAM по вертикалі та по горизонталі.

Світлодіод – це пристрій, який випромінює світло, коли через нього проходить електричний струм. Світлодіоди бувають різного кольору. У даному пристрої використовуються зелений (відсутність руху), жовтий (виявлення руху) та червоний (виявлення людини за допомогою ШІ).

За допомогою вищезазначених пристроїв, низькорівнева частина може:

1) виконувати роботу з камерою: налаштовувати її режим (кольоровий або чорно-білий), встановлювати окремі параметри для кращої якості;

2) надсилати повідомлення: встановлювати зв'язок із сервером зі штучним інтелектом у локальній мережі, а також із месенджером Telegram в Інтернеті;

3) керувати процесами: визначати наступну дію, яка буде виконана з камерою;

4) аналізувати зображення: роботи два знімки для того, щоб порівнювати їх і визначати наявність чи відсутність змін, що можуть свідчити про рух;

5) керувати двигунами: встановлювати їхнє положення для обертання камери.

Високорівнева частина представлена програмою OpenCV, у яку завантажена нейронна мережа YOLOv3, доступ до якої забезпечується за допомогою веб-серверу Flask.

OpenCV – це бібліотека для комп'ютерного зору. Вона дозволяє завантажувати моделі штучного інтелекту для обробки зображень. У контексті розроблюваної програми, використана можливість надавати нейронній мережі запит на виявлення у кадрі людей.

КПЗ_2026

YOLOv3 – це нейронна мережа, яка дозволяє виявляти об’єкти на зображенні. В даному випадку, вона використовується для того, щоб виявляти об’єкт типу “person”, тобто людину.

Flask – це мікрофреймворк для додатків, які розроблюються мовою програмування Python. Він дозволяє описати цією мовою функції, які будуть викликатися при відкритті відповідних веб-сторінок. У даному випадку, такою функцією є передача зображення у нейронну мережу і повернення даних про кількість людей у кадрі.

Зв’язок між низькорівневою та високорівневою частинами системи відбувається за допомогою локальної мережі із використанням технології Wi-Fi. Локальна комп’ютерна мережа є об’єднанням комп’ютерів на невеликій території, порівняно з глобальними мережами. У даному випадку, вважається, що на невеликій відстані розташовані низькорівнева частина, комп’ютер загального призначення із високорівневою частиною, та Wi-Fi-роутер, за допомогою яких вони з’єднані.

Стороння частина представлена месенджером Telegram.

Telegram – це програма для миттєвого обміну повідомленнями. Вона підтримує створення ботів, тобто службових облікових записів, що прив’язані до основного облікового запису людини, та можуть використовуватися програмами за допомогою API.

Зв’язок із месенджером Telegram виконується із використанням мережі Інтернет. Інтернет – це всесвітня система, що поєднує інші комп’ютерні мережі. Для підключення до Інтернету необхідно укласти договір між Інтернет-провайдером, що має покриття на території, де розташована розроблювана система. Для оперативного отримання повідомлень, що надсилаються у месенджер Telegram, необхідне також використання послуг Інтернет-провайдерів, операторів стільникового зв’язку, що надають послугу мобільного Інтернету, або відкритих точок доступу Wi-Fi, в усіх місцях, де може перебувати користувач системи. Для уникнення додаткових витрат на користування послугою доступу до мережі Інтернет, можливе встановлення

КПІ – 2026

обладнання розроблюваної системи поблизу відкритих точок доступу Wi-Fi, проте в такому випадку є ризик отримання зловмисниками кадрів з камери, що надсилаються до ШІ.

Використання програми Telegram знижує стабільність системи, оскільки вона вимагає використання сторонніх серверів, що не перебувають під контролем користувача системи. Популярні сервіси рано чи пізно починають погіршувати свою якість (цей процес називається “enshittification”). Наприклад, у Telegram такими проявами було впровадження реклами у публічних каналах, поява преміум-передплати.

Сторонній месенджер був обраний для надсилання повідомлень через наступні проблеми, які заважають напряму приєднати пристрій до комп’ютера користувача:

1) механізм NAT, який унеможливлює пряму передачу даних на інший користувацький комп’ютер, якщо той перебуває в іншій локальній мережі [45];

2) динамічні IP-адреси, які унеможливлюють стабільну ідентифікацію локальної мережі-отримувача навіть у випадку налаштування портів [46];

3) висока ймовірність того, що пристрій буде часто вимкнений (наприклад, персональний комп’ютер, який вимикається чи переводиться у сплячий режим, коли ним не користуються), чи підключений до іншої мережі, і мати іншу IP-адресу (наприклад, мобільний телефон під час виходу з дому).

КПЗ_2026

3.3 Розробка функціональної схеми

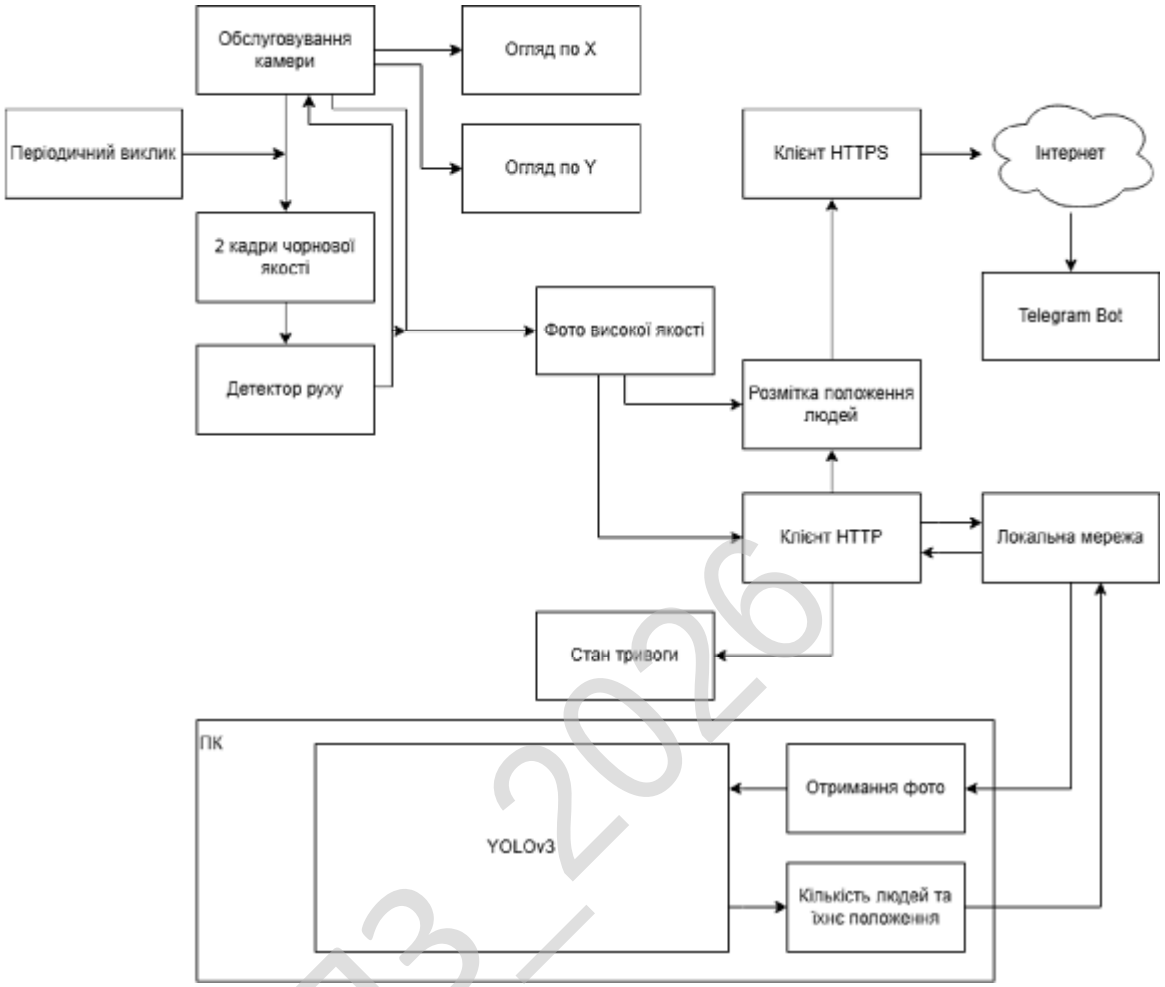


Рисунок 3.3 – Функціональна схема системи

Процес роботи системи полягає у періодичному виклику функції обслуговування камери. Цей виклик виконується безперервно, з моменту, коли пристрій був увімкнений, і до моменту, коли він буде вимкнений через натискання кнопки живлення чи розряджання акумулятора. Таким чином забезпечується постійне функціонування системи, щоб не пропустити можливі рухомі об’єкти.

Дана функція робить два кадри чорнової якості: 320x240 у відтінках сірого. Цього достатньо для виявлення руху, але витрачається менше ресурсів і зменшується кількість хибних спрацювань. Для зберігання кольорового зображення враховуються значення трьох компонент: червоного, зеленого та

КбПЗ_2026

синього, значення яких можуть бути від 0 до 255. У випадку з чорно-білими зображеннями, є лише одне значення від 0 до 255, де 0 є чорним кольором, а 255 – білим.

Далі викликається детектор руху, який порівнює отримані кадри. Для цього зображення розбивається на блоки розміром 16x16 пікселів. Ці блоки порівнюються для кожного кадру попіксельно. При цьому, для зменшення ризику спрацювання на шум камери чи природню зміну освітлення, враховуються лише різкі зміни кольору. Вважається, що такими є зміни, де яскравість змінилася на 120 чи більше одиниць кольору. Інформація про кожний з блоків записується. Далі програма визначає, у якому блоці є найбільша кількість змінених пікселів. Вважається, що такий блок є джерелом руху.

Якщо програма не виявила підозрілих блоків, виконується огляд по горизонталі і вертикалі. Обидва серводвигуни обертаються у випадковому напрямку, після цього процес роботи програми починається з початку. Таким чином, камера шукає, де може бути рух.

Якщо підозрілі блоки є, програма наводить камеру на блок, де змін найбільше, і робить кольоровий знімок розміром 1600x1200. Ця якість є максимально можливою для пристрою ESP32-CAM, проте витрачає багато ресурсів, тому для постійної зйомки не підходить.

Зроблений знімок передається у клієнт HTTP. Клієнт HTTP є сторонньою підпрограмою, що встановлює з'єднання за допомогою протоколу HTTP до веб-серверу, який, у даному випадку, розташований на комп'ютері у локальній мережі. Клієнт встановлює з'єднання з сервером за допомогою локальної мережі.

Комп'ютер, до якого приєднується клієнт HTTP, є частиною локальної мережі. Пристрої з'єднані із використанням Wi-Fi-роутера бездротовим зв'язком. Фотографія передається на роутер, який надсилає її до потрібного комп'ютера.

КПЗ – 2026

На комп’ютері розміщений сервер HTTP, тобто стороння програма, що приймає запити від клієнтів HTTP та відповідає на них. В даному випадку, сервер очікує фотографію.

Коли сервер отримує фотографію, він надсилає її у нейронну мережу, що встановлена на цьому ж комп’ютері. У якості моделі штучного інтелекту обрана YOLO третьої версії. Такий вибір обґрунтовується тим, що дана модель займає небагато місця на диску, проте добре виявляє різні об’єкти, зокрема й людей. Для функціонування моделі потрібно більше ресурсів, ніж надає плата ESP32-CAM, тому вона виконується на комп’ютері загального призначення.

Після того, як нейронна мережа виконає аналіз фотографії, вона повертає інформацію про кількість людей та їхнє положення. Сервер HTTP повертає цю інформацію до клієнта HTTP через локальну мережу.

Якщо система отримала інформацію від сервера про те, що у кадрі є люди, відбувається перехід у стан тривоги. На пристрої вмикається відповідний світлодіод та створюється відповідне повідомлення для надсилання. У повідомленні написано, що виявлено людей і вноситься інформація про їхню кількість.

Інформація про наявність чи відсутність людей передається у клієнт HTTPS. На відміну від клієнта HTTP, клієнт HTTPS додатково працює з протоколом TLS. Він перевіряє походження сертифікату, яке надсилається сервером, і продовжує з’єднання лише, якщо той виданий внесеним у код центром сертифікації. Після цього встановлюється шифроване HTTP-з’єднання. Така процедура дозволяє гарантувати безпечність з’єднання, виключаючи підміну сертифікату сторонніми особами. Додаткове внесення конкретного центру сертифікації дозволяє також захиститися від підміну сертифікату на виданих іншим центром, проте іноді це може бути виконане і справжнім системним адміністратором.

Клієнт HTTPS передає повідомлення через мережу Інтернет. На відміну від локальної мережі, трафік надсилається роутером на сервери Інтернет-провайдера, який, у свою чергу, надсилає його на наступні сервери, яких між

КОПЗ_2026

відправником та отримувачем може бути багато. Це створює певну затримку між надсиланням і отриманням повідомлення, проте зазвичай вона складає декілька десятків мілісекунд, що не впливає суттєво на швидкість роботи системи.

Коли повідомлення доходить до Telegram, користувач може побачити їх у своєму застосунку. В цей час цикл роботи системи відеоспостереження повторюється.

3.4 Розробка діаграми процесів



Рисунок 3.4 – Діаграма процесів

Кожного циклу, програма виконує наступний процес:

1) перевірити локально зображення на наявність руху;

2) якщо руху немає, то навести камеру на випадковий напрямок і повернутися до пункту а;

3) якщо рух є, то навести камеру на рухомий об’єкт;

4) надіслати фото рухомого об’єкта у месенджер;

КПЗ 2026

5) надіслати фото рухомого об’єкта на комп’ютер із ШІ-моделлю для аналізу;

6) якщо ШІ-модель виявила людей, то надіслати повідомлення про це у месенджер;

7) перейти до пункту а.

КБПЗ_2026

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЄКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розробка блок–схем та опис алгоритмів функціонування системи

На рисунку 4.1 наведено блок-схему основної програми.

Дана програма складається з наступних кроків:

1) вимикаються світлодіоди, які могли бути увімкнені раніше;

2) перевіряється зображення з камери на наявність руху (тобто відбувається виконання підпрограми виявлення рухомих об’єктів, яка описана детально далі у цьому розділі);

3) якщо рух є:

3.1) увімкнути світлодіод наявності руху;

3.2) виконати рух серводвигунів для наведення камери на рухомий об’єкт;

3.3) якщо немає Wi-Fi, то перейти до початку програми;

3.4) надіслати фото у месенджер;

3.5) перевірити фото за допомогою ШІ;

3.6) якщо ШІ не виявив людей, то перейти до початку програми;

3.7) увімкнути світлодіод виявлення людей;

3.8) надіслати відповідне повідомлення у месенджер;

4) якщо руху немає:

4.1) увімкнути світлодіод відсутності руху;

4.2) виконати рух серводвигунів для наведення камери на випадковий напрямок.

КПЗ_2026

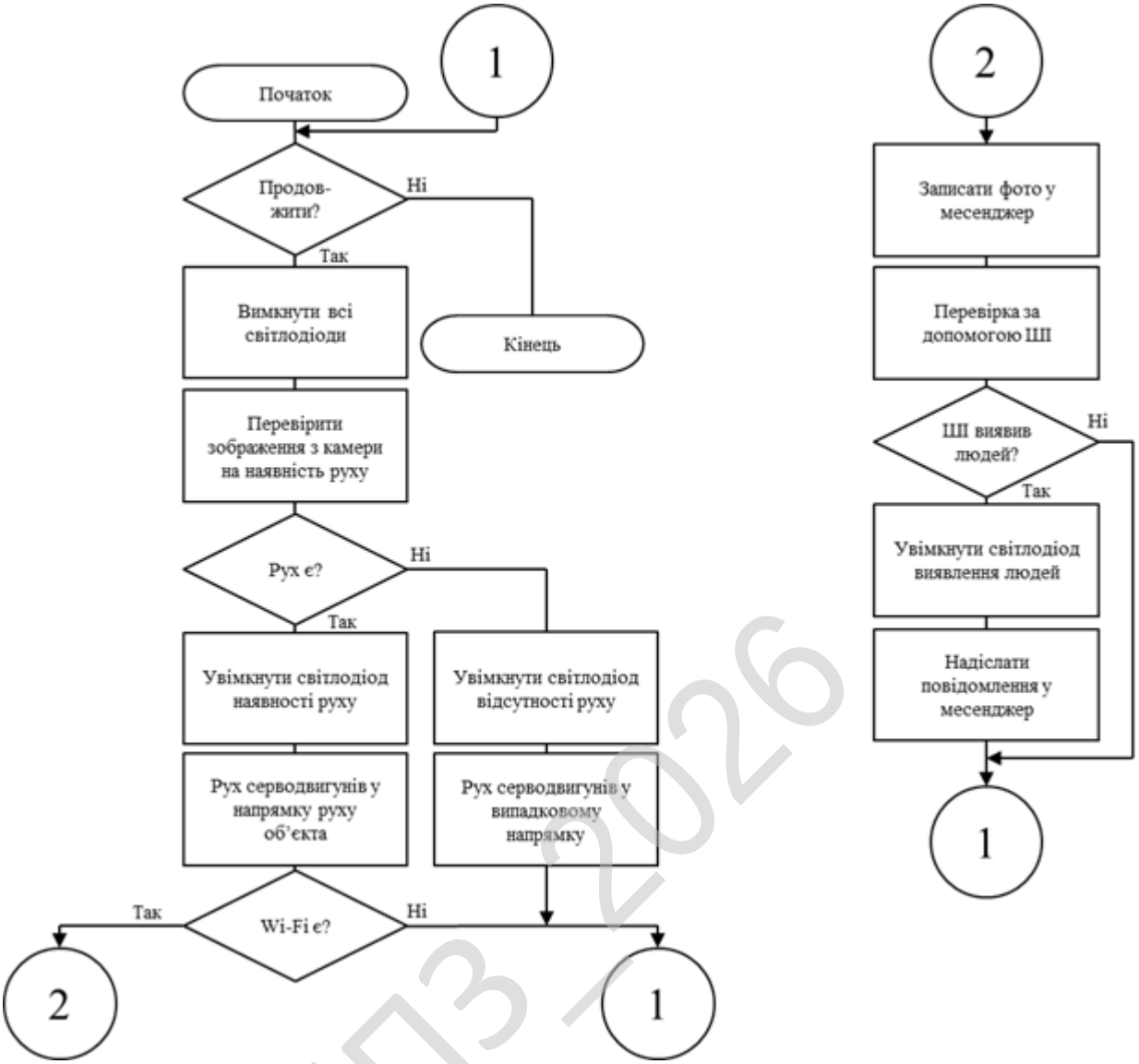


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

КБПЗ 2026

На рисунку 4.2 наведено блок-схему підпрограми виявлення рухомих об’єктів. Це головна підпрограма, від функціонування якої залежить робота всієї системи. Вона складається із наступних кроків:

1) два останніх кадри записуються в оперативну пам’ять;

2) виконується розбиття кадрів на блоки однакового розміру (обраний розмір 16x16 пікселів);

3) змінній і присвоюється значення нуль;

4) змінній N присвоюється значення, яке відповідає кількості блоків у зображенні;

5) створюється масив, який зберігає кількість змінених пікселів для кожного з блоків;

6) виконується цикл, поки значення змінної і менше значення змінної N:

6.1) змінній j присвоюється значення нуль;

6.2) змінній M присвоюється значення, яке відповідає кількості пікселів у блоці;

6.3) виконується цикл, поки значення змінної j менше значення змінної M:

6.3.1) якщо зміна яскравості пікселя у порівнянні з попереднім блоком перевищує порогове значення, то збільшується відповідне значення у масиві змін пікселів блоків;

6.3.2) змінна j збільшується на одиницю;

6.4) змінна і збільшується на одиницю;

7) якщо є хоча б один блок зі зміненими пікселями, то повертається номер блоку з найбільшою кількістю змінених пікселів;

8) якщо таких блоків немає, то повертається хиба.

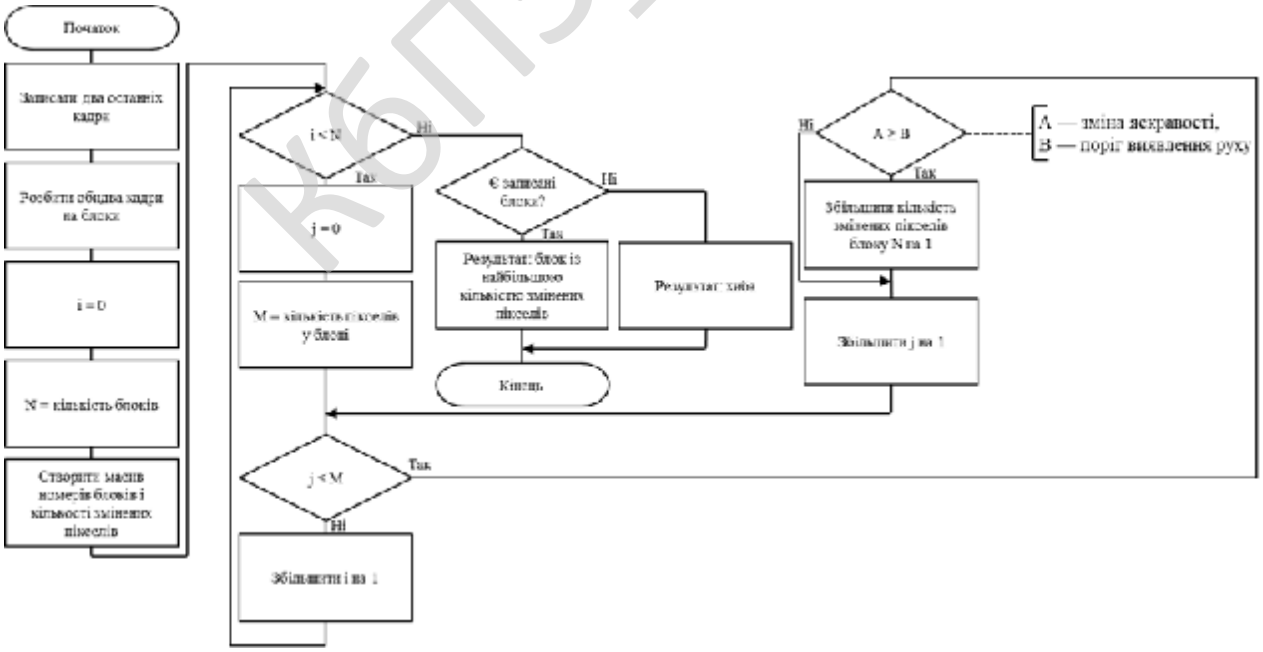


Рисунок 4.2 – Блок-схема підпрограми виявлення рухомих об’єктів

КБПЗ_2026

Код програми складається з чотирьох файлів:

1) main.ino – містить алгоритми програми;

2) config.h – містить налаштування програми;

3) cam_pins.h – містить інформацію про розташування контактів на різних пристроях, зокрема ESP32-CAM;

4) certificate.h – містить кореневий сертифікат для роботи з HTTPS.

Файл config.h передбачає внесення конфіденційної інформації. Тому замість нього постачається файл config-dist.h, який має бути перейменований у config.h із внесенням потрібних даних.

Файл main.ino починається із включення інших файлів.

Використовуються бібліотеки для роботи з камерою та ESP32, кодування даних у base64 для подальшого надсилання, керування серводвигунами, роботи з Wi-Fi та HTTP, а також тестування умов для виявлення збоїв у роботі. Також оголошується модель камери, після чого включається інформація про контакти на платі. Включені також сертифікат Telegram і файл налаштувань.

Далі оголошуються певні константи, об’єкти та змінні.

Такими константами є розміри зображення у режимі спостереження, розміри кадру для руху серводвигуна від одного краю до іншого, розмір блоку та їхня кількість, контакти, до яких приєднані індикатори та серводвигуни, ключові слова для пошуку у результаті роботи нейронної мережі. Створюються об’єкти для серводвигунів і встановлюється початкова позиція. Також створюються вказівники на два кадри, які будуть записуватися для порівняння.

Функція `setup_camera` налаштовує камеру на початку роботи програми і кожного разу при зміні параметрів.

Функція `setup` виконується на початку роботи програми.

У цій функції виконується вмикання логування у серійну консоль, виведення туди інформації про авторське право, попереднє налаштування серводвигунів, камери та Wi-Fi, а також виділення оперативної пам’яті під кадри, які мають порівнюватися.

КПЗ – 2026

Алгоритм виявлення руху, зображений на рисунку 4.2, реалізований у функції `compare_images`.

Функція `save_to_messenger` надсилає зображення у месенджер Telegram.

А функція `send_message_to_messenger` надсилає туди текстове повідомлення.

Функція `send_to_ai` виконує перевірку за допомогою нейронної мережі.

Функція `loop` містить основний цикл програми і реалізує алгоритм, зображений на рисунку 4.1.

Файл cam_pins.h містить інформацію про контакти на різних платах.

Файл certificate.h містить кореневий сертифікат Telegram.

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм AES, що використовується в даному випадку для встановлення захищених Wi-Fi-з'єднань.

Алгоритм шифрування AES (Advanced Encryption Standard) [47] є симетричним шифром блочного типу, тобто він використовує той самий ключ як для шифрування, так і для розшифрування даних. AES працює з блоками даних розміром 128 біт і підтримує три можливі розміри ключа: 128, 192 або 256 біт. Залежно від довжини ключа, AES використовує 10 раундів (для 128 бітного ключа), 12 раундів (для 192 бітного ключа) або 14 раундів (для 256 бітного ключа). Для кожного раунду генерується новий набір ключів (ключі раунду), що обчислюються з початкового ключа за допомогою спеціальних операцій.

Ініціалізація

Для отримання раундових ключів використовується операція key expansion.

КОПЗ – 2026

Ключ шифрування розбивається на словники розміром 32 біти. Кількість таких слів позначається за N, самі словники – літерою K. Літерою W позначаються раундові ключі.

У межах функції key expansions визначені дві інші функції:

SubWord – виконує заміну чотирьох байтів за допомогою S-box;

RotWord – виконує зсув чотирьох байтів ліворуч на один байт.

Визначається константа раунду.

$$rcon_i = [rc_i \ 00_{16} \ 00_{16} \ 00_{16}] \tag{4.1}$$

де

$$rc_i = \begin{cases} 1 & \text{якщо} i = 1 \\ 2 \cdot rc_{i-1} & \text{якщо } i > 1 \text{ та } rc_{i-1} < 80_{16} \\ (2 \cdot rc_{i-1}) \oplus 11B_{16} & \text{якщо } i > 1 \text{ та } rc_{i-1} \geq 80_{16} \end{cases} \tag{4.2}$$

Вона використовується під час обчислення раундових ключів:

$$W_i = \begin{cases} K_i & \text{якщо } i < N \\ W_{i-N} \oplus SubWord(RotWord(W_{i-1})) \oplus \oplus rcon_{i/N} & \text{якщо } i \geq N \text{ та } i \equiv 0 \ (mod\ N) \\ W_{i-N} \oplus SubWord(W_{i-1}) & \text{якщо } i \geq N, N > 6 \text{ та } i \equiv 4 \ (mod\ N) \\ W_{i-N} \oplus W_{i-1} & \text{в інших випадках} \end{cases} \tag{4.3}$$

Процес шифрування

Спочатку виконується ініціалізація стану та додавання раундового ключа.

Вхідний блок даних розбивається на матрицю 4x4 байти, яка називається станом (state).

Виконується функція AddRoundKey, тобто операція XOR над станом та раундовим ключем.

Для кожного раунду, крім останнього, виконуються такі операції:

1) SubBytes – кожен байт матриці стану замінюється за допомогою підстановки, що визначається за допомогою таблиці заміни S-Box;

КПІ 2026

2) ShiftRows – відбувається зсув вліво елементів кожного із рядків матриці стану на n мінус 1 байт по горизонталі, де n – номер рядка;

3) MixColumns – чотири байти кожного стовпця стану змішуються з використанням оборотної лінійної трансформації.

4) AddRoundKey.

У останньому раунді не виконується операція MixColumns. Після завершення останнього раунді, стан буде містити зашифрований блок.

Процес розшифрування

Подібний до шифрування, але використовує операції InvShiftRows, InvSubBytes та InvMixColumns, які виконують зсуви та перестановки в оберненому порядку.

Виконується функція AddRoundKey.

Для кожного раунду, крім останнього, виконуються такі операції:

1) InvShiftRows;

2) InvSubBytes;

3) AddRoundKey;

4) InvMixColumns.

У останньому раунді не виконується операція InvMixColumns. Після завершення останнього раунду, стан буде містити блок відкритого тексту.

КБПЗ_2026

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Програма передбачає взаємодію через месенджер Telegram у режимі «лише читання» (користувач лише бачить зображення, які надсилає програма).

Всього передбачено два типи подій:

1) програма виявила рух;

2) нейронна мережа виявила наявність людей.

Для встановлення програми необхідно мати доступ до Wi-Fi-мережі, зареєструватися у Telegram, створити Telegram-бота. На комп’ютер у локальній мережі треба встановити ШІ-модель та сервер. Файл config-dist.h перейменувати у config.h та ввести туди:

1) SSID та пароль Wi-Fi-мережі;

2) токен бота Telegram та ідентифікатор облікового запису, із яким бот має спілкуватися;

3) IP-адресу сервера з ШІ-моделлю.

Бота також потрібно увімкнути, натиснувши на відповідну кнопку у Telegram.

У випадку виявлення руху, програма надсилає кадр з камери у розширенні 1600x1200.

КБПЗ_2026

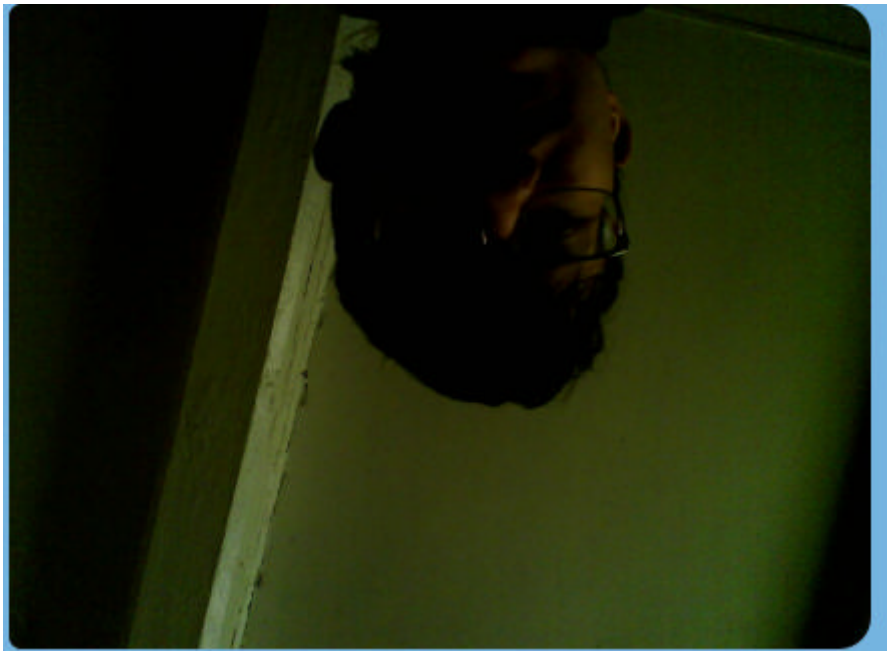


Рисунок 5.1 – Скріншот чату після виявлення руху

У випадку виявлення людей, програма надсилає відповідне повідомлення.

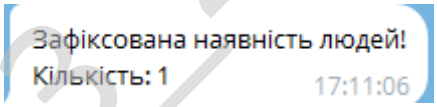


Рисунок 5.2 – Скріншот чату після виявлення людей

На рисунку 5.3 зображено форму авторського права, яка з’являється у серійній консолі при запуску програми. Було обрано розповсюдження програми як вільного програмного забезпечення [48]. Такий вибір обґрунтовується тим, що розроблене програмне забезпечення не може бути застосоване у відриві від апаратного, те ж саме можна сказати і про апаратне забезпечення, яке не має сенсу продавати без встановленої програми. При цьому відкритість коду може підвищити довіру, оскільки код не є великим і може бути проаналізований на наявність проблем. Користувачі, які мають відповідні навички, можуть модифікувати код для додавання додаткового функціоналу. Можливе поширення програмного забезпечення через репозиторії систем контролю версій, таких як Git [49]. Це дозволить спільноті пропонувати власні зміни, при

КПЗ_2026

цьому все вищезазначене не перешкоджає отриманню прибутку від продажу одиниць апаратного забезпечення, запчастин до них, а також надання послуг з встановлення та обслуговування систем.

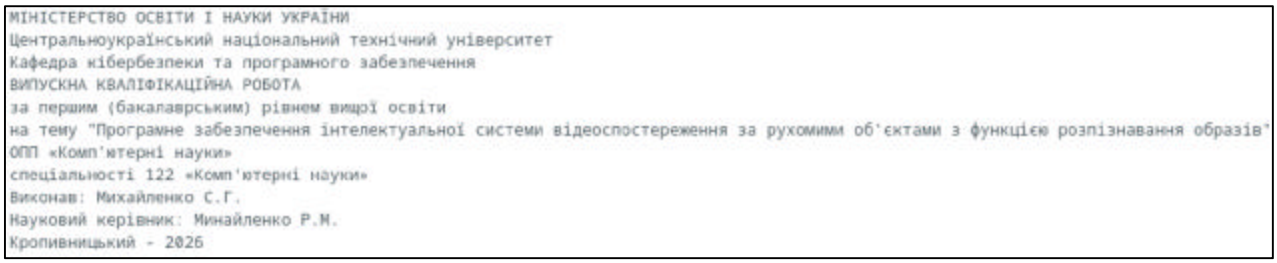


Рисунок 5.3 – Авторське право

Під час роботи над апаратним забезпеченням, відбувалося тестування методом димового тестування, тобто увімкнення системи на короткий час і спостерігання за нагріванням компонентів або виходом їх з ладу [50]. Також перевірялася працездатність серводвигунів шляхом їх обертання у межах всього діапазону.

Під час роботи над програмним забезпеченням, відбувалося тестування методом білої скриньки [51]. Перевірялася робота кожної з функцій, вносилися зміни до коду і виконувалися спостереження за змінами.

КОПІЯ 2026

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для інтелектуальної системи відеоспостереження за рухомими об’єктами.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

1) Був проведений огляд існуючих систем відеоспостереження за рухомими об’єктами.

2) Досліджена система відеоспостереження за рухомими об’єктами.

3) На основі отриманих результатів досліджень створена програмно-апаратна реалізація системи відеоспостереження за рухомими об’єктами.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання відеоспостереження за рухомими об’єктами.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створені програмного забезпечення було використано об’єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня C++. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи відеоспостереження за рухомими об’єктами. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами

КПЗ_2026

обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням плати ESP32-CAM.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм AES.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проєктних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

КбПЗ_2026

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відеоспостереження на транспорті: для чого? *Системи відеоспостереження та IP-домофонія. TVT Digital | Офіційний сайт.* URL: https://tvtdigital.com.ua/videosposterezhennia-na-transporti-dlia-choho/ (дата звернення: 26.03.2026).

2. Система промислового відеоспостереження: які задачі вона вирішує на підприємствах Групи Метінвест MetinvestDigital. IT компанія - *METINVEST.DIGITAL - Айті послуги в Києві та Україні.* URL: https://metinvest.digital/ru/page/sistema-promislovogo-v-deosposterezhennya-yak-zadach-vona-vir-shu-na-p-dpri-mstvah-grupi-met-nvest (дата звернення: 26.03.2026).

3. Гришина Д. Як міська система відеоспостереження Києва допомагає розкривати злочини: 3 кейси. *Вечірній Київ.* URL: https://vechirniy.kyiv.ua/news/105853/ (дата звернення: 26.03.2026).

4. Для чого потрібні системи відеоспостереження. *Охоронне агентство в Києві | Охоронна компанія Тор-безпека.* URL: https://tor-safety.com/dlya-chogo-potribni-sistemi-videosposterezhennya/ (дата звернення: 26.03.2026).

5. GNCC Indoor Camera, Security Camera, 1080P Cameras House Security, CCTV Camera,. *eBay.* URL: https://www.ebay.co.uk/itm/226802020370 (дата звернення: 26.03.2026).

6. Бездротова зовнішня камера безпеки Zeetopin акумуляторна відеокамера IP WI-FI. *Prom.ua.* URL: https://prom.ua/ua/p1744256240-bezdrotova-zovnishnya-kamera.html (дата звернення: 26.03.2026).

7. Metal Camera, WiFi, Outdoor, 940 nm, IR, Surveillance Camera, 5 MP, WLAN, RTSP IP Camera, SD Card 32 G, Built-in, Two-Way Audio, Human Recognition, IP66. Amazon. URL: https://www.amazon.nl/Topodome-

КБПЗ_2026

bewakingscamera-IP-camera-menselijke-herkenning/dp/B08TQMNKMW (дата звернення: 26.03.2026).

8. 2.4/5G WiFi Hidden Camera, WiFi Camera with 5 Port USB Charger, HD 1080P Hidden Spy Mini Camera with Motion Detection and Remote Vision. Amazon. URL: https://www.amazon.fr/Nisanmoon-Chargeur-Détection-Mouvement-Distance/dp/B0C893LXCM (дата звернення: 26.03.2026).

9. Кримінальний кодекс України, від 1 лютого 2025 року, № 4200-IX, Стаття 359

10. Caméra IP 4G avec Carte SIM, Double Objectif, étanche, Surveillance extérieure, Vision Nocturne, vidéosurveillance à Domicile, Protection de sécurité(Camera 32G Card). Amazon. URL: https://www.amazon.fr/CUDTAPI-Surveillance-extérieure-vidéosurveillance-Protection/dp/B0G2LVHLYM (дата звернення: 26.03.2026).

11. Caméras pour la sécurité à domicile Caméra de sécurité 1080P extérieure PTZ dôme de vitesse caméra IP sans fil CCTV panoramique inclinaison 4XZoom IR Surveillance réseau P2P CAM avec vision nocturne c. Amazon. URL: https://www.amazon.fr/-/en/KOROBIE-YZL2024-2-40/dp/B0DFC9J4DG/524-4417046-5492034 (дата звернення: 26.03.2026).

12. Інтелектуальна камера безпеки Ezviz Smart Security Light Camera LC1 Розумна камера з освітленням. *Prom.ua*. URL: https://prom.ua/ua/p2431320622-intellektualnaya-kamera-bezopasnosti.html (дата звернення: 26.03.2026).

13. Вулична акумуляторна WI-FI IP Камера 8Мп Reolink Argus PT Ultra B 440. *Prom.ua*. URL: https://prom.ua/ua/p2379078338-ulichnaya-akkumulyatornaya-8mp.html (дата звернення: 26.03.2026).

14. ANNKE 2 x PoE C500 Surveillance Camera, 5MP Outdoor IP Camera with Built-in Microphone, 256GB SD Card Slot (No SD Card), People and Vehicle Detection, IP67, Works. Amazon. URL: https://www.amazon.fr/ANNKE-surveillance-extérieure-microphone-fonctionne/dp/B0BVPQGWRK (дата звернення: 26.03.2026).

КОПІЯ 2026

15. Комплект відеоспостереження Overmax Camspot NVR 4.0 FullHD. *Маркет повсякденних штук MAUDAU.* URL: https://maudau.com.ua/product/komplekt-vydeonabliudenyia-overmax-camspot-nvr-4-0-fullhd (дата звернення: 26.03.2026).

16. Модуль Wi-Fi ESP32-CAM з камерою 2MP купити в Києві та Україні. *Arduino в Україні.* URL: https://arduino.ua/prod3458-modyl-wi-fi-esp32-s-kameroi-2mp (дата звернення: 26.03.2025).

17. Getting Started With ESP32-CAM. *Last Minute Engineers.* URL: https://lastminuteengineers.com/getting-started-with-esp32-cam/ (дата звернення: 26.03.2026).

18. Top Programming Languages for Internet of Things. *GeeksforGeeks.* URL: https://www.geeksforgeeks.org/top-programming-languages-for-internet-of-things/ (дата звернення: 26.03.2026).

19. Negi A. Arduino IDE 2.0 Tutorial– What's New? Features and Tools. *eTechnophiles.* URL: https://www.etechnophiles.com/arduino-ide-2-tutorial-features-tools/ (дата звернення: 26.03.2026).

20. Поладов, А. Програмне забезпечення системи інтелектуального розпізнавання графічних образів : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 123 "Комп'ютерна інженерія" / наук. кер. В. І. Петренюк ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2024. - 141 с.

21. Тараненко, М. В. Програмне забезпечення системи кібербезпеки розпізнавання образів для СКУД систем : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 125 "Кібербезпека" / наук. кер. Т. В. Смірнова ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2024. - 143 с.

22. Муляжі відеокамер. *TechnoMarket.biz.ua.* URL: https://technomarket.biz.ua/ua/83-mulyazhi-kamer (дата звернення: 26.03.2026).

23. Як зберігати відеодані в системі відеоспостереження? *Системи відеоспостереження та IP-домофонія. TVT Digital | Офіційний сайт.* URL: https://tvtdigital.com.ua/yak-zberihaty-videodani-v-systemi-videosposterezhennia/ (дата звернення: 26.03.2026).

КОПІЯ 2026

24. Як штучний інтелект змінює систему відеоспостереження. *IT клуб*. URL: https://it-club.com.ua/artificial-intelligence-video-surveillance/ (дата звернення: 26.03.2026).

25. WPA PSK, WPA TKIP, WPA CCMP, wifi security. *Acrylic WiFi.* URL: https://www.acrylicwifi.com/en/blog/about-wpa-psk-tkip-ccmp-wi-fi-security-information/ (дата звернення: 26.03.2026).

26. What is REST? *REST API Tutorial.* URL: https://restfulapi.net/ (дата звернення: 26.03.2026).

27. HTTP request methods - HTTP. *MDN Web Docs.* URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Reference/Methods (дата звернення: 26.03.2026).

28. HTTP response status codes - HTTP. MDN Web Docs. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Reference/Status (дата звернення: 26.03.2026).

29. 10 Most Common HTTP Status Codes. *GeeksforGeeks.* URL: https://www.geeksforgeeks.org/10-most-common-http-status-codes/ (date of access: 26.03.2026).

30. What is HTTPS?. *Cloudflare.* URL: https://www.cloudflare.com/learning/ssl/what-is-https/ (дата звернення: 26.03.2026).

31. What's the difference between DV, OV & EV SSL certificates?. *TLS/SSL Certificate Authority | Leader in Digital Trust | DigiCert.* URL: https://www.digicert.com/difference-between-dv-ov-and-ev-ssl-certificates (дата звернення: 26.03.2026).

32. Hunt T. Extended Validation Certificates are (Really, Really) Dead. *Troy Hunt.* URL: https://www.troyhunt.com/extended-validation-certificates-are-really-really-dead/ (дата звернення: 26.03.2026).

33. ACME Client Implementations. *Let's Encrypt.* URL: https://letsencrypt.org/docs/client-options/ (дата звернення: 26.03.2026).

КБПЗ_2026

34. mitmproxy - an interactive HTTPS proxy. *mitmproxy - an interactive HTTPS proxy*. URL: https://mitmproxy.org/ (дата звернення: 26.03.2026).

35. FAQ. *Let's Encrypt*. URL: https://letsencrypt.org/docs/faq/#what-is-the-lifetime-for-let-s-encrypt-certificates-for-how-long-are-they-valid (дата звернення: 26.03.2026).

36. Infrared Sensor - How it Works, Types, Applications, Advantage & Disadvantage. *Homepage - electricalfundablog.com*. URL: https://electricalfundablog.com/infrared-sensor/ (дата звернення: 26.03.2026).

37. Makers Mashup. ESP32-CAM as a Directional Motion Sensor, 2021. *YouTube*. URL: https://www.youtube.com/watch?v=NIbiG6at01g (дата звернення: 26.03.2026).

38. Zvornicanin E. How Does a Neural Network Recognize Images?. *Baeldung on Computer Science*. URL: https://www.baeldung.com/cs/neural-networks-image-recognition (дата звернення: 26.03.2026).

39. ESP32 CAM Video Steam Performance. *DroneBot Workshop Forums*. URL: https://forum.dronebotworkshop.com/esp32-esp8266/esp32-cam-video-steam-performance/ (дата звернення: 26.03.2026).

40. Telegram Bot API. *Telegram APIs*. URL: https://core.telegram.org/bots/api (дата звернення: 26.03.2026).

41. OpenCV - Open Computer Vision Library. *OpenCV*. URL: https://opencv.org/ (дата звернення: 26.03.2026).

42. YOLOv3, and YOLOv3u. *Ultralytics YOLO Docs*. URL: https://docs.ultralytics.com/models/yolov3/ (дата звернення: 26.03.2026).

43. Welcome to Flask. *Flask Documentation (3.1.x)*. URL: https://flask.palletsprojects.com/en/stable/ (дата звернення: 26.03.2026).

44. SERVO MOTOR SG90 DATA SHEET. *EE Home Redirect page*. URL: http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf (дата звернення: 26.03.2026).

КОПЗ_2026

45. Network Address Translation (NAT). *GeeksforGeeks*. URL: https://www.geeksforgeeks.org/network-address-translation-nat/ (дата звернення: 26.03.2026).

46. What is a Dynamic IP Address? *GeeksforGeeks*. URL: https://www.geeksforgeeks.org/what-is-a-dynamic-ip-address/ (дата звернення: 26.03.2026).

47. Advanced Encryption Standard (AES). *GeeksforGeeks*. URL: https://www.geeksforgeeks.org/advanced-encryption-standard-aes/ (дата звернення: 26.03.2026).

48. Що таке вільна програма?. *Проект GNU - Фонд вільного програмного забезпечення*. URL: https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.uk.html (дата звернення: 26.03.2026).

49. Git. *Git*. URL: https://git-scm.com/ (дата звернення: 26.03.2026).

50. The origin of Smoke Testing and the confusion it can cause. *Thoughtworks*. URL: https://www.thoughtworks.com/insights/blog/origin-smoke-testing-and-confusion-it-can-cause (дата звернення: 26.03.2026).

51. White box Testing - Software Engineering. *GeeksforGeeks*. URL: https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-white-box-testing/ (дата звернення: 26.03.2026).

КбПЗ_2026